

SUMÁRIO

	APRESENTAÇÃO.....	9
1.	ESTRUTURAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	12
2.	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	14
3.	CARACTERIZAÇÃO DA EQUIPE RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS AMBIENTAIS	15
4.	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	17
4.1	Apresentação do Proponente	17
4.2	Apresentação do Empreendimento.....	19
4.2.1	Objetivos.....	19
4.2.2	Justificativas	23
4.2.3	Histórico do Empreendimento.....	24
4.2.3.1	Estudos Anteriores e Processo de Licenciamento Ambiental	24
4.2.3.2	Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu.....	34
4.2.4	Descrição do Empreendimento.....	36
4.2.4.1	Localização	36
4.2.4.2	Considerações Gerais	39
4.2.4.3	Delimitação dos Sítios Construtivos e Compartimentos Ambientais Associados ..	62
4.2.4.4	Considerações Gerais sobre a Infra-estrutura para Construção.....	86
4.2.4.5	Sistemas de Controle Ambiental Intrínsecos.....	95
4.2.4.5.1	Compartimento Ambiental “Reservatório do Xingu”	98
4.2.4.5.2	Compartimento Ambiental “Reservatório dos Canais”	105
4.2.4.5.3	Compartimento Ambiental “Trecho de Restituição de Vazões”	108
4.2.4.6	Detalhamento das Obras e Infra-Estrutura Associadas ao Compartimento Ambiental “Reservatório do Xingu”	117
4.2.4.6.1	Sítio Pimental	117
4.2.4.6.2	Reservatório do Xingu.....	130
4.2.4.6.3	Infra-estrutura para Construção Relacionada ao Compartimento Ambiental “Reservatório do Xingu”	133
4.2.4.6.4	Logística de Abastecimento à Obra e Materiais de Construção.....	155
4.2.4.7	Detalhamento das Obras e Infra-estrutura Associadas ao Compartimento Ambiental “Reservatório dos Canais”	161
4.2.4.7.1	Canais de Derivação e de Adução	161
4.2.4.7.2	Reservatório dos Canais	167
4.2.4.7.3	Diques.....	168
4.2.4.7.4	Sítio Bela Vista.....	174
4.2.4.7.5	Construções Especiais – Sistema de Transposição de Desnível no Reservatório dos Canais para Navegação Fluvial	179
4.2.4.7.6	Infra-estrutura para Construção Relacionada ao Compartimento Ambiental “Reservatório dos Canais”	182
4.2.4.7.7	Logística de Abastecimento à Obra e Materiais de Construção.....	190
4.2.4.8	Compartimento Ambiental “Trecho de Vazão Reduzida - TVR”	199
4.2.4.8.1	Características Físicas e Hidrológicas do Trecho.....	199
4.2.4.8.2	Estudos da Vazão Remanescente Realizados na Etapa de Viabilidade de Engenharia	205
4.2.4.9	Compartimento Ambiental “Trecho de Restituição de Vazões - TRV”	210
4.2.4.9.1	Sítio Belo Monte.....	211
4.2.4.9.2	Infra-estrutura para Construção Relacionada ao Compartimento Ambiental “Trecho de Restituição de Vazões”	221

4.2.4.9.3	Logística de Abastecimento à Obra e Materiais de Construção.....	239
4.2.4.10	Interligação do AHE Belo Monte ao Sistema Interligado Nacional (SIN)	246
4.2.4.10.1	Considerações Gerais	246
4.2.4.10.2	Caracterização da Interligação do AHE Belo Monte ao SIN	247
4.2.4.11	Seqüência de Implantação do AHE Belo Monte	288
4.2.4.11.1	Etapas de Construção.....	288
4.2.4.11.2	Enchimento do Reservatório	291
4.2.4.11.3	Operação.....	293
4.2.4.11.4	Cronograma de Construção e de Início de Operação	296
4.2.4.12	Mão-de-obra Necessária	308
4.2.5	Alternativas Tecnológicas e Análise Comparativa.....	313
4.2.5.1	Alternativas Locacionais	388
4.2.5.2	Referências Bibliográficas.....	426

LISTA DAS FIGURAS

FIGURA 4.2.1-1	- Perfil com a Divisão de Queda Recomendada para o rio Xingu	22
FIGURA 4.2.3-1	- Áreas alagadas pelo AHE Belo Monte com barramento do rio Xingu.....	31
FIGURA 4.2.4-1	- Mapa de Localização	37
FIGURA 4.2.4-2	- Vista aérea da cidade de Altamira e do rio Xingu	38
FIGURA 4.2.4-3	- Vista aérea da vila de Belo Monte e rodovia Transamazônica	38
FIGURA 4.2.4-4	- Comparação entre os Setores do Reservatório do AHE Belo Monte - EIA (2008) e Estudos de Viabilidade (2002).....	41
FIGURA 4.2.4-5	- Cachoeira Grande, situada no final da região com predomínio dos pedrais	43
FIGURA 4.2.4-6	- Trecho de Vazão Reduzida (TVR).....	44
FIGURA 4.2.4-7	- Mapa de Arranjo Geral	49
FIGURA 4.2.4-8	- Compartimentação Geológico-geomorfológica nos “Baixo Xingu”	70
FIGURA 4.2.4-9	- Vista aérea do Compartimento Ambiental “Trecho de Vazão Reduzida - TVR no período de estiagem, com o canal	84
FIGURA 4.2.4-10	- Vista aérea do rio Bacajá, principal afluente do rio Xingu.....	85
FIGURA 4.2.4-11	- Vista aérea de parte do Trecho de Restituição de Vazões nas proximidades do terminal portuário da Petrobrás.....	86
FIGURA 4.2.4-12	- Visão Panorâmica da região do emboque dos Canais de Derivação	165
FIGURA 4.2.4-13	- Visão panorâmica do local onde está projetada a implantação do Vertedouro Complementar.....	175
FIGURA 4.2.4-14	- Perfil do rio Xingu na Área a ser Diretamente Afetada pelo AHE Belo Monte	200
FIGURA 4.2.4-15	- Localização das Seções Topobatimétricas.....	201
FIGURA 4.2.4-16	- Vista panorâmica do Porto de Vitória.....	236
FIGURA 4.2.4-17	- Interligação entre a Casa de Força	247
FIGURA 4.2.4-18	- Conexão Referencial do AHE Belo Monte em 500 kV	248
FIGURA 4.2.4-19	- LT Tucuruí - Macapá - Manaus - Alternativa da Margem Esquerda.....	251
FIGURA 4.2.4-20	- LT Tucuruí - Macapá - Manaus - Alternativa da Margem Direita	253
FIGURA 4.2.4-21	- LT Tucuruí-Macapá-Manaus - Traçado do Corredor Selecionado.....	260
FIGURA 4.2.4-22	- Localização do Corredor e Áreas de Referência (ADA, AID e LT) para a Caracterização Ambiental da Interligação entre a Casa de Força Principal e a SE Xingu	267
FIGURA 4.2.4-23	- Geologia do Corredor de Estudo.....	271
FIGURA 4.2.4-24	- Principais Tipos de Terrenos no Corredor Estudado	276

FIGURA 4.2.4-25 - Distribuição dos Solos no Corredor Estudado	278
FIGURA 4.2.4-26 - Suscetibilidade à Erosão das Terras no Corredor de Estudo	281
FIGURA 4.2.4-27 - Uso da Terra e Cobertura Vegetal do Corredor de Estudo	284
FIGURA 4.2.5-1 - Potencial Eólico do Brasil.....	368
FIGURA 4.2.5-2 - Representação esquemática da interligação entre subsistemas.....	375
FIGURA 4.2.5-3 - Potencial Hidrelétrico Brasileiro.....	379
FIGURA 4.2.5-4 - Mercados a serem supridos pela energia gerada pelo AHE Belo Monte.....	384
FIGURA 4.2.5-5 - Perfil do rio Xingu	389
FIGURA 4.2.5-6 - Partição de Queda do rio Xingu e do rio Iri, afluente do rio Xingu	392
FIGURA 4.2.5-7 - Partição de queda do rio Xingu com o aproveitamento de Cachoeira Grande a jusante de Babaquara	393
FIGURA 4.2.5-8 - Reservatório do Aproveitamento de Kararaô a Jusante de Babaquara, que inclui parte do rio Bacajá	394
FIGURA 4.2.5-9 - Reservatório do Aproveitamento de Cachoeira Grande a Jusante de Babaquara	394
FIGURA 4.2.5-10 - Alternativas resultantes do inventário para a Volta Grande do rio Xingu	396
FIGURA 4.2.5-11 - Comparativo das áreas alagadas com barramento do rio Xingu no Sítio Juruá (antiga UHE Kararaô) e com Barramento no Sítio Pimental (AHE Belo Monte).....	407
FIGURA 4.2.5-12 - Configuração do AHE Belo Monte rsultante da 2ª etapa dos Estudos de Viabilidade de Engenharia - Casa de Força Principal, no Sítio belo Monte e Casa de Força Complementar no Sítio Pimental	408

LISTA DOS GRÁFICOS

GRÁFICO 4.2.4-1 - Histogramas de Precipitações Mínima, Média e Máxima Mensal no Posto Altamira	50
GRÁFICO 4.2.4-2 - Hidrograma de Vazões de Anos Hidrológicos Característicos (1931 - 2000)	54
GRÁFICO 4.2.4-3 - Permanência das Vazões Médias Mensais Afluentes (1931-2001)	55
GRÁFICO 4.2.4-4 - AHE Belo Monte - Casa de Força Principal - Queda Líquida	56
GRÁFICO 4.2.4-5 - Hidrograma da Cheia de 50 anos	58
GRÁFICO 4.2.4-6 - Hidrograma da Cheia de 10.000 anos	59
GRÁFICO 4.2.4-7 - Curvas Cota-Área e Cota-Volume do Reservatório do AHE Belo Monte	131
GRÁFICO 4.2.4-8 - Histograma de Escavação Comum para a Implantação do AHE Belo Monte	134
GRÁFICO 4.2.4-9 - Histograma de Escavação em Rocha para a Implantação do AHE Belo Monte	135
GRÁFICO 4.2.4-10 - Histograma de Concreto para a Implantação do AHE Belo Monte	136
GRÁFICO 4.2.4-11 - Histograma de Montagem para a Implantação do AHE Belo Monte..	137
GRÁFICO 4.2.4-12 - Histograma de Serviços de Aterro/Enrocamento para a Implantação do AHE Belo Monte	138
GRÁFICO 4.2.4-13 - Comparativo de Hidrogramas em Rios da Região Norte e o Hidrograma Mínimo Proposto para a Volta Grande do Xingu nos Estudos de Viabilidade	209
GRÁFICO 4.2.4-14 - Energia Firme Gerada no AHE Belo Monte versus Alternativas de Hidrogramas Mínimos a serem Vertidos para o Trecho a Sofrer Redução de Vazão	210

GRÁFICO 4.2.4-15 - Curvas de Probabilidade de Enchimento do Reservatório do AHE Belo Monte.....	292
GRÁFICO 4.2.4-16 - Seqüência de Montagem e Operação da Usina Complementar	295
GRÁFICO 4.2.4-17 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 1).....	299
GRÁFICO 4.2.4-18 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 2).....	300
GRÁFICO 4.2.4-19 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 3).....	301
GRÁFICO 4.2.4-20 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 4).....	302
GRÁFICO 4.2.4-21 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 5).....	303
GRÁFICO 4.2.4-22 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 6).....	304
GRÁFICO 4.2.4-23 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 7).....	305
GRÁFICO 4.2.4-24 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 8).....	306
GRÁFICO 4.2.4-25 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 9).....	307
GRÁFICO 4.2.4-26 - Histograma Trimestral de Mão-de-obra por Nível Funcional para os Anos 1 a 10 de Construção do AHE Belo Monte	310
GRÁFICO 4.2.4-27 - Distribuição da Mão-de-obra Direta por Nível Funcional	311
GRÁFICO 4.2.4-28 - Histograma de Distribuição de Mão-de-obra Diretamente Alocada por Nível Funcional e por Sítio Construtivo para o Ano de Pico das Obras (Ano 3)	312
GRÁFICO 4.2.5-1 - Taxas médias de crescimento do PIB e OIE, Brasil 1970 - 2006	316
GRÁFICO 4.2.5-2 - Evolução do indicador de intensidade energética, Brasil 1970 - 2007	317
GRÁFICO 4.2.5-3 - Evolução do indicador de intensidade elétrica, Brasil 1970 - 2007	318
GRÁFICO 4.2.5-4 - Evolução da Oie, Do Consumo Final E Das Perdas, Brasil 1970 - 2006	318
GRÁFICO 4.2.5-5 - Evolução relativa dos consumos setoriais e do consumo final de energia, Brasil 1970 - 2006	319
GRÁFICO 4.2.5-6 - Evolução da oie segundo diferentes fontes Geradoras, brasil 1970 - 2006	319
GRÁFICO 4.2.5-7 - Evolução da participação das fontes renováveis e não-renováveis.....	320
GRÁFICO 4.2.5-8 - Emissões de toneladas de CO ₂ /TEP em 2005 no Brasil em relação ao mundo e à OECD - Período 1985 - 2005.....	321
GRÁFICO 4.2.5-9 - Evolução das emissões de toneladas de CO ₂ /TEP no Brasil período 1985 - 2005.....	321
GRÁFICO 4.2.5-10 - Estrutura da oferta de energia no Brasil em 2007	322
GRÁFICO 4.2.5-11 - Dependência externa de energia do Brasil - Período 1975 - 2005	325
GRÁFICO 4.2.5-12 - Variação da energia final, útil e do potencial de economia de energia para o Período 1984 - 2004.....	325
GRÁFICO 4.2.5-13 - Estrutura da oferta de energia elétrica no Brasil e no mundo - 2006	328
GRÁFICO 4.2.5-14 - Variação percentual da contribuição das diferentes fontes geradoras de energia no Brasil no período 2006 - 2007	330
GRÁFICO 4.2.5-15 - Taxas de crescimento do PIB por regiões no mundo (% a.a.)	331
GRÁFICO 4.2.5-16 - Eletricidade total Conservada Projetada.....	338
GRÁFICO 4.2.5-17 - Parcela da Eletricidade Conservada por Setor	338
GRÁFICO 4.2.5-18 - Consumo de Energia Elétrica (GWh) - Trajetórias Superior e Inferior*	349
GRÁFICO 4.2.5-19 - Evolução da participação projetada para os diversos tipos de fonte (2.007/2.016) (% de Capacidade Instalada)	356
GRÁFICO 4.2.5-20 - Aproveitamento do Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Macro-Região	357
GRÁFICO 4.2.5-21 - Participação das Diversas Fontes Termelétricas na Geração Elétrica.....	360
GRÁFICO 4.2.5-22 - Evolução da Capacidade Instalada Termelétrica do SIN	361

GRÁFICO 4.2.5-23 - Distribuição da Capacidade Instalada Termelétrica nos Subistemas.	362
GRÁFICO 4.2.5-24 - Sistema Planejado - Comparação das fontes Termelétrica e Hidrelétrica para as Emissões de CO2 Equivalent e Total	380
GRÁFICO 4.2.5-25 - Sistema Planejado - Contribuição das Diversas Fontes Termelétricas para as Emissões de CO2 Equivalente Total.....	381
GRÁFICO 4.2.5-26 - Sistema Planejado - Emissões Líquidas (Efeito de redução propiciado pela integração dos sistemas isolados de Manaus, Macapá e Acre-Rondônia)	381
GRÁFICO 4.2.5-27 - Comparação entre modicidade tarifária para diferentes fontes de energia e o AHE Belo Monte	385
GRÁFICO 4.2.5-28 - Distribuição da capacidade instalada hidrelétrica por subsistemas.....	388

LISTA DOS QUADROS

QUADRO 4.2.3-1 Síntese de Cronologia de Atividades Relacionadas ao AHE Belo Monte	22
QUADRO 4.2.3-2 Síntese de Cronologia de Atividades Relacionadas ao AHE Belo Monte	26
QUADRO 4.2.4-1 Características Técnicas Principais do AHE Belo Monte.....	45
QUADRO 4.2.4-2 Características do Posto Fluviométrico de Altamira.....	51
QUADRO 4.2.4-3 Compartimentação da Bacia do Rio Xingu - Região do AHE Belo Monte - Atributos Geológicos e Geomorfológicos	68
QUADRO 4.2.4-4 Correlação entre os Espaços de Análise do Empreendimento e os Compartimentos Geológico-geomorfológicos no “Baixo Xingu” e no “Médio Xingu”	71
QUADRO 4.2.4-5 Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento).....	73
QUADRO 4.2.4-6 Sistemas de Controle Ambiental Intrínsecos Previstos para as Obras Principais de Engenharia do AHE Belo Monte	96
QUADRO 4.2.4-7 Sistemas de Controle Ambiental Intrínsecos Previstos para a Infra-estrutura de Construção do AHE Belo Monte	97
QUADRO 4.2.4-8 Caracterização dos Níveis Funcionais Envolvidos na Implantação do AHE Belo Monte	147
QUADRO 4.2.4-9 Infra-Estrutura de Acessos para Suporte às Obras do Sítio Pimental	154
QUADRO 4.2.4-10 Características Principais dos Diques de Fechamento.....	169
QUADRO 4.2.4-11 Larguras das Trincheiras de Vedação nos Diques	172
QUADRO 4.2.4-12 Infra-Estrutura de Acessos para Suporte às Obras dos Sítios dos Canais de Derivação e Diques/Canais de Adução/Bela Vista.....	189
QUADRO 4.2.4-13 Infra-Estrutura de Acessos para Suporte às Obras do Sítio Belo Monte	234
QUADRO 4.2.4-14 Divisão dos Trechos da Alternativa Seleccionada.....	257
QUADRO 4.2.4-15 Coluna Estratigráfica do Corredor de Estudo.	270
QUADRO 4.2.4-16 Classes de Solos Mapeadas no Corredor em Estudo	279
QUADRO 4.2.4-17 Legenda do Mapa de Suscetibilidade à Erosão das Terras	282
QUADRO 4.2.4-18 Cheia Decamilar - Vazões e Níveis do Reservatório a Montante dos Vertedouros	294
QUADRO 4.2.4-19 Datas de Início e Término das Obras nos Sítios Construtivos.....	298
QUADRO 4.2.4-20 Datas de Início de Implantação e Término da Desativação dos Sítios Construtivos do AHE Belo Monte.....	298
QUADRO 4.2.5-1 Síntese da Evolução da Matriz Energética Brasileira e das Demandas de Energia.....	314
QUADRO 4.2.5-2 Expansão da Oferta de Energia Elétrica do Proinfa – 1a Etapa.....	376
QUADRO 4.2.5-3 LTs da Interligação Acre – Rondônia – Mato Grosso	377

QUADRO 4.2.5-4 Custos de Energia por Tipo de Fonte.....	379
QUADRO 4.2.5-5 Sistema existente e Planejado – Relação média de área alagada por.....	387
QUADRO 4.2.5-6 Síntese da Cronologia de Estudos Locacionais do AHE Belo Monte	390
QUADRO 4.2.5-7 Inventário do rio Xingu – Características dos Aproveitamentos Selecionados	392
QUADRO 4.2.5-8 Quadro comparativo de fatores ambientais associados às alternativas locacionais de geração de energia hidrelétrica na Volta Grande do rio Xingu contempladas no Estudo de Inventário (1.980)	398
QUADRO 4.2.5-9 Custos de Construção e Custo Índice Associados às Alternativas Locacionais de Geração de Energia Hidrelétrica na Volta Grande do Rio Xingu Contempladas no Estudo de Inventário (1.980)	403
QUADRO 4.2.5-10 Diques criados na 2ª etapa dos Estudos de Viabilidade de Engenharia	419

LISTA DAS TABELAS

TABELA 4.2.4-1 Série de Vazões Médias Mensais na Estação de Altamira	52
TABELA 4.2.4-2 Características Principais da Série de Vazões Médias Mensais Utilizada para Dimensionamento Hidrológico do AHE Belo Monte	53
TABELA 4.2.4-3 Picos de Cheias Decamilenares em Função das Hipóteses Estudadas e das Diversas Distribuições de Probabilidade	57
TABELA 4.2.4-4 Desvio do Rio - Vazões de Proeto.....	62
TABELA 4.2.4-5 Sobrelevação Total e Nível Máximo Atingido pelas Ondas	132
TABELA 4.2.4-6 Quantitativos de Escavação Comum para a Implantação do AHE Belo Monte.....	139
TABELA 4.2.4-7 Quantitativos de Escavação em Rocha para a Implantação do AHE Belo Monte.....	140
TABELA 4.2.4-8 Quantitativos de Concreto para a Implantação do AHE Belo Monte	141
TABELA 4.2.4-9 Quantitativos de Montagem para a Implantação do AHE Belo Monte....	142
TABELA 4.2.4-10 Quantitativos de Montagem para a Implantação do AHE Belo Monte..	143
TABELA 4.2.4-11 Pátios do Canteiro - Sítio Pimental - Áreas Requeridas.....	145
TABELA 4.2.4-12 Alojamentos - Sítio Pimental - Áreas Requeridas.....	150
TABELA 4.2.4-13 Áreas Requeridas para a Vila Residencial de Altamira.....	154
TABELA 4.2.4-14 Previsão de Cargas de Infra-Estrutura de Demanda para o Sítio Pimental (MW-MVA)	155
TABELA 4.2.4-15 Logística de Materiais Terrosos para o Sítio Pimental.....	158
TABELA 4.2.4-16 Logística de Materiais Pétreos para o Sítio Pimental.....	159
TABELA 4.2.4-17 Logística de Materiais Arenosos para o Sítio Pimental	160
TABELA 4.2.4-18 Perda de Carga na Adução e Nível d'Água no Reservatório dos Canais, junto ao Sítio Belo Monte, em Função da Vazão Turbinada	162
TABELA 4.2.4-19 Características dos Canais a serem Implantados	167
TABELA 4.2.4-20 Estimativa das Vazões de Percolação a serem Liberadas para Jusante pelos Diques.....	174
TABELA 4.2.4-21 Pátios do Canteiro - Sítio Canais de Derivação - Áreas Requeridas.....	184
TABELA 4.2.4-22 Pátios do Canteiro - Sítio Canais de Derivação - Canteiros Provisórios ao Longo dos Canais - Áreas Requeridas.....	185
TABELA 4.2.4-23 Pátios do Canteiro Sítio Bela Vista/Diques/Canais de Adução Áreas Requeridas	186
TABELA 4.2.4-24 Alojamentos - Sítio dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista - Áreas Requeridas	188
TABELA 4.2.4-25 Previsão de Cargas de Infra-Estrutura de Demanda para os Sítios dos	

Canais de Derivação e Diques/Canais de Adução/Bela Vista (MW-MVA)	190
TABELA 4.2.4-26 Logística de Materiais Terrosos para os Diques.....	194
TABELA 4.2.4-27 Logística de Materiais Terrosos para as Barragens.....	195
TABELA 4.2.4-28 Logística de Materiais Pétreos para os Diques.....	195
TABELA 4.2.4-29 Logística de Materiais Pétreos para as Barragens.....	197
TABELA 4.2.4-30 Volumes de Escavação Comum no Sítio Bela Vista/Diques/Canais de Adução e no Sítio Canais de Derivação a serem Dispostos nos Bota-fora.....	198
TABELA 4.2.4-31 Volumes de Escavação em Rocha no Sítio Bela Vista/Diques/Canais de Adução e no Sítio Canais de Derivação a serem Dispostos nos Bota-fora.....	199
TABELA 4.2.4-32 Seções para as vazões de 700 m ³ /s - Margem Direita	203
TABELA 4.2.4-33 Seções para as vazões de 700 m ³ /s - Margem Esquerda	204
TABELA 4.2.4-34 Série de Vazões Simuladas no Estirão de Jusante.....	207
TABELA 4.2.4-35 Série de Vazões Médias Mensais Simuladas no Estirão de Jusante.....	207
TABELA 4.2.4-36 Comparativo de Vazões de Hidrogramas Estudados.....	208
TABELA 4.2.4-37 Pátios do Canteiro - Sítio Belo Monte - Áreas Requeridas.....	224
TABELA 4.2.4-38 Alojamentos - Sítio Belo Monte - Áreas Requeridas	225
TABELA 4.2.4-39 Áreas Requeridas para a Vila Residencial de Santo Antônio de Belo Monte.....	233
TABELA 4.2.4-40 Previsão de Cargas de Infra-Estrutura de Demanda para o Sítio Belo Monte (MW-MVA).....	239
TABELA 4.2.4-41 Sítio Belo Monte - Áreas de Empréstimo	241
TABELA 4.2.4-42 Sítio Belo Monte - Volumes Disponíveis nas Jazidas de Areia.....	243
TABELA 4.2.4-43 Logística de Materiais Terrosos para o Sítio Belo Monte.....	244
TABELA 4.2.4-44 Logística de Materiais Pétreos para o Sítio Belo Monte	245
TABELA 4.2.4-45 Resultado da Comparação das Alternativas de Corredor.....	256
TABELA 4.2.4-46 Percentuais das Classes de Uso e Ocupação nos Trechos de Caracterização Ambiental	263
TABELA 4.2.4-47 Distâncias Totais da Interligação Tucuruí-Macapá-Manaus.....	263
TABELA 4.2.4-48 PEA Prevista para a Implantação do AHE Belo Monte.....	309
TABELA 4.2.4-49 Quantitativos de Distribuição de Mão-de-obra Diretamente Alocada por Nível Funcional e por Sítio Construtivo para o Ano de Pico das Obras (Ano 3).....	312
TABELA 4.2.5-1 Parâmetros para cálculo e evolução de indicadores de intensidade energética e de intensidade elétrica.....	317
TABELA 4.2.5-2 Emissões de CO ₂ em 2005 no Brasil em relação ao mundo.....	321
TABELA 4.2.5-3 Dependência externa de energia do Brasil* - Período 1991 - 2006	324
TABELA 4.2.5-4 Evolução dos rendimentos energéticos- Período 1984 - 2004	326
TABELA 4.2.5-5 Variação dos rendimentos energéticos - Participação dos efeitos da tecnologia e da sociedade Período 1984 - 2004	327
TABELA 4.2.5-6 Capacidade instalada para geração de Energia Elétrica no Brasil (MW)..	328
TABELA 4.2.5-7 Variação percentual da contribuição das diferentes fontes geradoras de energia no Brasil no Período 2006 - 2007	329
TABELA 4.2.5-8 Taxas médias de crescimento do PIB no Brasil para as trajetórias superior e inferior consideradas no PDE 2007/2016 (%).....	333
TABELA 4.2.5-9 Projeção da População Total Residente (103 Habitantes) - 2006/2016	335
TABELA 4.2.5-10 Projeção do Número de Domicílios (103) - 2006/2016	335
TABELA 4.2.5-11 Grandes Consumidores Industriais - Autoprodução Clássica (twh)	

Trajetoórias Superior e Inferior	341
TABELA 4.2.5-12 Grandes Consumidores Industriais - Produção Física.....	341
TABELA 4.2.5-13 Grandes Consumidores Industriais - Consumo de Energia Elétrica (TWh)	342
TABELA 4.2.5-14 Consumo Total de Energia Elétrica (TWH) - Trajetórias Superior e Inferior	343
TABELA 4.2.5-15 Consumo de Energia Elétrica, por classe (GWh)* - Trajetória Inferior.	344
TABELA 4.2.5-16 Consumo de Energia Elétrica, por classe (GWh)* - Trajetória Superior	345
TABELA 4.2.5-17 Consumo de Energia Elétrica, por Subsistema (GWh)* - Trajetória Inferior	346
TABELA 4.2.5-18 Consumo de Energia Elétrica, por Subsistema (GWh)* - Trajetória Superior.....	347
TABELA 4.2.5-19 Sistema Interligado Nacional (SIN) e Subsistemas: Carga de Energia (MW Médio) - Trajetória Inferior.....	350
TABELA 4.2.5-20 Sistema Interligado Nacional (SIN) e Subsistemas: Carga de Energia (MWmédio) - Trajetória Superior.....	351
TABELA 4.2.5-21 Sistema Interligado Nacional (SIN) e Subsistemas: Carga de Demanda* (MWh/h) - Trajetória Inferior	352
TABELA 4.2.5-22 Sistema Interligado Nacional (SIN) e Subsistemas: Carga de Demanda* (MWh/h) - Trajetória Superior.....	353
TABELA 4.2.5-23 Brasil: Economia e Consumo Final Energético 2.006/2.016	354
TABELA 4.2.5-24 Sistema Existente e Planejado - Distribuição das UHEs nas Regiões Hidrográficas.....	359
TABELA 4.2.5-25 Limites Anuais do Potencial de Biomassa a Serem Considerados como Oferta	366
TABELA 4.2.5-26 Expansão da Oferta de Energia Elétrica do Proinfa - 1a Etapa.....	372

APRESENTAÇÃO

Este trabalho, intitulado “Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Belo Monte – Estudo de Impacto Ambiental (EIA)”, foi elaborado pela LEME Engenharia Ltda. em atendimento ao Acordo de Cooperação Técnica ECE-120/2005 firmado em julho de 2005 entre a ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. e as construtoras Andrade Gutierrez, Camargo Corrêa e Norberto Odebrecht, visando à conclusão dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Socioambiental do AHE Belo Monte, incluindo a revisão do inventário do trecho principal do rio Xingu.

O EIA apresenta os resultados dos estudos ambientais desenvolvidos no período decorrido entre janeiro de 2006 e fevereiro de 2009, sendo um documento integrante do processo de licenciamento do AHE Belo Monte junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) – processo DILIQ/IBQMQ nº 1.156, solicitado pela ELETROBRÁS junto a esse órgão ambiental em janeiro de 2006. Vale observar que este EIA foi desenvolvido em atendimento às diretrizes estabelecidas pelo IBAMA no “Termo de Referência para Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e o Respectivo Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA – Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte (PA)”, emitido pelo referido órgão em dezembro de 2007.

Este EIA objetiva caracterizar um retrato real e atualizado da região de inserção do AHE Belo Monte, levando em conta as diferentes abrangências espaciais, de cunho físico, biótico, socioeconômico e cultural, delimitadas como as áreas de influência para os estudos ambientais, bem como apresentar uma análise prospectiva de seu comportamento para diferentes cenários futuros, a saber: a tendência de delineamento da qualidade ambiental da região de inserção do empreendimento sem considerar a perspectiva de sua implantação; e a sua resposta frente a uma possível materialização do AHE Belo Monte, caso venham a ser concedidas as devidas licenças ambientais por parte do IBAMA. Com relação a este último cenário, há que se observar que ele considera duas situações: a primeira não levando em conta diferentes medidas de cunho preventivo (denominadas “ações antecipatórias”), mitigador, de monitoramento e compensatório voltadas para fazer frente aos impactos de natureza negativa a serem gerados pelo empreendimento; e, a segunda, que incorpora o extenso conjunto dessas ações resultantes deste EIA sob a forma de Planos, Programas e Projetos inter-relacionados, trazendo, muitas vezes, alterações na avaliação dos impactos feita no cenário anterior, e contemplando, ainda, diferentes medidas objetivando também potencializar consequências positivas que são antevistas como decorrentes do AHE Belo Monte. Neste sentido, ressalta-se que este EIA busca, prioritariamente, a integração dessas ações – tanto as voltadas para impactos negativos quanto aquelas direcionadas para os positivos – com Planos, Programas e Projetos co-localizados, já previstos ou mesmo em curso para a região onde se pretende inserir o empreendimento, e desenvolvidos nas esferas federal, estadual e municipal. Objetiva-se, assim, colaborar para uma potencial alavancagem das oportunidades de desenvolvimento regional do território que poderão ser advindas dessa sinergia de medidas e, também, preparar esse território para o eventual recebimento do AHE Belo Monte, resultando numa amenização dos efeitos negativos dele derivados, ou mesmo buscando evitá-los.

Ressalta-se também, sob a ótica de contribuição efetiva para o planejamento regional do desenvolvimento sustentável, a recomendação de ações de compensação ambiental voltadas para a preservação de áreas que hoje se apresentam com um potencial de biodiversidade associado representativo, ainda que inseridas no denominado compartimento “Baixo Xingu”, que já se apresenta com um estágio de antropização elevado, com os consequentes efeitos

deletérios sobre a retirada da cobertura vegetal, comprometimento de habitats naturais e, em alguns casos, tendências que apontam para futuros prejuízos ao desenvolvimento de algumas atividades produtivas relevantes para a população, como a pesca, dado que já convivem com intensificação de esforços levando a pressões indevidas sobre o recurso ambiental associado.

Para subsidiar a adequada avaliação ambiental e proposição de ações, este EIA contempla, inicialmente, uma visão detalhada das características de engenharia do referido aproveitamento hidrelétrico, seus objetivos e justificativas, estes à luz do planejamento do governo federal para expansão do setor energético para os próximos 10 (dez) anos. Tal planejamento encontra-se configurado no Plano Decenal de Expansão de Energia 2007/2016 elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), por meio da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Neste contexto, há que se destacar a relevância do AHE Belo Monte para o suprimento da demanda energética brasileira, ratificada pela Resolução do Conselho Nacional de Pesquisa Energética (CNPE) nº 6, de 3 de julho de 2008, que reiterou o interesse energético do aproveitamento do potencial hidráulico do rio Xingu. Tal Resolução reafirmou, ainda, que o único potencial a ser explorado nesse corpo hídrico será o do empreendimento em análise.

Observa-se que a caracterização do empreendimento, referência para o desenvolvimento do presente EIA, foi elaborada com base no projeto de engenharia constante dos Estudos de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico (CHE) Belo Monte, concluídos pela ELETROBRÁS e ELETRONORTE em fevereiro de 2002 e ora em análise pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Tais características foram ainda respaldadas pelas conclusões dos Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu, aprovados pela ANEEL em julho de 2008.

A questão indígena está contemplada, na íntegra, no Volume 35 deste EIA - “Estudos Etnoecológicos” -, atendendo conjuntamente ao Termo de Referência (TRs) emitido pelo IBAMA para elaboração do EIA, antes citado neste Capítulo de Apresentação, bem como os TRs para os estudos etnoecológicos afetos ao AHE Belo Monte, elaborados pela Fundação Nacional do Índio (FUNAI).

A base de conhecimento que os presentes estudos ambientais, de cunho multidisciplinar, consolidam oferece subsídios importantes para as futuras tomadas de decisão relacionadas ao empreendimento em tela, pautando-se no objetivo maior de proporcionar condições para melhores oportunidades de vida para a sociedade, buscando-se o equilíbrio necessário entre os princípios e diretrizes de sustentabilidade e de desenvolvimento. Assim, o presente estudo tem o objetivo maior de verificar, sob a ótica ambiental – aqui incluindo-se obrigatoriamente as múltiplas variáveis socioeconômicas e culturais –, qual a configuração equilibrada que permita a implementação de um empreendimento do porte e da relevância para o país, como o AHE Belo Monte, sem ferir, de forma definitiva e irreversível, a capacidade de suporte de recursos naturais que prestam serviços ambientais fundamentais para a manutenção não só do complexo ecossistema amazônico, e que se configura com alguns atributos específicos na região onde se planeja implantar o empreendimento, como também dos modos de vida da população que aí habita e desenvolve atividades econômicas.

Em linha com esse objetivo maior, e à luz das análises diagnósticas e prognósticas realizadas, este EIA conclui pela necessidade de algumas alterações na configuração de engenharia do AHE Belo Monte originalmente apresentada nos Estudos de Viabilidade supracitados, de forma a que seja possível a compatibilização da implantação e da operação do

empreendimento com a capacidade de suporte do meio. Tais alterações incluem mudanças nos princípios que balizam alguns elementos fundamentais associados à infra-estrutura de apoio à construção - como a localização ou mesmo concepção de vilas residenciais -, propõem redesenhos de alguns sistemas de controle ambiental já incorporados no projeto de engenharia – como o tipo de mecanismo para transposição de peixes -, e se estendem até a recomendação de alterações significativas no hidrograma de vazões mínimas a ser liberado para o trecho do rio Xingu compreendido entre o barramento e a Casa de Força Principal, com 100 km de extensão, influenciando na energia a ser gerada pelo aproveitamento hidrelétrico em análise.

Desta forma, acredita-se ter elaborado um EIA que constitui um efetivo instrumento de planejamento para subsidiar a análise da viabilidade ambiental do AHE Belo Monte.

1. ESTRUTURAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

O presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Belo Monte foi estruturado de forma a melhor possibilitar a análise de seu conteúdo técnico à luz do “Termo de Referência para Elaboração do Estudo de Impacto de Ambiental e o Respetivo Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA – Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte (PA) – Processo nº 02001.001848/2006-75”, elaborado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e ao qual foi dado publicidade em Dezembro de 2007.

Nesse contexto, o documento ora apresentado em 31 (trinta e um) volumes contempla, na sequência, os seguintes itens:

- Volume 1: Apresentação, Objetivos, Justificativas, Caracterização do Empreendedor, do Empreendimento e da Equipe Técnica Responsável pelo EIA;
- Volume 2: Apêndice afeto à Caracterização do Empreendimento;
- Volume 3: Desenhos relativos à Caracterização do Empreendimento, sendo a grande maioria egressa dos Estudos de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico (CHE) Belo Monte realizado pela ELETROBRÁS e ELETRONORTE e concluídos em fevereiro de 2002;
- Volume 4: Aspectos Jurídicos aplicáveis ao AHE Belo Monte;
- Volume 5: Delimitação das Áreas de Influência e Diagnóstico da Área de Abrangência Regional (AAR) para os Meios Físico e Biótico, com seus respectivos anexos;
- Volume 6: Diagnóstico da AAR para o Meio Socioeconômico e Cultural, também com seus anexos correlatos;
- Volume 7: Diagnóstico da Área de Influência Indireta (AII) para os Meios Físico e Biótico;
- Volume 8: Apêndice relativo ao Diagnóstico da AII para o Meio Físico;
- Volume 9: Diagnóstico da AII para o Meio Socioeconômico e Cultural, incluindo os respectivos anexos;
- Volume 10: Desenhos referentes ao Diagnóstico das AAR e AII para os Meios Físico e Biótico;
- Volume 11: Diagnóstico da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA) para o Meio Físico;
- Volume 12: Apêndice correlato ao Diagnóstico das AID e ADA para o Meio Físico;
- Volume 13: Diagnóstico da AID e da ADA para o Meio Biótico, referente ao Ecossistema Terrestre, incluindo os temas relativos ao “Uso do Solo e Vegetação”;

- Volume 14: Diagnóstico da AID e da ADA para o Meio Biótico, referente ao Ecossistema Terrestre, incluindo os temas relativos à “Fauna”;
- Volume 15: Diagnóstico das AID e ADA para o tema “Limnologia e Qualidade das Águas”, com seus anexos correlatos;
- Volume 16: Diagnóstico da AID e da ADA para o Meio Biótico, referente ao Ecossistema Aquático, incluindo os temas relativos a Fauna;
- Volumes 17, 18, 19 e 20: Apêndices referentes ao Diagnóstico das AID e da ADA para o Meio Biótico (relatórios elaborados pelo MPEG abordando os Ecossistemas Terrestre e Aquático);
- Volume 21: Diagnóstico da AID para o meio Socioeconômico e Cultural abordando a “Caracterização do Conjunto da AID”;
- Volume 22: Diagnóstico da AID para o meio Socioeconômico e Cultural abordando a “Caracterização das Sedes Municipais, Subáreas e Localidades”;
- Volume 23: Diagnóstico da ADA Urbana para o meio Socioeconômico e Cultural
- Volume 24: Diagnóstico da ADA Rural para o meio Socioeconômico e Cultural
- Volumes 25 e 26: Desenhos referentes ao Diagnóstico da ADA e AID para os Meios Físico e Biótico (Partes 1 e 2);
- Volume 27: Desenhos referentes ao Diagnóstico da ADA e AID para o Meio Socioeconômico e Cultural;
- Volume 28: Prognósticos Temáticos e Análise Ambiental Integrada;
- Volumes 29, 30 e 31: Avaliação de Impactos (Partes 1, 2 e 3) e Prognóstico Global;
- Volume 32: Apêndice relativo à Avaliação de Impactos;
- Volume 33: Planos, Programas, Projetos e Conclusões;
- Volume 34: Atividades de Interação e Comunicação Social;
- Volume 35: Estudos Etnoecológicos;
- Volume 36: Siglário, Glossário e Equipe Técnica.

2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Razão Social: CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S. A.

CNPJ: 00.001.180/0002-07

Número cadastro: 979690

Endereço: Av. Presidente Vargas 409 13º andar

Bairro: Centro

Município: Rio de Janeiro

CEP: 20.071-003

Nome do dirigente: Valter Luiz Cardeal de Souza

CPF do dirigente: 140.678.380-34

Número cadastro do dirigente: 979682

Telefone: (0xx21) 2514 6425

Fax: (0xx21) 2514 5903

E-mail: de@eletrobras.com

Situação junto ao CTF: Regular

3. CARACTERIZAÇÃO DA EQUIPE RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS AMBIENTAIS

A elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Belo Monte é de responsabilidade da Leme Engenharia, empresa constituída em 1965 e que presta serviços na área da engenharia consultiva. A Leme tem sua sede em Belo Horizonte e escritórios regionais em Florianópolis, Belém, Brasília e Rio de Janeiro.

A Leme Engenharia atua, portanto, há mais de 40 anos no setor de infra-estrutura, realizando projetos e gerenciamentos de obras de grande, médio e pequeno portes. As principais áreas de atuação da empresa são a geração hidráulica e térmica, sistemas elétricos de transmissão e saneamento.

Dentre os principais projetos de geração licenciados pela Leme Engenharia encontram-se: a UHE Santo Antônio (Jari Energética), que foi a primeira usina hidrelétrica licenciada no Brasil (primeiras Licença Prévia - LP e Licença de Instalação - LI emitidas pelo IBAMA); a UHE Nova Ponte (CEMIG); a UHE Guilman-Amorim (BELGO Mineira - Samarco); a UHE Salto Caxias (COPEL); as UHEs Capim Branco I e II (CEMIG); a UHE Funil (CEMIG); e os AHEs Jirau e Santo Antônio (Furnas), cuja Licença Prévia foi obtida junto ao IBAMA em julho de 2007.

No presente caso de Estudo de Impacto Ambiental, a Leme Engenharia contou com a participação de instituições públicas e privadas, dentre as quais se destacam:

- o Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG – instituição de pesquisa na área de biodiversidade, reconhecida nacional e internacional por sua atuação na região amazônica, tendo se incumbido da realização dos estudos de diagnóstico da flora e da fauna da região do médio e baixo Xingu, que contaram ainda, sob sua coordenação técnica, com pesquisadores vinculados à Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA);
- o Instituto Internacional de Ecologia – IIEGA – instituição de pesquisa na área de limnologia e qualidade da água, reconhecida nacional e internacionalmente por sua atuação nas principais bacias hidrográficas brasileiras, tendo se incumbido da realização dos estudos da qualidade dos recursos hídricos superficiais, inclusive pela modelagem matemática das condições de qualidade da água prognosticadas para o futuro reservatório do AHE Belo Monte;
- a THEMAG Engenharia e Gerenciamento Ltda., responsável pelos estudos do Meio Físico; e
- a ENGEVIX Engenharia S.A., responsável pelos estudos do Meio Socioeconômico e Cultural.

Observa-se que a gestão dos estudos foi desenvolvida pela CNEC Engenharia S.A.

A Leme Engenharia está registrada no Cadastro Técnico Federal (CTF) do IBAMA sob o número 22279, sendo seus responsáveis legais identificados a seguir:

Nome: Leme Engenharia Ltda

CNPJ: 33.633.561/0001-87

Endereço: Rua Guajajaras, 43, 1º andar

Telefone/Fax (31) 3249-7600 (31) 3249-7665

Representantes Legais: Flávio Marques Lisboa Campos e Jacintho Álvares Moreira Neto

Pessoa de Contato: Jacintho Álvares Moreira Neto

e-mail:jacintho@leme.com.br

No Volume 31 deste EIA apresenta-se a relação completa da equipe técnica responsável pela elaboração do estudo, bem como dados relativos aos seus respectivos registros profissionais e no Cadastro Técnico Federal (CTF) do IBAMA.

Por fim, há que se observar que os estudos etnoecológicos e a Peça Antropológica referentes ao AHE Belo Monte estão diretamente sob a responsabilidade técnica das empresas Themag Engenharia e Gerenciamento Ltda., Engevix Engenharia S.A. e Intertechne Consultores Associados S/C Ltda.

4 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

4.1 Apresentação do Proponente

A Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS é uma sociedade anônima de economia mista federal, constituída em conformidade com a autorização contida na Lei nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961. Pela Lei 11.651, sancionada em 7 de abril de 2008, a ELETROBRÁS foi autorizada a atuar no exterior como investidora do setor elétrico, por meio de consórcios e/ou sociedades de propósito específico.

A ELETROBRÁS recebeu a atribuição de promover estudos, projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações destinadas ao suprimento de energia elétrica do país.

Na condição de *holding*, a ELETROBRÁS controla grande parte dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil por intermédio de seis subsidiárias: CHESF, FURNAS, ELETROSUL, ELETRONORTE, CGTEE e ELETRONUCLEAR. Além de principal acionista destas empresas, a ELETROBRÁS, em nome do governo brasileiro, detém metade do capital da Itaipu Binacional e capitaneia o CEPEL e a LIGHTPAR. Em 2007, a capacidade geradora das concessionárias do grupo ELETROBRÁS, acrescida de metade da potência de Itaipu pertencente ao Brasil, alcançou a marca de 38.566 MW, correspondentes a 39,6% do total nacional. Na geração, o Sistema ELETROBRÁS está presente em todo o Brasil: são 29 usinas hidrelétricas, 15 termelétricas e duas termonucleares. Entre as maiores e mais importantes usinas destacam-se: Tucuruí (8.370 MW), a parte brasileira de Itaipu Binacional (7.000 MW), o Complexo de Paulo Afonso (3.984 MW), Xingó (3.000 MW), Angra 1 e Angra 2 (2.007 MW), Serra da Mesa (1.275 MW), Furnas (1.226 MW) e Sobradinho (1.050 MW).

As linhas de transmissão pertencentes ao Sistema, com 57.441 quilômetros de extensão, representam 63% do total nacional.

As reformas institucionais e as privatizações na década de 1990 acarretaram a perda de algumas funções da estatal e mudanças no perfil da ELETROBRÁS. Nesse período, a companhia passou a atuar também, por determinação legal e transitoriamente, na distribuição de energia elétrica, por meio das empresas federalizadas – CEAL (Alagoas), CEAM (Amazonas), CEPISA (Piauí), CERON (Rondônia) e ELETROACRE (Acre), controladas diretamente pela *holding*, e Boa Vista Energia e Manaus Energia, subsidiárias integrais da ELETRONORTE.

A ELETROBRÁS é uma empresa de economia mista e de capital aberto, com ações negociadas nas Bolsas de Valores de São Paulo (Bovespa), de Madri, na Espanha, e de Nova York, nos Estados Unidos. O governo federal possui 54% das ações ordinárias da companhia e, por isso, tem o controle acionário da empresa. A Administração Federal é proprietária ainda de 15,7% das ações preferenciais, cuja maioria (84,3%) está em mãos privadas.

O Sistema ELETROBRÁS atua de forma integrada, com políticas e diretrizes definidas pelo Conselho Superior do Sistema ELETROBRÁS (CONSISE), formado pelos presidentes das empresas do grupo, que se reúnem regularmente.

A ELETROBRÁS também dá suporte a programas estratégicos do governo, como o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso de Energia Elétrica (Luz Para Todos) e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

Em 13 de julho de 2005, foi editado o Decreto Legislativo nº 788/05, cuja íntegra é reproduzida a seguir:

“Faço saber que o Congresso Nacional aprovou, e eu, Renan Calheiros, Presidente do Senado Federal, nos termos do art. 48, inciso XXVIII, do Regimento Interno, promulgo o seguinte:

DECRETO LEGISLATIVO Nº 788, DE 2005

Autoriza o Poder Executivo a implantar o Aproveitamento Hidroelétrico Belo Monte, localizado em trecho do Rio Xingu, no Estado do Pará, a ser desenvolvido após estudos de viabilidade pela Centrais Elétrica Brasileiras S.A. – Eletrobrás.

O Congresso Nacional decreta:

Art. 1º - É autorizado o Poder Executivo a implantar o Aproveitamento Hidroelétrico Belo Monte no trecho do Rio Xingu, denominado ‘Volta Grande do Xingu’, localizado no Estado do Pará, a ser desenvolvido após estudos de viabilidade técnica, econômica, ambiental e outros que julgar necessários.

Art. 2º - Os estudos referidos no art. 1º deste Decreto Legislativo deverão abranger, dentre outros, os seguintes:

- I – Estudo de Impacto Ambiental – EIA;*
- II – Relatório de Impacto Ambiental – RIMA;*
- III – Avaliação Ambiental Integrada – AAI da bacia do Rio Xingu;*
- IV – estudo de natureza antropológica, atinente às comunidades indígenas localizadas na área sob influência do empreendimento, devendo, nos termos do § 3º do art. 231 da Constituição Federal, ser ouvidas as comunidades afetadas.*

Parágrafo único - Os estudos referidos no caput deste artigo, com a participação do Estado do Pará, em que se localiza a hidroelétrica, deverão ser elaborados na forma da legislação aplicável à matéria.

Art. 3º - Os estudos citados nos art. 1º deste Decreto Legislativo serão determinantes para viabilizar o empreendimento e, sendo aprovados pelos órgãos competentes, permitem que o Poder Executivo adote as medidas previstas na legislação objetivando a implantação do Aproveitamento Hidroelétrico Belo Monte.

Art. 4º - Este Decreto Legislativo entra em vigor na data de sua publicação.

Senado Federal, em 13 de julho de 2005

Senador Renan Calheiros

Presidente do Senado Federal

Em função do Decreto Legislativo nº 788/05, em 26 de julho de 2005 foi celebrado entre as Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS, Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A. (CCCC), Construtora Andrade Gutierrez S.A. (AG) e Construtora Norberto Odebrecht S.A. (CNO) um Acordo de Cooperação Técnica (Nº ELETROBRÁS ECE-120/2005), cujo objeto é a conclusão dos estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do AHE Belo Monte, os quais compreendem à elaboração de (i) Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA); (ii) Revisão do Inventário do Potencial Hidroenergético da Bacia do rio Xingu; (iii) Estudo de Natureza Antropológica; (iv) Avaliação Ambiental Integrada da Bacia; e (v) respectivo Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável, bem como as adequações necessárias aos Estudos de Engenharia com vistas ao leilão de concessão desse empreendimento.

Cabe à ELETROBRÁS a representação das partes junto aos órgãos governamentais, como também a coordenação administrativa das atividades do Comitê Executivo, cujos membros são indicados pelas partes e no qual são estabelecidas todas as diretrizes que norteiam os estudos, enquanto que o desenvolvimento das atividades técnicas, bem como a aplicação dos recursos necessários, cabem, por conta e risco, às empresas privadas (CCCC, AG e CNO).

4.2 Apresentação do Empreendimento

4.2.1 Objetivos

O empreendimento objeto do presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é o Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Belo Monte, projetado para a região Norte do Brasil, no rio Xingu, afluente pela margem direita do rio Amazonas, no estado do Pará. O empreendimento localiza-se na área denominada de Volta Grande do rio Xingu, entre os paralelos 3°00' e 3°40'S e os meridianos 51°30' e 52°30'W.

Considerando-se o conjunto barragem, reservatório, tomada d'água e casa de força, o empreendimento ocupará terras dos municípios de Vitória do Xingu, Altamira e Brasil Novo.

O eixo da Barragem Principal situa-se no rio Xingu, cerca de 40 km a jusante da cidade de Altamira, seguindo-se o encaminhamento pelo rio. O Canal de Fuga da Casa de Força Principal localiza-se cerca de 9,5 km a jusante da vila de Belo Monte, que pertence ao município de Vitória do Xingu.

O principal acesso ao empreendimento se dá através da BR-230 - Rodovia Transamazônica. Há também possibilidade de acesso ao local da usina por via fluvial, desde o porto de Belém, no litoral norte brasileiro, até a vila de Belo Monte supracitada, situada às margens do rio Xingu, que é inteiramente navegável desde sua foz até o local desta vila.

O AHE Belo Monte tem como finalidade precípua a produção de um grande bloco de energia elétrica a partir de geração hidráulica. Segundo resultados dos Estudos de Viabilidade do CHE (Complexo Hidrelétrico Belo Monte) concluídos pela ELETROBRÁS e ELETRONORTE em 2002, a capacidade instalada do empreendimento corresponderá a 11.181,3 MW, com uma estimativa de energia firme equivalente a 4.719 MW médios anuais na Casa de Força Principal e 77 MW médios na Casa de Força Complementar, a um custo índice de instalação de R\$ 748/kW, incluídos os juros durante a construção. Vale ressaltar que o empreendimento, consta como uma das componentes do Plano de Expansão do Setor Elétrico Brasileiro desde 1986.

A energia produzida no aproveitamento em questão visa ao atendimento das demandas do mercado interno brasileiro, sendo que a usina será interligada ao Sistema Elétrico Nacional (SIN) através de conexão com a Linha de Transmissão (LT) Tucuruí-Macapá-Manaus, ainda a ser implantada e que, em acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDEE) 2007/2016 (MME/EPE, 2007), tem sua entrada em operação prevista para janeiro de 2012. Esta energia será transportada, além dos centros consumidores do Norte, em sua maior parte para os grandes centros consumidores do Nordeste e Sudeste/Centro-Oeste, que concentram o déficit atual e previsto, com seu potencial hidrelétrico competitivo já praticamente todo explorado.

Além disso, o empreendimento irá atender ao mercado de energia elétrica na região mediante a construção de uma linha de transmissão a partir da casa de Força Complementar, com potência instalada de 181,3 MW.

Os Estudos de Viabilidade, fundamentais para o processo licenciatório, tiveram início em agosto de 2000 e foram concluídos em fevereiro de 2002.

Há ainda que se ressaltar a conclusão dos Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu, elaborados pelas empresas ENGEVIX, THEMAG, INTERTECHNE e ARCADIS Tetraplan e concluídos em outubro de 2007. Tais estudos apontam que o AHE Belo Monte deverá ser o único empreendimento hidrelétrico com previsão de implantação no referido corpo hídrico, em acordo com a divisão de queda apresentada na **FIGURA 4.2.1-1** e conforme texto transcrito das conclusões desses estudos: “... os estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, considerando as principais restrições vigentes hoje na bacia, bem como o contexto institucional, socioeconômico e energético no qual está hoje inserido o Setor Elétrico Brasileiro, recomendam, como divisão de queda para o aproveitamento hidrelétrico da bacia do rio Xingu, um único degrau localizado na Volta Grande do Xingu, com todas as características estabelecidas nos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte...”.

Além disso, os referidos estudos apontam que “... o AHE Belo Monte, aproveitando o desnível concentrado no trecho da Volta Grande do Xingu, assume as características de um empreendimento independente energeticamente de qualquer outro eventual aproveitamento situado a montante, de forma que se considerado num outro contexto futuro, no qual as atuais restrições não apresentem a mesma condição de significância, ele não interferirá, condicionará ou limitará qualquer solução para o trecho de montante da bacia”. Desta forma, o AHE Belo Monte configura-se como um empreendimento hidrelétrico independente de outros aproveitamentos na bacia do rio Xingu para sua viabilidade econômica, ou seja, a motorização de 11.181,3 MW, para geração de potência firme em torno de 4.800 MW médios, está viabilizada economicamente sem necessidade de regularização a montante, considerando a operação a fio d’água do empreendimento em pauta.

Por fim, observa-se a recente Resolução do Conselho Nacional de Pesquisa Energética (CNPE) nº 6, de 3 de julho de 2008, que reiterou o interesse estratégico do aproveitamento do potencial hidráulico para fins energéticos do rio Xingu, bem como a importância estratégica de parcelas do território banhadas por este corpo hídrico para a conservação da biodiversidade biológica e da proteção da cultura indígena¹.

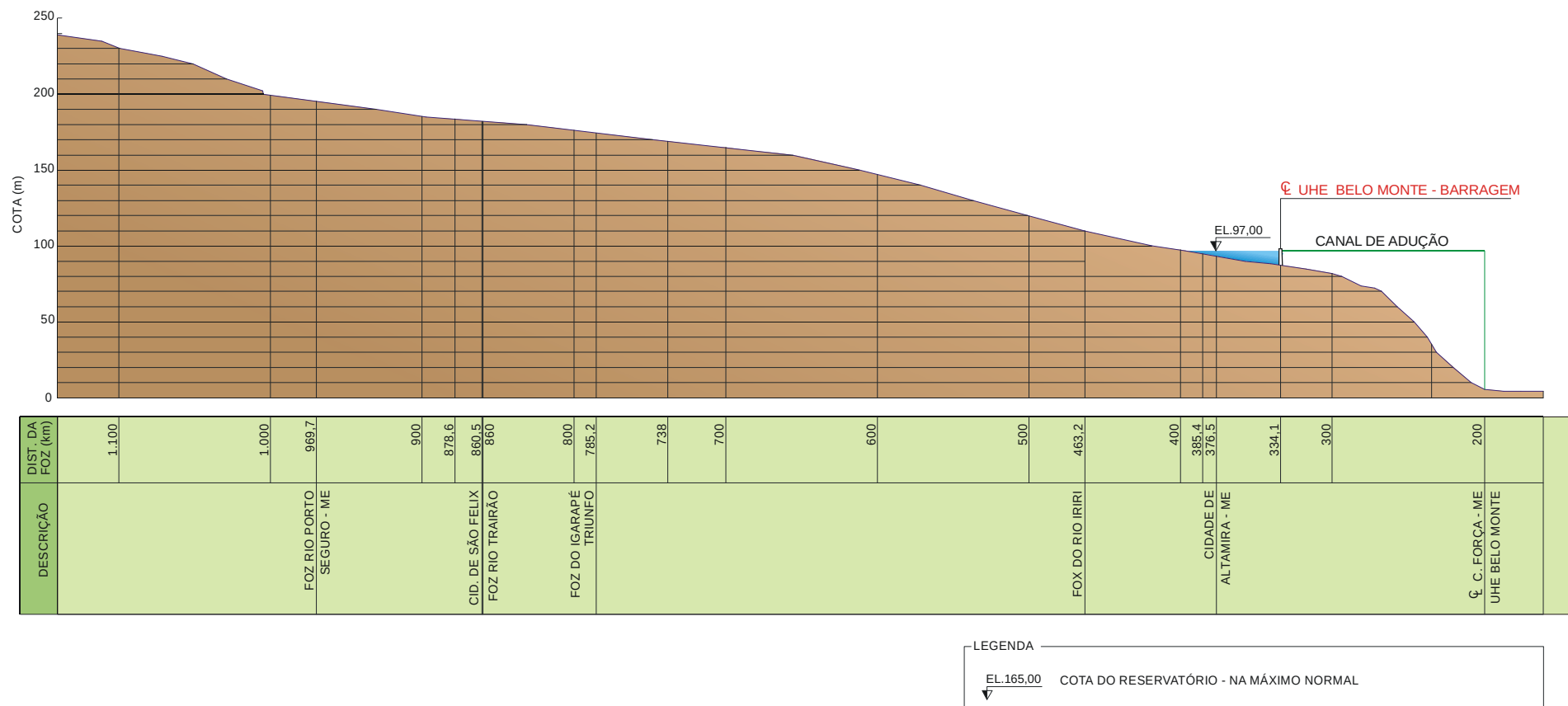
¹ Artigo 1º da Resolução CNPE nº 6/08.

Tal Resolução ratificou ainda, em seu artigo 2º, que o único potencial hidroenergético a ser explorado situado no rio Xingu será o do AHE Belo Monte, entre a sede urbana do Município de Altamira e a sua foz, devendo ser operacionalizada nos Estudos de Planejamento Energético Nacional, coordenados e aprovados pelo Ministério de Minas e Energia (MME)². Nesse sentido, a referida Resolução CNPE determinou também que a ELETROBRÁS conduza as ações necessárias à continuidade dos estudos para o desenvolvimento e a conclusão da viabilidade do AHE Belo Monte.

Por fim, observa-se que a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), através do Despacho nº 2.756, de 28 de julho de 2008, aprovou a Atualização dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Xingu, identificando o aproveitamento Belo Monte com as seguintes características de referência:

- Coordenadas Geográficas do Eixo do Barramento: 03º07'35" S e 51º46'30" W;
- Potência Estimada: 11.181 MW;
- Área de Drenagem: 449.748 km²;
- Nível d'Água Máximo Normal de Montante: 97,0 m;
- Nível d'Água Máximo Normal de Jusante: 4,6 m; e
- Área do Reservatório: 440 km².

² §1º do artigo 2º da Resolução CNPE nº 6/08.



Fonte: Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu, ELETROBRÁS, 2007

FIGURA 4.2.1-1 – Perfil com a Divisão de Queda Recomendada para o rio Xingu

4.2.2 Justificativas

Neste item estão sintetizados os principais aspectos que fundamentam a proposição do AHE Belo Monte. Também foram consideradas as avaliações energéticas elaboradas para os Estudos de Viabilidade do CHE Belo Monte, ora em análise pela ANEEL³. As principais conclusões desses estudos, realizados pela ELETROBRÁS/ELETRONORTE e concluídos em fevereiro de 2002 são:

- A alta competitividade econômica do AHE Belo Monte no contexto do mercado de energia nacional do sistema interligado, devido ao baixo custo de geração, incluindo o sistema de transmissão;
- A defasagem temporal entre os regimes hidrológicos da bacia do rio Xingu e rios de outras regiões do país, o que permite uma otimização do sistema interligado com a introdução da geração do AHE Belo Monte, através do armazenamento de água nos reservatórios das usinas das regiões Sul e Sudeste no período em que grandes blocos de energia estarão sendo gerados pelo empreendimento em questão; e
- Conforme abordado anteriormente, independência de outros aproveitamentos na bacia do rio Xingu para sua viabilidade econômica, sem qualquer necessidade de regularização a montante e considerando a geração a fio d'água.

O conjunto das características apontadas contribui para o caráter estratégico do AHE Belo Monte para o setor elétrico nacional, consubstanciado na Resolução N° 2, de 17 de setembro de 2001, do CNPE. Esta resolução já reconhecia o interesse estratégico do empreendimento no planejamento da expansão da hidreletricidade até o ano de 2010, ressaltando os aspectos relativos à sua integração no sistema interligado, aos impactos de sua operação no parque gerador nacional e à confiabilidade da rede básica face ao sistema de transmissão associado.

Além disso, destacava, em seu artigo 2º, a importância de uma participação multi-institucional (Ministérios de Minas e Energia, do Meio Ambiente, do Planejamento, Orçamento e Gestão, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, da Agência Nacional de Energia Elétrica e da Agência Nacional de Águas) na análise de seus impactos sócioambientais, do uso múltiplo das águas e de sua relação com o desenvolvimento econômico e social na região.

Conforme antes aqui abordado, a recente Resolução do CNPE nº 6, de 3 de julho de 2008, veio respaldar o reconhecimento de tal caráter estratégico.

De forma a detalhar o recente cenário de planejamento energético brasileiro que considera a implantação do AHE Belo Monte, este EIA contempla, em seu item 4.2.5 “*Alternativas Tecnológicas e Análise Comparativa*”, a evolução da matriz energética nacional e das demandas de energia, a participação atual da energia elétrica na matriz energética brasileira, as projeções para a evolução no Brasil da demanda energética e as alternativas tecnológicas

³ O Complexo Hidrelétrico Belo Monte (CHE) foi assim denominado em 2002 por envolver a geração de energia na Casa de Força Principal e na Casa de Força Complementar. Atualmente, optou-se pela denominação Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Belo Monte para reforçar a diretriz governamental do aproveitamento do potencial apenas no trecho do rio Xingu a jusante da cidade de Altamira, embora permaneçam as condições originais de geração nos sítios Belo Monte e Pimental onde, respectivamente, estão localizadas as casas de força supracitadas.

para atendimento dessa demanda. Com base nos dados e informações aí expostos, sempre baseados no PDEE 2007/2016 e no Balanço Energético Nacional (BEN) elaborado em 2007 e, ainda em caráter preliminar, em 2008, conclui-se, nesse mesmo item, pelo respaldo da escolha da alternativa tecnológica mais adequada para suprir essa demanda, inclusive em termos de redução das emissões líquidas de CO₂, registrando-se o papel fundamental a ser desempenhado pelo AHE Belo Monte no atendimento da mesma, inserido num cenário que prevê, no final do horizonte de planejamento antevisto pelo PDEE 2007/2016, uma participação de 77% de fontes renováveis de energia na matriz energética nacional.

4.2.3 Histórico do Empreendimento

4.2.3.1 Estudos Anteriores e Processo de Licenciamento Ambiental

O empreendimento ora objeto de licenciamento ambiental vem sendo estudado desde a década de 70, apresentando um histórico que contempla diversas alternativas de partição de queda e de arranjo de engenharia. O **QUADRO 4.2.3-1** apresenta a cronologia dos principais eventos associados ao AHE Belo Monte, inclusive aqueles afetos ao processo de licenciamento ambiental, que são descritos sinteticamente adiante.

QUADRO 4.2.3-1

Síntese da Cronologia de Atividades Relacionadas ao AHE Belo Monte

Continua		
Evento	Agente	Data
Conclusão dos Estudos de Inventário da Bacia Hidrográfica do rio Xingu	ELETRONORTE	Janeiro de 1980
Início dos Estudos de Viabilidade do Complexo Altamira (eixos de Babaquara e Kararaô)	ELETRONORTE	Meados de 1980
Reorientação dos Estudos de Viabilidade do Complexo Altamira com ênfase para a UHE Belo Monte	ELETRONORTE	Setembro de 1986
Estudos de avaliação de interligação dos sistemas Norte / Nordeste com o Sul / Sudeste	ELETROBRÁS	Setembro de 1986
Aprovação do Relatório Final dos Estudos de Inventário (ou Estudos Xingu)	DNAEE	Março de 1988
Conclusão dos Estudos de Viabilidade do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte	ELETRONORTE	Outubro de 1989
Criação do Grupo de Trabalho Belo Monte para atualizar e complementar os estudos de viabilidade da UHE Belo Monte	ELETROBRÁS, DNAEE e ELETRONORTE	Novembro de 1994

QUADRO 4.2.3-1

Síntese da Cronologia de Atividades Relacionadas ao AHE Belo Monte

Continuação		
Evento	Agente	Data
Proposição de modificação do arranjo da UHE Belo Monte – denominado Alternativa de Montante	ELETRONORTE	Novembro de 1994
Relatório Final do Grupo de Trabalho Belo Monte com proposições e recomendações sobre o que deveria ser estudado e os custos associados	ELETROBRÁS, DNAEE e ELETRONORTE	Junho de 1995
Proposição de retomada dos estudos da UHE Belo Monte – Alternativa de Montante	ELETRONORTE e ELETROBRÁS	Outubro de 1999
Início dos Estudos de Viabilidade da Alternativa de Montante e do EIA e RIMA para obtenção da Licença Prévia	ELETRONORTE e ELETROBRÁS	Agosto de 2000
Resolução Nº 2 do CNPE, reconhecendo o interesse estratégico do empreendimento de Belo Monte no planejamento da expansão da hidreletricidade até o ano de 2010, e autorizando a continuidade dos estudos de viabilidade econômico-financeira, projeto básico e licenciamento ambiental. Recomendou ainda a participação dos Ministérios de Minas e Energia, do Meio Ambiente, do Planejamento, Orçamento e Gestão, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, da Agência Nacional de Energia Elétrica, e da Agência Nacional de Águas na avaliação do potencial do empreendimento na promoção do desenvolvimento econômico e social na região	CNPE	Setembro de 2001
Embargo judicial acarretando a paralisação dos estudos ambientais para o CHE Belo Monte	Ministério Público	Setembro de 2001
Conclusão dos Estudos de Viabilidade do CHE Belo Monte, sem o capítulo referente aos Estudos Ambientais	ELETRONORTE e ELETROBRÁS	Fevereiro de 2002
Decreto Legislativo nº 788 autorizando o Poder Executivo a implantar o AHE Belo Monte, a ser desenvolvido após estudos de viabilidade técnica pela ELETROBRÁS	Congresso Nacional	Julho de 2005
Acordo de Cooperação Técnica ECE-120/2005 visando à conclusão dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do AHE Belo Monte, incluindo a revisão do inventário do trecho principal do rio Xingu	ELETROBRÁS, Camargo Corrêa, Norberto Odebrecht e Andrade Gutierrez	Julho de 2005

QUADRO 4.2.3-1**Síntese da Cronologia de Atividades Relacionadas ao AHE Belo Monte****Continuação**

Evento	Agente	Data
Requerimento à ANEEL do registro ativo para a revisão do inventário, registro este deferido conforme Despacho nº 1.380 de 29 de setembro de 2005, publicado no D.O.U. de 30 de setembro de 2005, que estabelecia as condições para a realização do reinventário, inclusive com a necessidade de se considerar os estudos de viabilidade do AHE Belo Monte, ora em análise na Agência	ELETROBRÁS	Agosto de 2005
Início da elaboração do EIA e do RIMA para o AHE Belo Monte, em acordo com a concepção do empreendimento prevista nos Estudos de Viabilidade concluídos em 2002	ELETROBRÁS	Agosto de 2005 ⁴
Paralisação do EIA e do RIMA devido à Ação Direta de Inconstitucionalidade – ADI nº 3573, impetrada pelo Ministério Público contestando os termos do Decreto Legislativo nº 788	Ministério Público	Setembro de 2005
Julgamento da improcedência e extinção da ADI nº 3.573	TRF	Dezembro de 2005
Solicitação da abertura do processo de licenciamento do AHE Belo Monte junto ao IBAMA – processo DILIQ/IBQMQ nº 1.156	ELETROBRÁS	Janeiro de 2006
Início da realização de vistoria de campo do IBAMA para definição do Termo de Referência para o EIA e o RIMA do AHE Belo Monte	IBAMA	Março de 2006
Interrupção da vistoria de campo do IBAMA por força de liminar impetrada pelo Ministério Público e paralisação de todos os trabalhos de campo	Ministério Público	Março de 2006
Revogação da liminar e retomada dos trabalhos de campo para o EIA e o RIMA	Juizado Federal da Vara Única de Altamira	Maió de 2006
Restabelecimento da liminar judicial voltando a paralisar os trabalhos de campo para o EIA e o RIMA	Ministério Público	Maió de 2006
Revogação da liminar judicial e retomada dos trabalhos afetos ao EIA e ao RIMA	TRF 1ª Região	Dezembro de 2006

⁴ Os estudos foram iniciados em 2005, sendo informado ao IBAMA de que seriam realizados os trabalhos de obtenção de informações de campo enquanto o IBAMA concluía o Termo de Referência (TR) para elaboração do EIA e do RIMA. Após a edição do TR os trabalhos de campo foram complementados para atender integralmente àquele TR.

QUADRO 4.2.3-1

Síntese da Cronologia de Atividades Relacionadas ao AHE Belo Monte

Conclusão		
Evento	Agente	Data
Vistoria de campo e realização de reuniões públicas (28/08 em Altamira e 29/08 em Vitória do Xingu) para definição do Termo de Referência para o EIA e o RIMA	IBAMA	Agosto de 2007
Protocolo na ANEEL da Atualização dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu	ELETROBRÁS	Outubro de 2007
Divulgação do Termo de Referência para elaboração do EIA e do RIMA para o AHE Belo Monte	IBAMA	Dezembro de 2007
Suspensão dos estudos por concessão de liminar pelo Juiz Federal Substituto da Vara Única de Altamira	Juizado Federal da Vara Única de Altamira	Abril de 2008
Deferimento de antecipação de tutela requerida pela ELETROBRÁS para tornar sem efeito a liminar concedida pelo Juiz Federal Substituto da Vara Única de Altamira. Retomada dos trabalhos de campo do EIA e do RIMA	TRF	Maio de 2008
Resolução do CNPE nº 6, de 3 de julho de 2008, reiterando o interesse estratégico do aproveitamento do potencial hidráulico para fins energéticos do rio Xingu, bem como a importância estratégica de parcelas do território banhadas pelo rio Xingu para a conservação da biodiversidade biológica e da proteção da cultura indígena. Estabelecido que o único potencial hidroenergético a ser explorado situado no rio Xingu será o do AHE Belo Monte, entre a sede urbana do Município de Altamira e a sua foz, devendo ser operacionalizada nos Estudos de Planejamento Energético Nacional, coordenados e aprovados pelo Ministério de Minas e Energia	CNPE	Julho de 2008
Aprovação pela ANEEL dos Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu, no trecho referente ao aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte. Despacho nº 2756, com a aprovação do estudo publicado em 28/07/08 no Diário Oficial da União	ANEEL	Julho de 2008
Vistoria de campo do IBAMA	IBAMA	Novembro de 2008

a) Estudos de Inventário do Rio Xingu

Os estudos para o aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia hidrográfica do rio Xingu remontam ao final da década de setenta, com o início em 1975 dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, também denominado simplesmente de “Estudos do Xingu”, realizados pela ELETRONORTE, e aprovados formalmente pelo DNAEE em março de 1988.

Naqueles estudos foram inicialmente identificados 47 possíveis locais de barramento, sendo posteriormente selecionados, como objeto de investigações mais detalhadas, os 14 locais mais atraentes do ponto de vista do seu potencial de geração de energia. Esses locais possibilitaram a composição e análise de diversas alternativas de divisão de queda, sendo selecionadas as oito alternativas que melhor atendiam aos critérios e diretrizes existentes naquela ocasião.

Cabe ressaltar que, naquela ocasião, critérios socioambientais não estavam internalizados nas premissas básicas, não constituindo, portanto um condicionante importante para a seleção de alternativas.

As oito alternativas selecionadas foram investigadas nos estudos preliminares com o foco direcionado basicamente para as motorizações e os custos envolvidos, sustentado por considerações técnicas, socioeconômicas e físico-territoriais específicas a cada alternativa, despontando sempre como determinante a Volta Grande do Xingu, um sítio com acentuada vocação hidroenergética devido ao desnível ali concentrado associado aos grandes volumes de água em trânsito naquele trecho. Como resultado, foram eleitas duas alternativas de divisão de queda para um maior detalhamento na fase de estudos finais: a Alternativa A, composta pelos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara, Iriri, Ipixuna, Kokraimoro e Jarina; e a Alternativa B, composta pelos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara, Carajari, Iriri, Carajás, Kayapo, e Gorotire (vide **QUADRO 4.2.3-2**).

QUADRO 4.2.3-2
Características dos Aproveitamentos Inventariados

Rio	Aproveitamento	NA (m)	Área (km ²)	Pot. Inst. (MW)
Alternativa A				
Xingu	Jarina	281	1.900	558,72
	Kokraimoro	257	1.770	1.940
	Ipixuna	208	3.270	2.312,48
	Babaquara	165	6.140	6.273,96
	Kararaô	95	1.160	8.380,80
Iriri	Iriri	206	4.060	909,86
Alternativa B				
Xingu	Gorotire	281	3.180	1.542
	Kayapó	239	2.379	2.514
	Carajás	184	2.060	1.702
	Babaquara	153	3.940	5.271
	Kararaô	95	1.160	8.009
Iriri	Iriri	206	4.060	910
	Carajari	172	1.380	669

Fonte - Relatório Final dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do rio Xingu, ELETRONORTE, 1980

b) Estudo de Estudos de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira

Com base nas recomendações contidas nos "Estudos Xingu", a ELETRONORTE iniciou, em 1980, os Estudos de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira, composto pelos aproveitamentos de Altamira (ex Babaquara) e Belo Monte (ex Kararaô). O complexo de Altamira foi eleito para os estudos de viabilidade por estar situado na Volta Grande do Xingu, região que abriga cerca de 70% do potencial para exploração hidroenergética da bacia.

Os estudos de viabilidade concentraram-se inicialmente no AHE de Altamira, localizado no rio Xingu, 10 km a montante da cidade de Altamira, com reservatório no nível máximo normal da cota 165,0 m, pelo fato de esse aproveitamento possuir o reservatório regularizador das vazões do Complexo.

Entretanto, a partir de 1986, estudos realizados pela ELETROBRÁS, considerando a interligação dos sistemas de geração Norte/Nordeste com o Sul/Sudeste, indicaram a entrada em operação comercial da UHE Belo Monte (ex Kararaô), no ano de 1999, como a melhor opção para o Sistema Brasileiro Interligado, antes, portanto, da data prevista para início da operação da UHE Altamira (ex Babaquara).

Dadas essas premissas, os trabalhos de Viabilidade do Complexo foram reorientados, considerando-se como enfoque prioritário o projeto do AHE Belo Monte (ex Kararaô).

c) Estudo de Viabilidade do AHE Belo Monte (ex Kararaô)

Com a nova orientação, os estudos de Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte concluíram por um aproveitamento ótimo de 11.000 MW, distribuídos em 20 unidades de 550 MW cada, com motorização progressiva e seqüencial, a ser concluída em um prazo em torno de 5 anos após o início de operação da primeira unidade.

O arranjo hidroenergético considerado previa uma barragem com vertedouro no rio Xingu, no sítio de Bela Vista, (Barragem do Juruá), que desviaria as águas para um canal de adução natural, possível com a execução de alguns diques laterais, até atingir novamente o rio Xingu, no local da usina, denominado de Usina Belo Monte. O reservatório, com um espelho d'água de 1.225 km², abrangia áreas na planície do rio Bacajá e da calha natural do rio Xingu, até a cidade de Altamira.

Em outubro de 1989, a ELETRONORTE encaminhou o Relatório Final dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte ao DNAEE, solicitando sua aprovação e a outorga de concessão para o aproveitamento. Tais estudos consistiram, portanto, a 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte.

Na época da apresentação dos estudos, houve grande repercussão e ampla cobertura pelos meios de comunicação, com destaque para as questões relacionadas com a população indígena.

Os estudos ambientais (EIA e RIMA) foram concluídos, porém não foram encaminhados ao órgão licenciador ambiental do estado do Pará e, conseqüentemente, não foi possível dar andamento ao processo de obtenção da Licença Prévia (LP).

d) Criação do Grupo de Trabalho Belo Monte

Em 1993, a ELETROBRÁS propôs a criação de um grupo de trabalho, cuja principal missão era elaborar um relatório contendo:

- Atualização do cronograma e do orçamento da obra, verificando se os estudos energéticos e as interligações com os sistemas elétricos Norte/Nordeste e Sul/Sudeste continuavam válidos; e
- Atualização e complementação dos estudos ambientais e elaboração de novo EIA e RIMA e obtenção de LP junto ao órgão licenciador ambiental.

Em 1994, com a publicação no Diário Oficial da União (DOU) da Portaria DNAEE nº 769 de 25 de novembro daquele ano, foi criado formalmente o Grupo de Trabalho Belo Monte, com as seguintes finalidades:

- Reavaliação da configuração estabelecida no estudo de viabilidade do empreendimento de acordo com as diretrizes atuais do planejamento do setor elétrico, objetivando confirmar sua atratividade;
- Atualização preliminar dos estudos ambientais, hidrológicos e do orçamento de acordo com procedimentos do setor elétrico; e
- Análise de implantação do aproveitamento nos aspectos referentes a sua viabilização sócio-política, com indicação de procedimentos visando obter um relacionamento com a sociedade em busca de participação e apoio.

O grupo de trabalho – formado por ELETROBRÁS, ELETRONORTE e DNAEE – elaborou um relatório denominado "UHE Belo Monte – Relatório do Grupo de Trabalho", onde se desenvolveu um estudo preliminar sobre a proposição de modificação do arranjo anterior, apresentado nos estudos de viabilidade.

Esta modificação, denominada de "alternativa montante", consistia no deslocamento da barragem do Xingu na altura do sítio Bela Vista (Barragem do Juruá) para montante, na altura da Ilha Pimental, preservando-se os locais da geração (Usina de Belo Monte) e a potência instalada de 11.000 MW.

Para essa nova concepção, contudo, seria necessária a criação de dois canais de derivação que permitiriam, sem alterar as características energéticas do empreendimento, reduzir sensivelmente a área do reservatório de 1.225 km² para cerca de 440 km². Neste novo arranjo, a maioria dos diques de confinamento do reservatório entre os sítios Bela Vista e Belo Monte seria também mantida.

A FIGURA 4.2.3-1, apresentada a seguir, permite a comparação entre as áreas alagadas pelo empreendimento de Belo Monte no arranjo antigo (barramento do rio Xingu no sítio Bela Vista) e no projeto novo (barramento do rio Xingu no sítio Pimental).

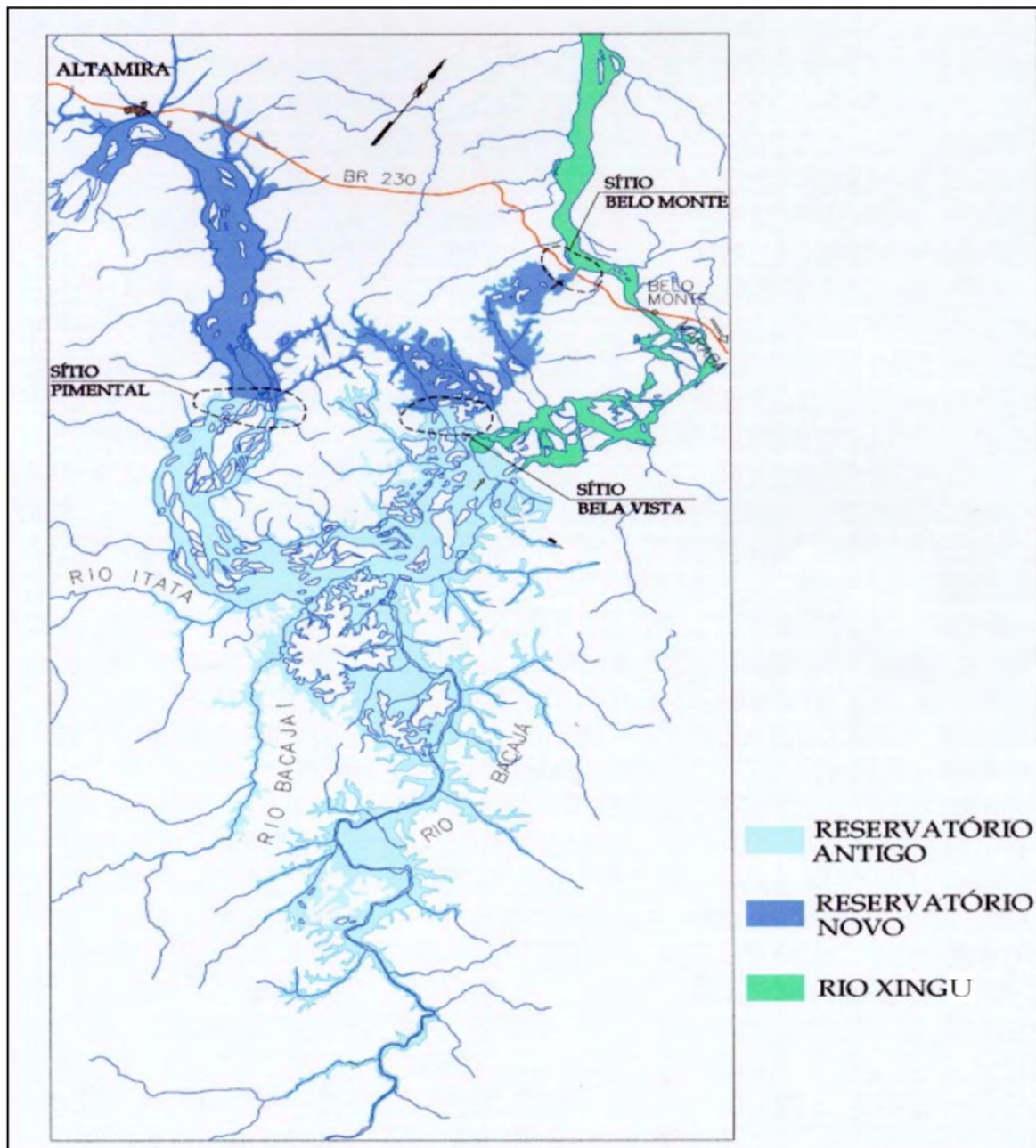


FIGURA 4.2.3-1 - Áreas alagadas pelo AHE Belo Monte com barramento do rio Xingu no sítio Bela Vista (arranjo antigo) e com barramento no sítio Pimental (arranjo atual)

O Relatório Final do Grupo de Trabalho Belo Monte, concluído em 1995 e encaminhado ao DNAEE nessa mesma época, continha as seguintes principais recomendações:

- Retomada imediata dos Estudos de Viabilidade do então CHE Belo Monte alternativa montante, independente da revisão dos Estudos de Inventário do rio Xingu, com duração estimada de 2 anos;
- Elaboração e implantação simultânea de um programa de viabilização sócio-política do empreendimento e dos programas de atividades de engenharia e estudos ambientais;
- Ação conjunta DNAEE, ELETROBRÁS e ELETRONORTE, com vistas à viabilização de recursos financeiros para execução dos trabalhos recomendados; e
- Elaboração de estudos energéticos, em conjunto com a ELETRONORTE e a ELETROBRÁS, com vistas a estimar as mínimas motorizações do CHE Belo Monte, a ser definida antes da retomada da revisão dos Estudos de Viabilidade.

e) Revisão do Estudo de Viabilidade de 1990

Em 1998, a ELETROBRÁS e a ELETRONORTE formularam um documento com a proposição de retomada dos estudos do aproveitamento de Belo Monte. Ainda nesse mesmo ano, a ELETROBRÁS solicitou autorização à ANEEL para, em conjunto com a ELETRONORTE, desenvolver os Estudos de Viabilidade do Aproveitamento Belo Monte – Alternativa de Montante. Em fevereiro de 1999, a Superintendência de Gestão dos Potenciais Hidráulicos da ANEEL deu abertura ao processo e registrou tal solicitação.

A partir de então, a ELETRONORTE realizou novos levantamentos na área (hidrometria, geotecnia, etc.) e estudos topográficos na região dos dois canais de derivação, que serviram de base para a confirmação da viabilidade técnica do arranjo alternativo de montante. Simultaneamente, foram preparadas documentações necessárias para possibilitar a realização dos Estudos Ambientais (EIA e RIMA) e dos Estudos de Viabilidade e Ambiental da UHE Belo Monte – Alternativa de Montante.

f) 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do AHE Belo Monte

A 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Complexo Hidrelétrico Belo Monte, atual AHE Belo Monte, foi decorrente do Acordo de Cooperação Técnica nº ECE – 1.386/00, de 19/12/2000, firmado pela ELETROBRÁS e ELETRONORTE.

Os estudos, que abrangeram atividades multidisciplinares, foram desenvolvidos no campo e no escritório no período de agosto de 2000 até fevereiro de 2002. Esta alternativa consistiu no deslocamento do barramento da calha principal do rio Xingu 70 km para montante do eixo estabelecido nos Estudos de Viabilidade da 1ª Etapa, desenvolvidos pela ELETRONORTE e CNEC - Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores, na introdução de uma Casa de Força Complementar, na implantação de um Vertedouro Complementar e na construção de Canais de Derivação, visando à redução da área do reservatório de 1.225 km² para 440 km².

Foram geradas informações e alternativas, com amplas e detalhadas avaliações técnicas, econômicas e construtivas, as quais permitiram definir a concepção final do então Complexo Hidrelétrico Belo Monte, compreendendo, além de outros elementos informativos de importância, a confirmação da potência a instalar, o dimensionamento das novas estruturas, o estabelecimento da infra-estrutura da obra, o uso múltiplo da água e os efeitos do reservatório e da derivação do rio sobre o meio ambiente, bem como os benefícios e custos associados.

O Acordo de Cooperação Técnica firmado pela ELETROBRÁS e pela ELETRONORTE estabeleceu os seguintes objetivos para a fase de atualização e complementação dos estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental:

- Analisar todos os aspectos técnicos, comerciais, financeiros, legais e ambientais do empreendimento de Belo Monte no rio Xingu, com potência instalada de 11.000 MW, visando à emissão, ao final dos trabalhos, do Relatório dos Estudos de Viabilidade a ser encaminhado para aprovação da ANEEL;
- Realizar estudos, contratar, conduzir, analisar, discutir e aceitar tecnicamente os documentos a serem elaborados por terceiros, em nível de estudos de viabilidade, EIA e RIMA e estudos ambientais necessários para obtenção da LP do mesmo empreendimento;
- Emitir o relatório dos Estudos de Viabilidade referentes ao empreendimento em questão e obter dos órgãos ambientais envolvidos a correspondente LP, de modo a possibilitar que a ANEEL pudesse providenciar o correspondente processo de outorga de concessão.

Conseqüentemente, os estudos desenvolvidos contemplaram os trabalhos de engenharia, meio ambiente e inserção regional necessários à completa definição dos arranjos gerais das obras civis, dos equipamentos eletromecânicos e do sistema de transmissão associado, e ainda:

- Estudos cartográficos;
- Estudos hidrometeorológicos;
- Estudos geológicos e geotécnicos e de materiais naturais de construção;
- Estudos de usos múltiplos da água;
- Estudos de efeitos ambientais e de inserção regional do empreendimento;
- Estudos de infra-estrutura;
- Estudos de arranjo geral;
- Estudos de detalhamento das estruturas ;
- Estudos eletromecânicos;
- Estudos de subestação e do sistema de transmissão associado;

- Estudos mercadológicos; e
- Formulação de orçamentos.

O conjunto de estudos desenvolvidos permitiu avaliar a viabilidade do então Complexo Hidrelétrico Belo Monte, com base em definições e resultados técnicos, econômicos e ambientais obtidos, ajustados às diretrizes e conceitos recomendados pelas instruções em vigor.

Em setembro de 2001, os estudos de impacto ambiental desenvolvidos paralelamente aos estudos de Estudos de Viabilidade nessa 2ª etapa foram paralisados em decorrência de embargo judicial obtido pelo Ministério Público Federal do Estado do Pará.

Em fevereiro de 2002, a ELETROBRÁS/ELETRONORTE encaminharam à ANEEL o documento “Complexo Hidrelétrico Belo Monte – Estudos de Viabilidade – Relatório Final”, não incluindo o capítulo referente aos Estudos Ambientais em decorrência do embargo judicial. Esses estudos não foram formalmente aprovados até o momento.

Há que se ressaltar que, a exemplo do EIA e do RIMA que estavam sendo desenvolvidos paralelamente aos estudos de Estudos de Viabilidade do CHE Belo Monte, os presentes estudos ambientais baseiam-se na caracterização do empreendimento objeto desta 2ª etapa dos estudos de engenharia para o projeto em questão.

4.2.3.2 Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu

Considerando a data da realização do estudo de inventário hidrelétrico da bacia hidrográfica (de 1975 a 1980) do rio Xingu e a legislação ora vigente, tornou-se necessária a revisão daqueles estudos de inventário, incorporando a solução proposta para o AHE Belo Monte na 2ª etapa de seus Estudos de Estudos de Viabilidade e reestudando o aproveitamento do trecho de montante do rio Xingu.

Neste novo contexto, segundo as orientações do Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas - ELETROBRÁS/DNAEE, 1997, deveria se passar a considerar como condicionantes ambientais as diversas Unidades de Conservação (UC's) e Terras Indígenas (TI's) existentes na bacia, sendo necessário definir uma partição de queda para o rio Xingu levando em conta não apenas os enfoques energéticos e econômicos, mas também e principalmente aqueles inerentes às questões socioambientais.

Neste sentido, em consonância foram executados os Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu, sendo os serviços de engenharia contratados em setembro de 2005 junto às empresas ENGEVIX Engenharia S.A., THEMAG Engenharia e Gerenciamento Ltda. e INTERTECHNE Consultores Associados S/C Ltda. Para a realização dos estudos ambientais correspondentes foi contratada a empresa ARCADIS Tetraplan.

Todos os serviços ficaram sob a gestão da CNEC Engenharia S.A, estando a Coordenação Geral dos serviços a cargo da ELETROBRÁS/ELETRONORTE.

Os estudos foram desenvolvidos tendo por base as recomendações do Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas, ELETROBRÁS/DNAEE, 1997, englobando a realização dos seguintes serviços:

- Coleta e análise de todo o material disponível de interesse;
- Inspeções de campo e levantamentos topográficos, batimétricos e hidrossedimentométricos complementares;
- Levantamento das condições geológico-geotécnicas regionais e locais, com realização de investigações;
- Diagnóstico ambiental;
- Avaliação dos impactos ambientais;
- Estudos energéticos;
- Desenvolvimento de arranjos dos empreendimentos;
- Estimativa dos custos globais e dos benefícios correspondentes;
- Estudos de alternativas de divisão de queda e seleção da melhor alternativa; e
- Elaboração de relatório final.

Os estudos realizaram um amplo diagnóstico das reais possibilidades acerca do aproveitamento hidroenergético da bacia hidrográfica do rio Xingu, evidenciando importantes subsídios que levaram a sólidas conclusões, ratificando a atratividade do sítio previsto para a instalação do AHE Belo Monte, independentemente de outros aproveitamentos a montante na bacia do rio Xingu.

Dentro do amplo e complexo espaço geográfico configurado pela bacia hidrográfica do rio Xingu, os estudos desenvolveram-se segundo premissas básicas que procuravam levar em conta as características específicas da bacia. Duas grandes restrições se evidenciaram: (i) uma delas resultante da fisiografia dos terrenos, uma vez que, à exceção da Volta Grande do Xingu, prevalece relevo relativamente suave o que se reflete na extensão dos possíveis reservatórios; e (ii) as características socioambientais, resultantes da integridade dos ecossistemas, da presença de Terras Indígenas e de Unidades de Conservação, cujos objetivos são difíceis de compatibilizar com usos que impliquem perda de terrenos ou alterações significativas nos ecossistemas que as compõem.

As citadas restrições nortearam o estabelecimento das premissas básicas para o desenvolvimento dos estudos de atualização do inventário, entre as quais se destacam:

- Investigação apenas no curso principal do rio Xingu, deixando de fora o rio Iriri, principal afluente pela margem esquerda, em função de sua localização em relação às Terras Indígenas e Unidades de Conservação; e
- Concepção de alternativas de divisão de queda levando em consideração as fortes restrições ambientais existentes, permitindo avaliar as possibilidades de aproveitamento do potencial hidrelétrico do rio Xingu a montante do sítio do AHE Belo Monte.

Neste contexto, e considerando que o parágrafo 3º do artigo 231 da Constituição Federal, especificamente no que se refere ao aproveitamento dos recursos hídricos em Terras

Indígenas, ainda não está regulamentado, foram consideradas: alternativas de divisão de queda com aproveitamentos de baixa queda operando preferencialmente ao fio d'água; alternativas de divisão de queda que, objetivando definir uma condição de contorno entre a exploração do potencial hidrelétrico da bacia e a interferência direta nas TI's ou UC's, admitiriam que os trechos finais dos remansos dos reservatórios inundassem alguma fração de TI's; e alternativa de divisão de queda não admitindo nenhuma inundação de TI's ou de UC's.

Conforme pontuado anteriormente, os estudos de atualização do inventário hidrelétrico do rio Xingu concluíram pela recomendação, como divisão de queda para o aproveitamento hidrelétrico da bacia, de um único degrau localizado na Volta Grande do Xingu, mantendo todas as características estabelecidas nos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte concluídos em fevereiro de 2002.

Os estudos de atualização do inventário em questão foram aprovados recentemente pela ANEEL, sendo esta aprovação objeto do Despacho nº 2.756, publicado em 28/07/08 no Diário Oficial da União.

4.2.4 Descrição do Empreendimento

4.2.4.1 Localização

O AHE Belo Monte, objeto do presente EIA, é o empreendimento projetado para a região Norte do Brasil, no rio Xingu, afluente pela margem direita do rio Amazonas, no estado do Pará. Localiza-se na área denominada de Volta Grande do rio Xingu, entre os paralelos 3°00' e 3°40'S e os meridianos 51°30' e 52°30'W, conforme pode ser visualizado na **FIGURA 4.2.4-1**.

Considerando-se o conjunto de todas as estruturas componentes de seu arranjo geral – aqui incluindo-se também o reservatório –, o empreendimento ocupará terras dos municípios de Vitória do Xingu, Altamira e Brasil Novo, também como pode ser observado na **FIGURA 4.2.4-1** supracitado.

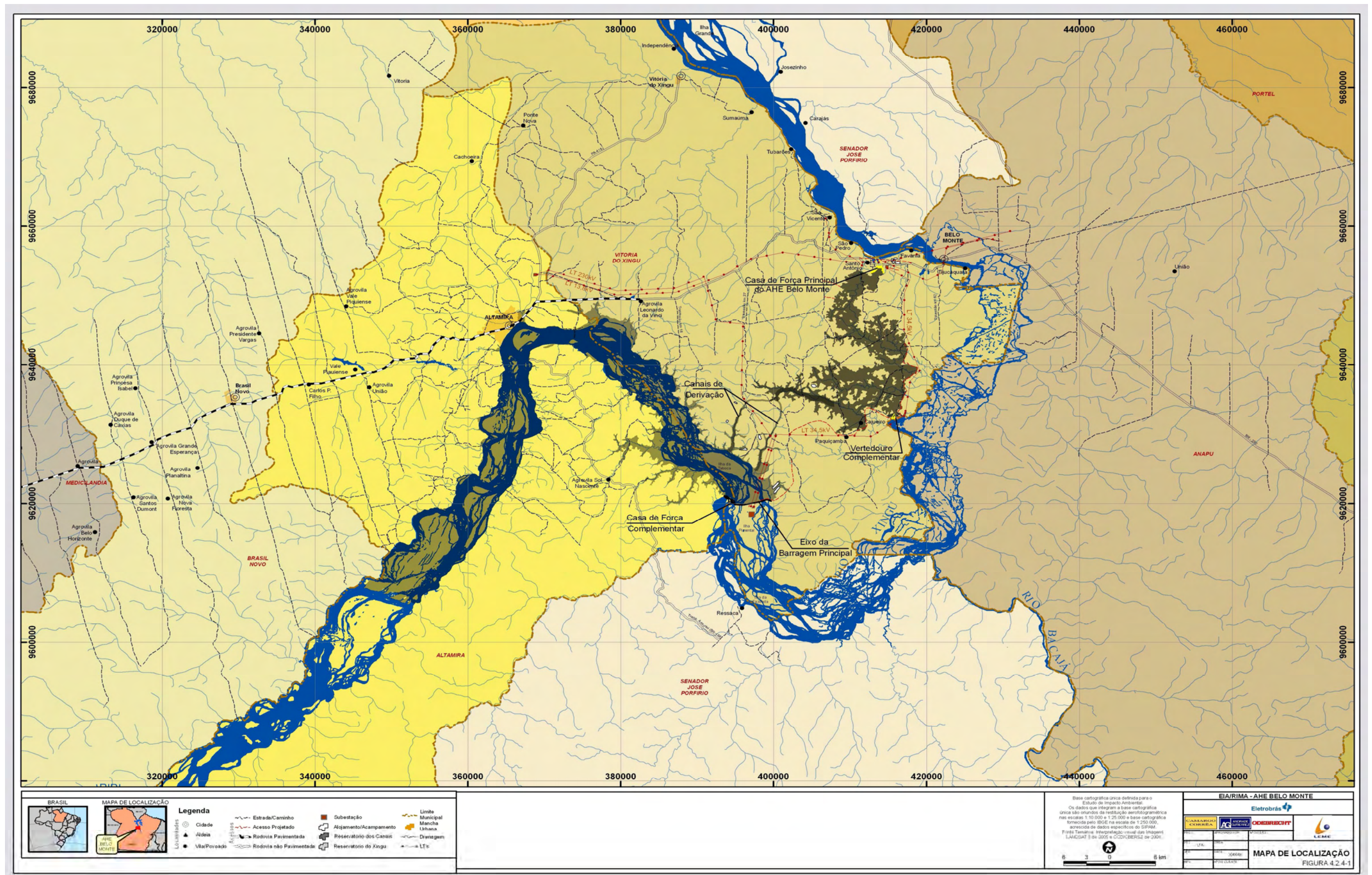


FIGURA 4.2.4-1 – Mapa de Localização

O eixo da Barragem Principal situa-se no rio Xingu, cerca de 40 km a jusante da cidade de Altamira (**FIGURA 4.2.4-2**), seguindo-se o encaminhamento pelo rio. O Canal de Fuga da Casa de Força Principal localiza-se cerca de 9,5 km a jusante da vila de Belo Monte (**FIGURA 4.2.4-3**), situada no município de Vitória do Xingu.

O principal acesso à região prevista para implantação do AHE Belo Monte se dá através da BR-230, Rodovia Transamazônica, havendo também possibilidade de acesso ao local da Casa de Força Principal por via fluvial, desde o porto de Belém, no litoral norte brasileiro, até a vila de Belo Monte, situada às margens do rio Xingu, que é inteiramente navegável desde sua foz até o local deste núcleo urbano.



FIGURA 4.2.4-2 - Vista aérea da cidade de Altamira e do rio Xingu



FIGURA 4.2.4-3 - Vista aérea da vila de Belo Monte e rodovia Transamazônica nas duas margens do rio Xingu

4.2.4.2 Considerações Gerais

a) A Respeito das Características Gerais do Empreendimento

Há que se ressaltar, inicialmente, que todas as características do AHE Belo Monte apresentadas neste capítulo são aquelas constantes dos Estudos de Viabilidade protocolados junto à ANEEL, conforme histórico do empreendimento constante do item 4.2.3 deste EIA.

Observa-se, no entanto, que a partir do refinamento da base cartográfica elaborada para subsidiar o presente EIA, assunto abordado em detalhes no Capítulo 6 “Definição das Áreas de Influência”, chegou-se a alterações de características de alguns componentes do empreendimento em relação àquelas descritas nos Estudos de Viabilidade sem, no entanto, serem alterados o arranjo geral do empreendimento, a função de suas estruturas e, por conseguinte, os aspectos geradores de impactos ambientais. Neste sentido, a presente caracterização do AHE Belo Monte é feita exclusivamente com base no conteúdo dos Estudos de Viabilidade supracitados, conforme acima citado, especificando-se as alterações acima mencionadas no subitem a.1.

Em linhas gerais, o aproveitamento hidrelétrico projetado compreende um barramento principal no rio Xingu (no local denominado, nos Estudos de Viabilidade, de Sítio Pimental), de onde as vazões são derivadas por canais para que a geração de energia possa ser realizada no Sítio Belo Monte, local distante 50 km por estrada, favorecendo-se, desse modo, de uma queda com cerca de 90 m de altitude. Resultante dessa configuração, formar-se-á um trecho de cerca de 100 km de extensão (vide subitem a.2) no rio Xingu a ser submetido a uma vazão residual, que será também aproveitada para geração de energia em uma Casa de Força complementar, localizada junto à Barragem Principal.

Conforme abordado anteriormente, o eixo da Barragem Principal está projetado para cerca de 40 km a jusante da cidade de Altamira, no rio Xingu. O Canal de Fuga da Casa de Força principal localiza-se cerca de 9,5 km a jusante da vila de Belo Monte.

O reservatório terá Nível Máximo Normal de operação na cota 97,0 m, apresentando, na realidade, dois compartimentos distintos: um a ser formado na calha do rio Xingu, que compreende a área de inundação deste corpo hídrico na cota 97,0 m; e outro configurado a partir de dois canais de derivação, conduzindo as vazões desviadas do rio Xingu até a Casa de Força Principal. Em acordo com esta configuração, estes dois compartimentos serão denominados neste EIA, respectivamente, de “Reservatório do Xingu” e de “Reservatório dos Canais”.

O AHE Belo Monte foi projetado para uma geração a fio d'água, isto é, o acionamento das turbinas depende essencialmente das vazões naturais afluentes às Casas de Força, uma vez que o reservatório (tanto o compartimento do Xingu quanto aquele dos canais) não tem capacidade de acumulação.

A Casa de Força Principal, a ser construída no Sítio Belo Monte, terá uma potência instalada de 11.000 MW a partir da instalação de 20 unidades geradoras tipo Francis, com eixo vertical e potência unitária de 550 MW. A Casa de Força Complementar terá potência instalada de 181,3 MW a partir da instalação de 7 turbinas tipo Bulbo, com potência unitária de 25,9 MW.

a.1) Alterações nas Áreas dos Reservatórios em Função do Refinamento da Base Cartográfica

A área do reservatório do AHE Belo Monte apresentada nos Estudos de Viabilidade totaliza cerca de 440 km², sendo 333 km² e 107 km² para o reservatório do Xingu e para o reservatório dos canais, respectivamente. Estes valores foram obtidos a partir da restituição aerofotogramétrica na escala de 1:25.000 (**FIGURA 4.2.4-4**).

Entretanto, os processamentos e as análises computacionais dos dados altimétricos dessa restituição e da nova restituição aerofotogramétrica 1:10.000 produzida posteriormente à conclusão dos Estudos de Viabilidade, a partir de sobrevôos realizados em 2002 e 2004, indicam uma área total do espelho d'água de 516 km², sendo 382 km² para o Reservatório do Xingu e 134 km² para o Reservatório dos Canais. A área do Reservatório dos Canais inclui também a área projetada dos dois Canais de Derivação (**FIGURA 4.2.4-4**). Estes valores, por serem portanto resultantes de um refinamento/atualização da base cartográfica (vide Capítulo 6 deste EIA) em relação àquela utilizada para os Estudos de Viabilidade, foram aqueles considerados no âmbito do presente EIA e base, por conseguinte, para a delimitação das áreas de influência dos estudos ambientais, mapeamentos diagnósticos temáticos e integrados e consequente identificação e avaliação de impactos.

Conforme pode ser depreendido a partir da **FIGURA 4.2.4-4**, na análise espacial comparativa dos espelhos d'água dos dois reservatórios (Estudos de Viabilidade e do EIA), observa-se uma maior área de inundação no reservatório do EIA nas regiões próximas ao Sítio Pimental e nos braços do Reservatório dos Canais.

No trecho correspondente ao futuro Reservatório dos Canais, a área da calha do rio Xingu na sua condição natural, incluindo as ilhas, é de 421 km². A área das ilhas é de 210 km². Portanto, a área da lâmina d'água no rio Xingu é de 211 km² (período seco na restituição 1:10.000).

Há que se observar que, conforme exposto anteriormente, as alterações verificadas não invalidam o arranjo geral do empreendimento, as características das estruturas que o compõem e da infra-estrutura de suporte à construção e a definição e a avaliação dos denominados aspectos ambientais associados ao AHE Belo Monte aos quais está associado um potencial de geração de impactos nas diferentes áreas de influência consideradas nos estudos ambientais.

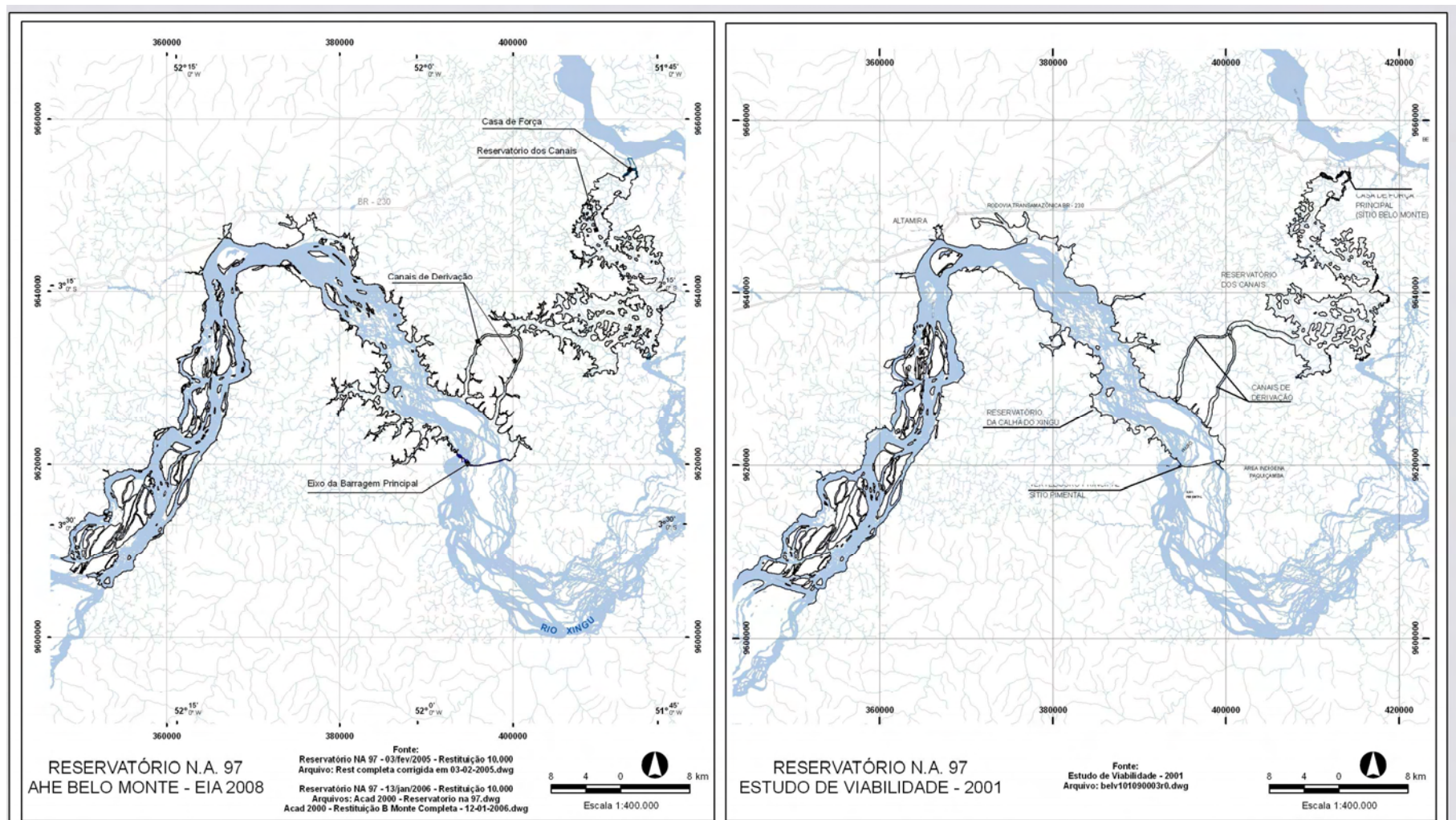


FIGURA 4.2.4-4 – Comparação entre os Setores do Reservatório do AHE Belo Monte – EIA (2008) e Estudos de Viabilidade (2002)

a.2) Extensão do Trecho de Vazão Reduzida Considerada no EIA

A extensão do trecho de vazão reduzida (TVR) apresentada nos Estudos de Viabilidade é de cerca de 130 km. A utilização de técnicas de geoprocessamento das bases cartográficas atuais e de processamento digital de imagens de satélite do rio Xingu indicam, nestes estudos, uma extensão aproximada de 100 km.

A diferença entre esses valores deve estar relacionada ao critério utilizado para as medições. Provavelmente, no estudo de viabilidade a extensão do TVR foi medida ao longo do canal preferencial de escoamento no período de estiagem (época de obtenção das fotografias aéreas que dão origem às bases cartográficas), enquanto que no presente estudo utilizou-se a medição ao longo da porção central da calha do rio Xingu observável nas imagens de satélite do final do período de cheia.

O critério de medição na porção central da calha é o mais indicado, pois não apresenta a influência das vazões que modificam a extensão e forma dos canais preferenciais de escoamento entre os pedrais que compõem esse trecho. A conformação e a extensão de alguns desses canais do rio Xingu dependem da vazão considerada no momento da medição, sendo que quanto menor a vazão, maiores são as suas extensões, pois parte das direções de escoamento da água nesses canais passa a ser controlada pelas fraturas rochosas existentes na região dos pedrais. Nesse sentido, o valor de 100 km será aquele sempre referenciado neste EIA quando for mencionada a extensão do TVR.

O canal principal de navegação e/ou escoamento, identificado em campo, nas cartas topográficas 1:100.000, na imagem de satélite com vazão de 680 m³/s e na restituição aerofotogramétrica 1:25.000, apresenta uma extensão aproximada de 130 km até a Cachoeira Grande (**FIGURA 4.2.4-5**). Este local marca o final da região de predomínio dos pedrais e o início da bacia sedimentar do Amazonas. Dessa cachoeira até o local previsto para a restituição da vazão tem-se ainda mais 13 km de extensão. Cabe ressaltar que esse último trecho está também sujeito à interferência da maré nos períodos de estiagem. Entretanto, a maioria desses canais preferenciais de escoamento e os pedrais adjacentes são totalmente encobertos pela água com vazões do rio Xingu superiores a 7.800 m³/s.

A **FIGURA 4.2.4-6** permite observar a diferença entre o trajeto ao longo do Trecho de Vazão Reduzida que leva à extensão de 100 km, tomando como referência a calha central do rio Xingu, e aquele que conduz à extensão de 130 km, ao longo do canal preferencial de escoamento até a Cachoeira Grande, e de mais 13 km, até ao Canal de Fuga da Casa de Força Principal.



FIGURA 4.2.4-5 - Cachoeira Grande, situada no final da região com predomínio dos pedrais

a.3) Ficha Técnica do AHE Belo Monte

Apresenta-se, no **QUADRO 4.2.4-1**, a ficha técnica do AHE Belo Monte constante dos Estudos de Viabilidade, observando-se que foram efetuadas as devidas alterações no tocante às áreas dos reservatórios, conforme exposto no subitem a.1. A **FIGURA 4.2.4-7** possibilita a visualização das estruturas componentes do arranjo geral do empreendimento, as quais são também aí georreferenciadas. Observa-se, ainda, que cada uma dessas estruturas será abordada em detalhes no bojo de itens subsequentes deste capítulo de Descrição do Empreendimento.

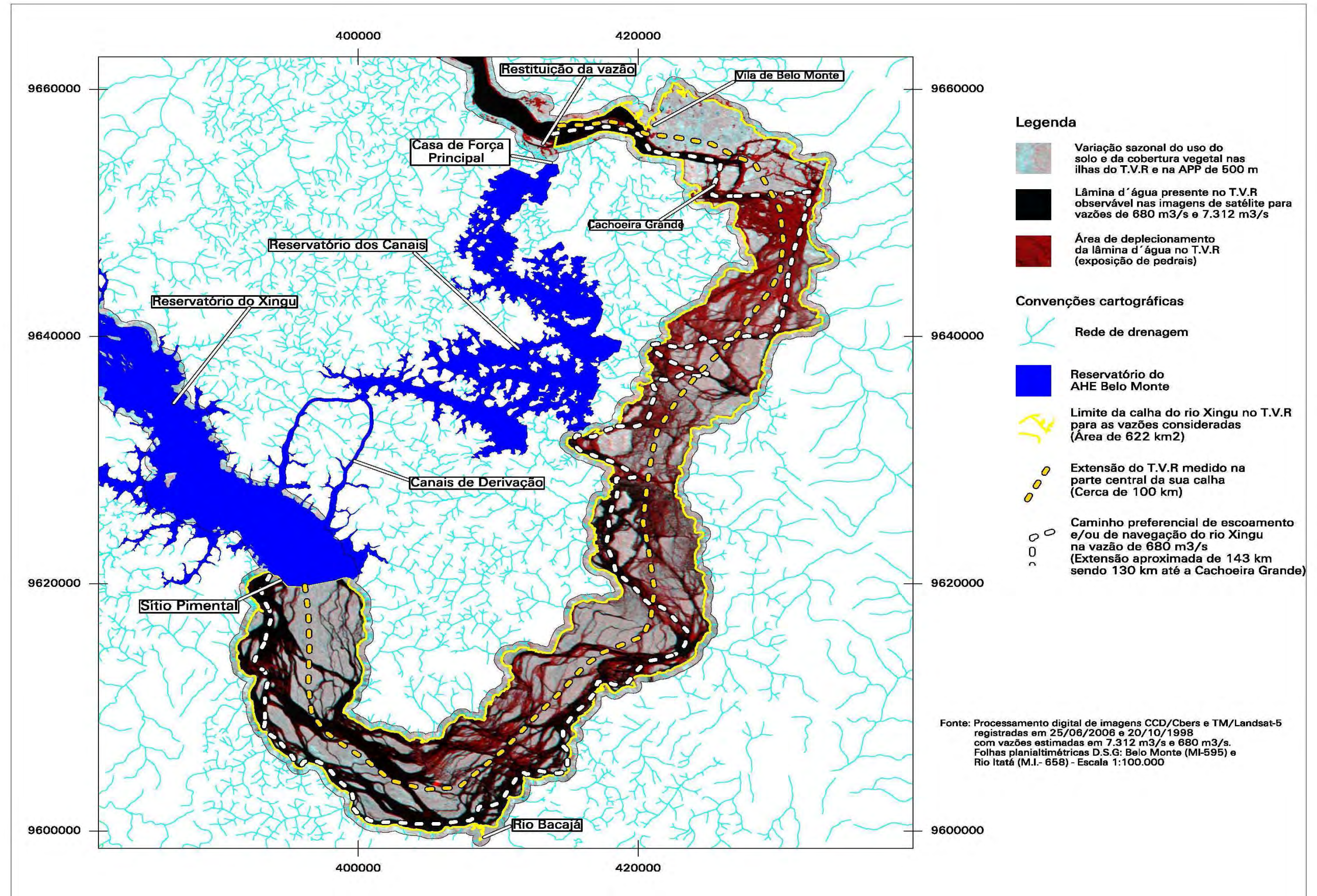


FIGURA 4.2.4-6 - Trecho de Vazão Reduzida (TVR)

QUADRO 4.2.4-1

Características Técnicas Principais do AHE Belo Monte

Continua

COMPLEXO HIDRELÉTRICO BELO MONTE																				
EMPRESA:		ELETRONORTE/ELETROBRÁS																		
POTÊNCIA INSTALADA:		11.181		MW																
ETAPA:		ESTUDOS DE VIABILIDADE																		
1. LOCALIZAÇÃO																				
RIO:		XINGU			SUB-BACIA:		RIO XINGU			BACIA:		RIO AMAZONAS								
LAT.:		3° 07'35"S		DISTÂNCIA DA FOZ:		MUNICÍPIO M. DIR.:ALTAMIRA, SENADOR JOSÉ PORFÍRIO, ANAPÚ						UF:PA								
LONG.:		51° 46'30"W		km		MUNICÍPIO M. ESQ.:ALTAMIRA, VITÓRIA DO XINGU						UF:PA								
2. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS																				
POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA																				
COD.:		18.850.000		NOME:		Altamira		RIO:		Xingu		AD:	446.573	km²						
COD.:				NOME:				RIO:				AD:	-	km²						
ÁREA DE DRENAGEM DO BARRAMENTO:				447.719		km²		VAZÃO FIRME (95%):				939		m³/s						
PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (BACIA):				1.871		mm		VAZÃO MÁX. REG. (...):				-		m³/s						
PRECIPITAÇÃO MÉD ANUAL (RESERVATÓRIO):				1.891		mm		VAZÃO MÍN. REG. (...):				-		m³/s						
EVAPORAÇÃO MÉDIA ANUAL (RESERVATÓRIO):				1.575		mm		VAZÃO MÍN. MÉDIA MENSAL				444		m³/s						
VAZÃO MLT (PER.1931a2000):				7.851		m³/s		VAZÃO DE PROJETO (TR.10.000 ANOS):				61.889		m³/s						
								VAZÃO OBRAS DESVIO (TR.75 ANOS):				38.960		m³/s						
VAZÕES MÍNIMAS MÉDIAS MENSALIS (m³/s)																				
JAN		FEV		MAR		ABR		MAI		JUN		JUL		AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
2.516		5.653		9.561		9.817		6.587		2.872		1.417		908		477		444	605	1.167
EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm) - Reservatório																				
JAN		FEV		MAR		ABR		MAI		JUN		JUL		AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
128		112		123		126		131		124		123		138		136		146	142	143
DIAS DE CHUVA (MÉDIA MENSAL - p ≥0,1 mm)																				
JAN		FEV		MAR		ABR		MAI		JUN		JUL		AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
19		20		23		19		17		10		7		4		4		5	5	11
3. RESERVATÓRIO DA CALHA DO XINGU																				
N.A. DE MONTANTE						VOLUMES														
MÍN. NORMAL:				97,00		m		NO N.A. MÁX. NORMAL:				2.069		x 10⁶ m³						
MÁX. NORMAL:				97,00		m		ÚTIL:				-		x 10⁶ m³						
MÁX. MAXIMORUM:				97,50		m		ABAIXO DA SOLEIRA DO VERTEDOURO PRINCIPAL:				24,2		x 10⁶ m³						
N.A. DE JUSANTE						OUTRAS INFORMAÇÕES														
MÍNIMO:				81,80		m		VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO:				> 100		anos						
MÁX. NORMAL:				86,80		m		VAZÃO REG. LÍQ. (PER. CRIT.):				-		m³/s						
MÁX. EXCEPCIONAL:				93,40		m		COEF. DE REG. (VAZÃO REG/VAZÃO MÉDIA):				-		%						
ÁREAS INUNDADAS						PERÍMETRO DO RESERVATÓRIO:						361		km						
NO N.A. MÁX. MAXIMORUM:				não aplicada				PROFUNDIDADE MÉDIA:				6,2		m						
NO N.A. MÁX. NORMAL:				382		km² (1)		TEMPO DE FORMAÇÃO DO RESERVATÓRIO (ATÉ A COTA 91,0m):				2		dias						
NO N.A. MÍN. NORMAL:				382		km² (1)		TEMPO DE RESIDÊNCIA:				5,6		dias						

Nota (1) : Conforme subitem a.1, a área de inundação constante dos Estudos de Viabilidade era de 333 km², sendo a alteração para 382 km² resultante de refinamento na base cartográfica utilizada para o EIA.

Fonte: Modificado de Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

QUADRO 4.2.4-1
Características Técnicas Principais do AHE Belo Monte

Continuação

3A. RESERVATÓRIO DOS CANAIS									
NA DE MONTANTE					VOLUMES				
MÍN. NORMAL:		96,00	m		NO N.A. MÁX. NORMAL:		1.889	x 10 ⁶ m ³	
MÁX. NORMAL:		97,00	m		ÚTIL:		-	x 10 ⁶ m ³	
MÁX. MAXIMORUM:		97,00	m		ABAIXO DA SOLEIRA DO VERTEDOURO:		301	x 10 ⁶ m ³	
N.A. DE JUSANTE					OUTRAS INFORMAÇÕES				
MÍNIMO:		2,00	m		VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO:		>100	anos	
MÁX. NORMAL:		7,90	m		VAZÃO REG. LÍQ. (PER. CRIT. f.....):		-	m ³ /s	
MÁX. EXCEPCIONAL:		12,10	m		COEF. DE REG. (VAZÃO REG/VAZÃO MÉDIA):		-	%	
ÁREAS INUNDADAS					PERÍMETRO DO RESERVATÓRIO:		268	km	
NO N.A. MÁX. MAXIMORUM:		134	km ²	(2)	PROFUNDIDADE MÉDIA:		17,6	m	
NO N.A. MÁX. NORMAL:		134	km ²	(2)	TEMPO DE FORMAÇÃO DO RESERVATÓRIO:		20	dias	
NO N.A. MÍN. NORMAL:		102	km ²		TEMPO DE RESIDÊNCIA:		5,6	dias	
USINA HIDRELÉTRICA :									
4. DESVIO - PIMENTAL - 1ª FASE									
TIPO:	CALHA NATURAL ESTRANGULADA				ESCAVAÇÃO COMUM:			m ³	
VAZÃO DE DESVIO (TR: 75 anos):		38.960	m ³ /s		ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:			m ³	
TÚNEIS/CANAIS/GALERIAS					ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:			m ³	
NÚMERO DE UNIDADES:					CONCRETO (CONVENCIONAL/CCR):			m ³	
SEÇÃO:			m ²		ENSECADEIRA:		3.530.000	m ³	
COMPRIMENTO:			m						
4A. DESVIO - PIMENTAL - 2ª FASE									
TIPO:	VERTEDOURO PRINCIPAL				ESCAVAÇÃO COMUM:			m ³	
VAZÃO DE DESVIO (TR: 25 anos):		33.812	m ³ /s		ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:			m ³	
TÚNEIS/CANAIS/GALERIAS					ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:			m ³	
NÚMERO DE UNIDADES:					CONCRETO (CONVENCIONAL/CCR):			m ³	
SEÇÃO:			m ²		ENSECADEIRA:		1.495.000	m ³	
COMPRIMENTO:			m						
5. BARRAGENS - BELO MONTE									
TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL:	BARRAGEM HOMOGÊNEA E MISTA				ENROCAMENTO:		12.834.420	m ³	
COMP. TOTAL DA CRISTA:		3.545,00	m		ATERRO COMPACTADO:		11.761.837	m ³	
ALTURA MÁXIMA:		90,00	m		FILTROS E TRANSIÇÕES:		760.590	m ³	
COTA DA CRISTA:		99,00	m		CONCRETO(CONVENCIONAL/CCR):			m ³	
					VOLUME TOTAL:		25.356.847	m ³	
5A. BARRAGEM BELA VISTA									
TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL:	BARRAGEM HOMOGÊNEA E MISTA				ENROCAMENTO:		76.800	m ³	
COMP. TOTAL DA CRISTA:		351,00	m		ATERRO COMPACTADO:		143.700	m ³	
ALTURA MÁXIMA:		33,00	m		FILTROS E TRANSIÇÕES:		19.000	m ³	
COTA DA CRISTA:		99,00	m		CONCRETO(CONVENCIONAL/CCR):			m ³	
					VOLUME TOTAL:		239.500	m ³	
5B. BARRAGEM PIMENTAL									
TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL:	BARRAGEM HOMOGÊNEA E MISTA				ENROCAMENTO:		885.150	m ³	
COMP. TOTAL DA CRISTA:		6.248,00	m		ATERRO COMPACTADO:		3.334.377	m ³	
ALTURA MÁXIMA:		36,00	m		FILTROS E TRANSIÇÕES:		548.997	m ³	
COTA DA CRISTA:		100,00	m		CONCRETO(CONVENCIONAL/CCR):			m ³	
					VOLUME TOTAL:		4.768.524	m ³	
6. DIQUES - BELO MONTE									
TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL:	SEÇÃO HOMOGÊNEA EM SOLO				ENROCAMENTO:		124.285	m ³	
COMP. TOTAL DA CRISTA:		10.689,00	m		ATERRO COMPACTADO:		10.148.840	m ³	
ALTURA MÁXIMA:		59,00	m		FILTROS E TRANSIÇÕES:		33.690	m ³	
COTA DA CRISTA:		99,00	m		CONCRETO (CONVENCIONAL/CCR):			m ³	
					VOLUME TOTAL:		10.306.815	m ³	

Nota (2) : Conforme subitem a.1, a área de inundação constante dos Estudos de Viabilidade era de 107 km², sendo a alteração para 134 km² resultante de refinamento na base cartográfica utilizada para o EIA.

Fonte: Modificado de Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

QUADRO 4.2.4-1

Características Técnicas Principais do AHE Belo Monte

Continuação

6A. DIQUES – BELA VISTA											
TIPO DE ESTRUTURAMATERIAL:	SEÇÃO HOMOGÊNEA EM SOLO					ENROCAMENTO:					163.828 m³
COMP. TOTAL DA CRISTA:				3.271,00	m	ATERRO COMPACTADO:					17.057.610 m³
ALTURA MÁXIMA:				31,00	m	FILTROS E TRANSIÇÕES:					70.212 m³
COTA DA CRISTA:				99,00	m	CONCRETO (CONVENCIONAL/CCR):					m³
						VOLUME TOTAL:					17.291.650 m³
7. VERTEDEIRO PRINCIPAL											
TIPO:						ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:					m³
CAPACIDADE:				47.400	m³/s	CONCRETO (CONVENCIONAL):					206.479 m³
COTA DA SOLEIRA:				80	m	COMPORTAS					
COMPRIMENTO TOTAL:				420	m	TIPO: SEGMENTO					
NÚMERO DE VÃOS:				17		ACIONAMENTO: HIDRÁULICO					
LARGURA DO VÃO:				20	m	LARGURA:					20,0 m
ESCAVAÇÃO COMUM:				239.390	m³	ALTURA:					17,00 m
ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:				1.154.572	m³	ESTRUTURA DE DISSIPAÇÃO DE ENERGIA:					Bacia convencional
7A. VERTEDEIRO COMPLEMENTAR											
TIPO:						ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:					m³
CAPACIDADE:				14.600	m³/s	CONCRETO (CONVENCIONAL/CCR):					47.229 m³
COTA DA SOLEIRA:				76	m	COMPORTAS					
COMPRIMENTO TOTAL:				95	m	TIPO: SEGMENTO					
NÚMERO DE VÃOS:				4		ACIONAMENTO: HIDRÁULICO					
LARGURA DO VÃO:				20	m	LARGURA:					20,00 m
ESCAVAÇÃO COMUM:				3.259.560	m³	ALTURA:					22,20 m
ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:				174.710	m³	ESTRUTURA DE DISSIPAÇÃO DE ENERGIA:					Calha natural
8. SISTEMA ADUTOR											
CANALIS DE ADUÇÃO						TOMADA D'ÁGUA PRINCIPAL					
COMPRIMENTO:				40.000	m	TIPO:					
LARGURA OU SEÇÃO: VARIÁVEL DE 160 A 400m						COMPRIMENTO TOTAL:					660 m
ESCAVAÇÃO COMUM:				132.022.200	m³	NÚMERO DE VÃOS:					20
ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:				44.582.900	m³	ESCAVAÇÃO COMUM:					807.000 m³
CONCRETO:				1.113.000	m³	ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:					1.009.000 m³
CONDUTO FORÇADO						CONCRETO (CONVENCIONAL/CCR):					1.237.800 m³
DIÂMETRO INTERNO:				11,2	m	COMPORTAS					
NÚMERO DE UNIDADES:				20		TIPO: VAGÃO					
COMPRIMENTO MÉDIO:				113	m	ACIONAMENTO: HIDRÁULICO					
ESCAVAÇÃO COMUM:					m³	LARGURA:					9,6 m
ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:					m³	ALTURA:					14,3 m
CONCRETO					m³	TOMADA D'ÁGUA COMPLEMENTAR					
						TIPO:					
						COMPRIMENTO TOTAL:					98 m
						NÚMERO DE VÃOS:					7
						ESCAVAÇÃO COMUM:					1.140 m³
						ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:					13.060 m³
						CONCRETO:					28.680 m³
						COMPORTAS:					montadas a jusante
						TIPO: VAGÃO					
						ACIONAMENTO: HIDRÁULICO					
						LARGURA:					9,6 m
						ALTURA:					9,15 m
9. CASA DE FORÇA PRINCIPAL											
TIPO: ABRIGADA											
Nº DE UNIDADES GERADORAS				20		ESCAVAÇÃO COMUM:					757.000 m³
LARG. DOS BLOCOS DAS UNIDADES:				33	m	ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:					2.802.000 m³
LARG. DA ÁREA DE MONTAGEM:				148	m	ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:					5.000 m³
COMPRIMENTO TOTAL:				808	m	CONCRETO					1.171.000 m³

Fonte: Modificado de Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS / ELETRONORTE, 2002

QUADRO 4.2.4-1

Características Técnicas Principais do AHE Belo Monte

Conclusão

10. TURBINAS									
TIPO: FRANCIS EIXO VERTICAL									
POTÊNCIA UNIT. NOMINAL:				560	MW	VAZÃO UNITÁRIA NOMINAL:			695 m³/s
ROTAÇÃO SÍNCRONA:				85,71	rpm	RENDIMENTO MÁXIMO:			96 %
QUEDA DE PROJETO:				89,3	m	PESO TOTAL POR UNIDADE:			20.000 kN
10A. TURBINAS - COMPLEMENTAR									
TIPO: BULBO									
POTÊNCIA UNIT. NOMINAL:				26,4	MW	VAZÃO UNITÁRIA NOMINAL:			253 m³/s
ROTAÇÃO SÍNCRONA:				109,09	rpm	RENDIMENTO MÁXIMO:			94,5 %
QUEDA DE PROJETO:				13,1	m	PESO TOTAL POR UNIDADE:			3000 kN
11. GERADORES									
POTÊNCIA UNIT. NOMINAL				649	MVA	RENDIMENTO MÁXIMO:			98,2 %
ROTAÇÃO SÍNCRONA:				85,71	rpm	FATOR DE POTÊNCIA:			0,85
TENSÃO NOMINAL:				19	kV	PESO TOTAL POR UNIDADE:			27.200 kN
11A. GERADORES - COMPLEMENTAR									
POTÊNCIA UNIT. NOMINAL				27,3	MVA	RENDIMENTO MÁXIMO:			98 %
ROTAÇÃO SÍNCRONA:				109,09	rpm	FATOR DE POTÊNCIA:			0,95
TENSÃO NOMINAL:				13,8	kV	PESO TOTAL POR UNIDADE:			1.770 kN
12. OBRAS ESPECIAIS									
TIPO: PORTO DA OBRA						ESC EM ROCHA SUBTERRÂNEA:			m³
ESCAVAÇÃO COMUM:				6.000	m³	CONCRETO (CONVENCIONAL):			600 m³
ESC EM ROCHA A CÉU ABERTO:				1.000	m³				
13. CRONOGRAMA - PRINCIPAIS FASES									
INÍCIO DAS OBRAS PRINCIPAIS ATÉ DESVIO:				38	mês	OBRAS PRINCIPAIS TOTAL:			118 mês
DESVIO ATÉ FECHAMENTO:				12	mês	MONT. ELETROMECÂNICA OBRAS PRINC.			94 mês
FECHAMENTO ATÉ GERAÇÃO				3	mês				
14. CUSTOS - (x 10³ R\$)									
OBRAS CIVIS:				2.839.299		CUSTO TOTAL S/ JDC:			7.514.981
EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS:				2.927.817		JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO:			2.095.176
MEIO AMBIENTE:				476.182		CUSTO TOTAL C/JDC:			9.610.157
OUTROS CUSTOS + EVENTUAIS:				766.089		CUSTO DE OPERAÇÃO + MANUTENÇÃO			
CUSTO DIRETO TOTAL:				7.009.387		DATA DE REFERÊNCIA (mês/ano):			Jun01
CUSTOS INDIRETOS:				505.594		TAXA DE CÂMBIO (R\$/US\$):			R\$2,38=1US\$
15. ESTUDOS ENERGÉTICOS - USINA PRINCIPAL									
QUEDA BRUTA MÁXIMA:				93,7	m	ENERGIA FIRME:			4.719 MW médio
QUEDA DE REFERÊNCIA:				87,5	m	CUSTO ÍNDICE (COMPLEXO)			361 US\$/kW
POTÊNCIA DA USINA:				11.000	MW	CUSTO DA ENERGIA GERADA (COMPLEXO)	12,4		US\$/MWh
15A. ESTUDOS ENERGÉTICOS - USINA COMPLEMENTAR									
QUEDA BRUTA MÁXIMA:				12,2	m	ENERGIA FIRME:			77 MW médio
QUEDA DE REFERÊNCIA:				11,4	m	CUSTO ÍNDICE (COMPLEXO)			361 US\$/kW
POTÊNCIA DA USINA:				181	MW	CUSTO DA ENERGIA GERADA (COMPLEXO)	12,4		US\$/MWh
16. VOLUMES TOTAIS									
CONCRETO CONVENCIONAL:				4.010.540	X10³ m³	ESCAVAÇÃO COMUM:			150.725.045 X10³ m³
CONCRETO COMPACTADO A ROLO:				344.940	X10³ m³	ESCAVAÇÃO EM ROCHA:			59.335.830 X10³ m³
ENROCAMENTO:				19.411.962	X10³ m³	ESCAVAÇÃO SUBTERRÂNEA:			X10³ m³
SOLO:				42.446.364	X10³ m³	REMOÇÃO DE SOLO			2.222.500 X10³ m³
						REMOÇÃO DE ROCHA			952.500 X10³ m³

Fonte: Modificado de Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

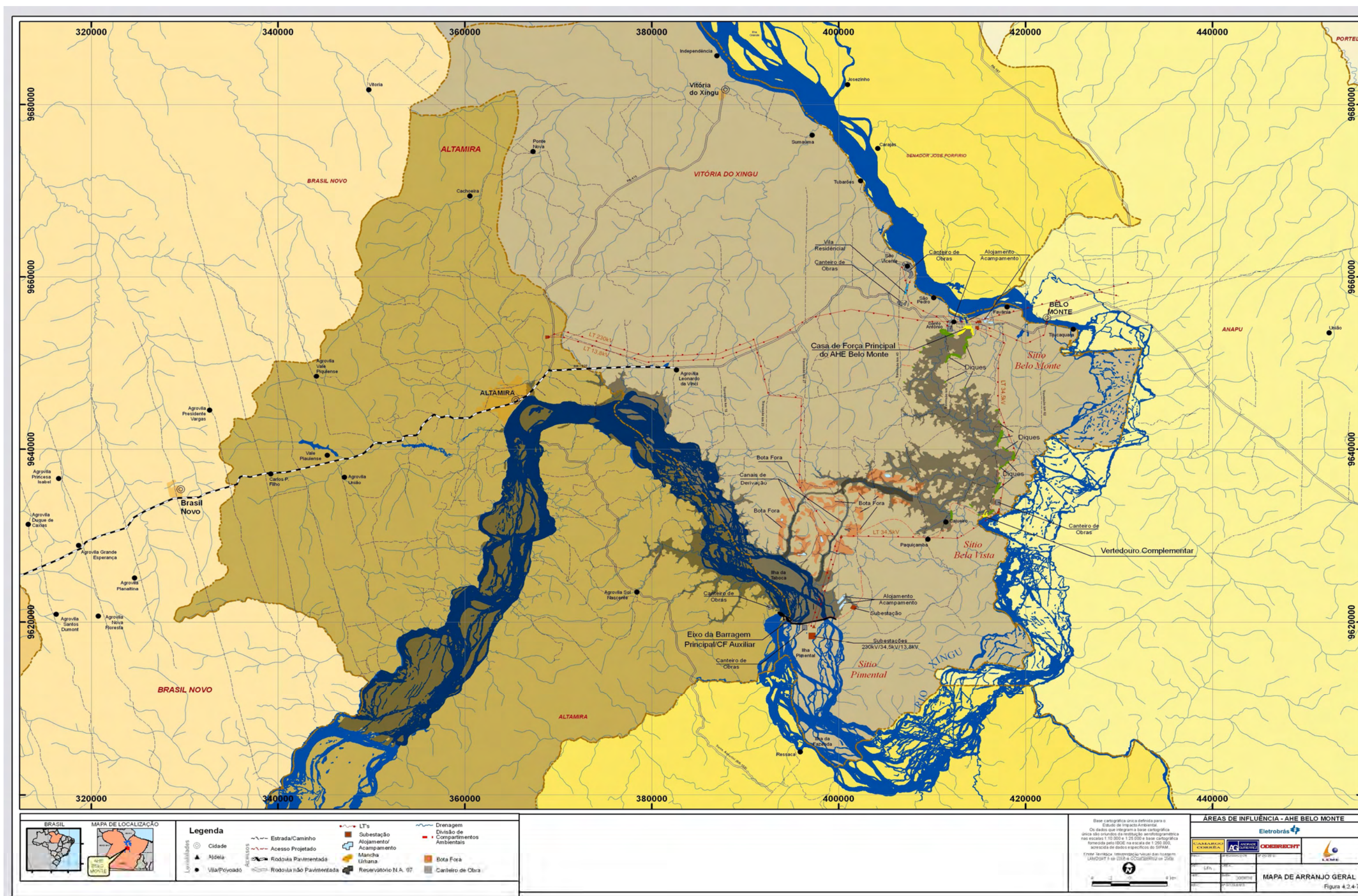


FIGURA 4.2.4-7 – Mapa de Arranjo Geral

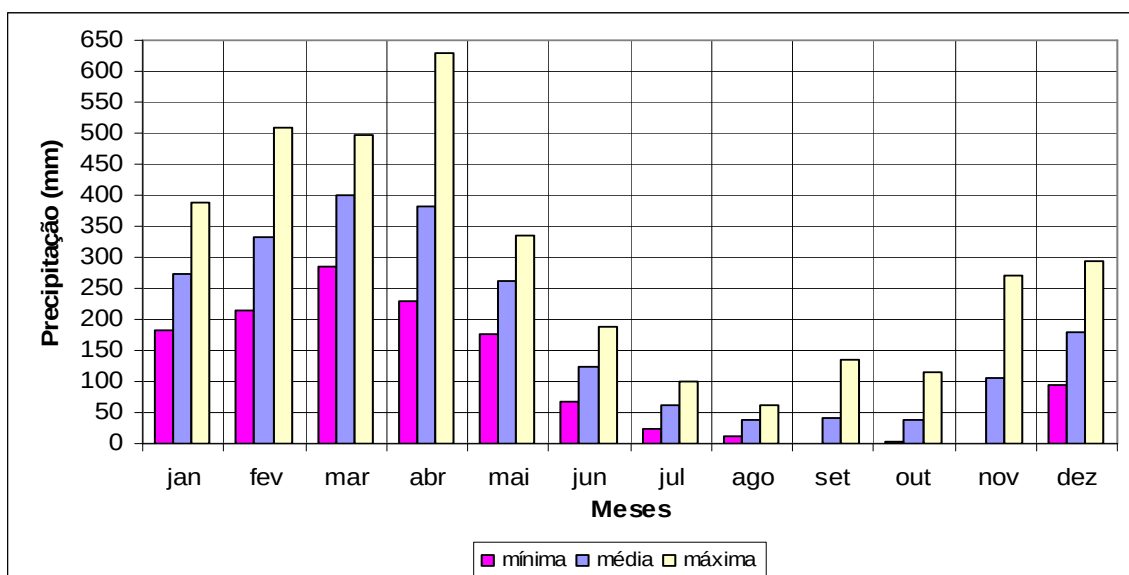
b) A Respeito das Características Hidrológicas Gerais**b.1) Disponibilidade Hídrica para Geração**

A defasagem existente entre os meses mais chuvosos dos diversos trechos da bacia do rio Xingu – de dezembro a março para o alto curso, e de janeiro a maio para o médio e o baixo cursos – favorece a formação de grandes deflúvios nos estirões de jusante do rio. As descargas que ocorrem nesses trechos, durante o período de fevereiro a abril, são provenientes do escoamento superficial das chuvas que atingem o segmento médio inferior da bacia e do escoamento dos deflúvios originais das precipitações de um a dois meses antes, nas partes média superior e alta da bacia.

O rendimento específico da bacia é crescente das cabeceiras para a foz, variando entre 14 e 18 l/s.km², verificando-se os mais altos valores na parte Oeste, nos rios Iriri e Curuá. Em Altamira, a contribuição específica média anual varia em torno de 17,6 l/s.km². O rio Xingu caracteriza-se por variações significativas de volumes escoados entre épocas chuvosas e de estiagem. As descargas mínimas são da ordem de 10% da vazão média de longo período, enquanto as cheias chegam a atingir valores quatro vezes superiores à média.

Merece citação, também, a grande acumulação na própria calha do rio e nas baixadas marginais adjacentes, o que tem grande efeito sobre o amortecimento das cheias e seu tempo de trânsito ao longo da calha principal. O **Desenho BEL-V-10-108-0010 (Apêndice 4.1 – Volume 3)**, egresso dos Estudos de Viabilidade do CHE Belo Monte (ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002), apresenta os hidrogramas de vazões médias diárias observadas em Altamira.

A grande sazonalidade do regime pluvial do rio Xingu pode ser apreciada nos histogramas de precipitações mínima, média e máxima, contidos no **GRÁFICO 4.2.4-1**.



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ ELETRONORTE , 2002

GRÁFICO 4.2.4-1 – Histogramas de Precipitações Mínima, Média e Máxima Mensal no Posto Altamira

Há que se observar aqui que as séries hidrológicas que deram subsídio ao dimensionamento do AHE Belo Monte foram obtidas a partir dos registros do posto fluviométrico de Altamira (vide características no **QUADRO 4.2.4-2**). Tal decisão justifica-se pelo fato de que o eixo do barramento projetado para o Sítio Pimental localiza-se muito próximo à cidade de Altamira, onde situa-se o posto em questão, além de inexistirem tributários neste trecho. Além disso, a diferença de áreas de drenagem entre os locais do barramento e do posto é inexpressiva (menor que 0,5%). Neste contexto, os Estudos de Viabilidade assumiram que as vazões no Sítio Pimental seriam as mesmas observadas no posto fluviométrico em pauta.

Observa-se que, para esse posto, existem diversas falhas nas leituras de régua no período de 1928 a 1958 e falta de observação no período de 1959 a 1967. Houve ainda interrupção nas observações no período de janeiro de 2006 a novembro de 2006, sendo as mesmas retomadas em dezembro de 2006 e permanecendo até o presente momento, ininterruptamente.

A hipótese antes aqui apresentada de consideração do posto de Altamira como referência para o dimensionamento hidrológico do AHE Belo Monte foi confirmada com dados coletados pelo posto de Cana Verde I, adotado como base para os estudos no entorno do Sítio Pimental. Este posto está localizado na margem direita do rio Xingu, cerca de 1 km a montante do eixo do barramento projetado. Apesar de desativado ao final da 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, conseguiu acumular 10 anos de leitura de régua média diária. Tal fato possibilitou o estabelecimento de uma correlação bastante confiável entre as leituras de régua do posto Cana Verde I e o de Altamira. Como a área de drenagem do posto é cerca de 0,1% superior àquela do rio Xingu em Altamira, foram considerados coincidentes os valores das vazões nas duas seções. A partir daí, o transporte da curva-chave de Altamira para o eixo de barramento, em condições naturais, foi imediato.

QUADRO 4.2.4-2
Características do Posto Fluviométrico de Altamira

Código	Nome da Estação	Curso d'Água	AD (km²)	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início: Leitura de Régua	Início: Medição de Descarga Líquida
18850000	Altamira	Rio Xingu	446.573	03°12'	52°13'	90,41	01/1928	01/1977

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Em acordo com o anteriormente exposto, a série de vazões médias mensais que deu subsídio ao dimensionamento hidrológico do AHE Belo Monte consta da **TABELA 4.2.4-1**, observando-se que o local do eixo do AHE Belo Monte apresenta uma área de drenagem de, aproximadamente, 447.700 km² e o local da Casa de Força Principal igual a 479.417 km².

TABELA 4.2.4-1
Série de Vazões Médias Mensais na Estação de Altamira

Área de drenagem...					446.573 km²	Código ANEEL.....18850000									
ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Médias	Máximas	Mínimas
1931	6.812	11.821	17.142	25.713	21.060	9.464	3.026	1.621	1.102	1.348	2.327	4.436	8.823	25.713	1.102
1932	7.348	12.312	17.281	11.521	8.914	4.006	3.034	1.625	1.105	1.062	1.933	3.496	6.136	17.281	1.062
1933	6.555	11.376	15.655	18.556	14.697	6.605	2.414	1.293	880	1.114	1.923	3.666	7.061	18.556	880
1934	6.215	10.786	16.185	24.278	20.293	9.120	2.625	1.406	956	1.177	2.031	3.873	8.245	24.278	956
1935	8.444	14.653	20.164	27.813	22.029	9.900	3.088	1.654	1.125	1.117	1.928	3.676	9.633	27.813	1.117
1936	8.369	14.022	19.985	14.454	11.448	5.145	2.142	1.147	780	1.034	1.784	3.402	6.976	19.985	780
1937	3.912	6.789	10.347	15.521	13.090	5.882	3.132	1.677	1.140	1.000	1.726	3.290	5.626	15.521	1.000
1938	5.758	9.992	16.432	24.648	21.646	9.728	2.725	1.460	993	1.004	1.732	3.303	8.285	24.648	993
1939	10.153	17.619	24.245	16.593	13.142	5.906	3.435	1.840	1.251	1.331	2.298	4.381	8.516	24.245	1.251
1940	8.739	14.643	20.870	26.493	20.983	9.430	3.149	1.687	1.147	918	1.583	3.018	9.388	26.493	918
1941	5.676	9.851	13.556	17.722	14.037	6.308	2.249	1.205	820	1.226	2.116	4.034	6.567	17.722	820
1942	4.360	7.567	10.413	14.203	11.249	5.055	2.459	1.317	896	1.226	2.116	4.035	5.408	14.203	896
1943	14.309	24.831	27.828	18.552	9.670	4.346	2.571	1.377	937	1.012	1.746	3.330	9.209	27.828	937
1944	5.746	9.628	14.132	21.198	17.114	7.691	2.557	1.369	932	1.212	2.091	3.988	7.305	21.198	932
1945	6.435	11.167	19.497	29.245	26.435	11.880	2.551	1.366	929	1.035	1.787	3.406	9.644	29.245	929
1946	6.458	11.208	15.423	12.950	10.257	4.609	4.276	2.290	1.557	795	1.371	2.614	6.151	15.423	795
1947	7.402	12.845	19.183	28.774	23.984	10.779	2.395	1.283	873	1.326	2.289	4.365	9.625	28.774	873
1948	9.581	16.054	22.881	18.270	14.470	6.503	2.720	1.457	991	908	1.566	2.985	8.199	22.881	908
1949	10.669	18.515	22.963	15.308	10.132	4.553	3.139	1.681	1.143	969	1.671	3.186	7.827	22.963	969
1950	6.263	10.868	17.470	26.206	22.748	10.223	2.222	1.190	810	901	1.555	2.964	8.618	26.206	810
1951	5.844	10.142	13.956	9.902	7.843	3.524	3.210	1.720	1.169	973	1.679	3.201	5.264	13.956	973
1952	5.012	8.398	15.135	22.703	20.489	9.208	2.982	1.597	1.086	858	1.479	2.821	7.647	22.703	858
1953	6.923	12.014	18.390	27.585	23.319	10.480	2.756	1.476	1.004	1.654	2.855	5.443	9.492	27.585	1.004
1954	6.416	11.134	15.322	17.699	14.018	6.300	2.753	1.475	1.003	750	1.294	2.468	6.719	17.699	750
1955	7.069	12.267	18.592	27.888	23.443	10.535	2.545	1.363	927	1.099	1.897	3.617	9.270	27.888	927
1956	7.375	12.357	17.612	21.729	17.210	7.734	4.200	2.250	1.530	1.089	1.879	3.582	8.212	21.729	1.089
1957	10.453	18.139	24.962	25.035	19.829	8.911	2.623	1.405	956	966	1.665	3.176	9.843	25.035	956
1958	5.813	10.088	17.376	26.065	23.412	10.521	2.699	1.446	983	1.041	1.797	3.427	8.722	26.065	983
1959	8.180	14.195	19.534	20.849	16.513	7.421	3.063	1.641	1.115	907	1.564	2.983	8.164	20.849	907
1960	4.573	7.663	13.118	19.677	17.325	7.785	2.359	1.263	859	1.391	2.401	4.578	6.916	19.677	859
1961	10.322	17.913	21.399	14.266	8.725	3.921	2.652	1.421	966	856	1.476	2.815	7.228	21.399	856
1962	4.870	8.451	11.664	17.496	13.884	6.239	2.576	1.380	939	1.138	1.964	3.745	6.195	17.496	939
1963	6.651	11.543	15.884	14.170	11.223	5.043	2.568	1.375	936	697	1.202	2.291	6.132	15.884	697
1964	11.885	19.913	28.382	29.258	23.173	10.414	2.705	1.449	986	1.211	2.090	3.985	11.288	29.258	986
1965	6.740	11.697	16.096	21.982	17.411	7.824	3.037	1.626	1.106	1.055	1.821	3.472	7.822	21.982	1.055
1966	3.960	6.872	11.503	17.255	15.288	6.870	2.844	1.523	1.036	1.155	1.994	3.802	6.175	17.255	1.036
1967	4.528	7.858	18.148	27.222	27.370	12.300	2.397	1.284	873	892	1.538	2.933	8.945	27.370	873
1968	4.566	7.650	12.148	18.222	15.420	6.929	2.139	1.051	709	718	1.052	4.004	6.217	18.222	709
1969	7.299	10.419	14.365	15.377	12.340	5.273	1.783	924	477	444	605	1.167	5.873	15.377	444
1970	3.833	9.442	18.069	14.908	13.592	4.604	1.996	1.161	733	539	1.225	1.700	5.983	18.069	539
1971	2.516	6.320	9.561	14.097	11.241	6.029	2.675	1.312	750	691	2.643	4.133	5.164	14.097	691
1972	5.518	11.889	16.481	16.882	14.507	5.822	2.682	1.286	848	639	1.090	1.805	6.621	16.882	639
1973	4.327	6.920	14.261	19.619	17.253	7.415	3.658	2.203	1.141	1.418	2.834	5.617	7.222	19.619	1.141
1974	7.455	15.161	21.551	27.567	25.927	13.396	4.434	2.056	1.444	1.348	1.415	4.044	10.483	27.567	1.348
1975	7.353	15.283	19.279	20.795	17.986	8.496	3.836	1.865	1.043	733	1.145	2.810	8.385	20.795	733
1976	6.389	10.913	15.358	14.893	11.218	5.508	2.469	1.190	793	985	2.218	5.069	6.417	15.358	793
1977	9.182	15.546	18.470	17.313	19.345	10.036	4.486	1.972	1.172	1.499	3.294	4.838	8.929	19.345	1.172
1978	15.641	16.065	25.562	22.753	17.434	9.402	4.169	2.353	1.433	1.461	1.957	3.924	10.180	25.562	1.433
1979	8.644	18.249	24.527	17.960	11.205	5.092	2.409	1.447	1.390	1.451	1.981	3.339	8.141	24.527	1.390
1980	8.237	15.500	30.129	21.504	10.483	4.361	2.264	1.409	1.069	1.116	1.571	4.115	8.480	30.129	1.069
1981	10.321	15.439	12.503	16.853	9.651	4.051	2.099	1.394	1.096	962	1.749	5.282	6.783	16.853	962
1982	10.061	23.245	28.249	21.649	17.420	7.165	3.369	1.838	1.313	1.848	1.984	2.718	10.071	28.249	1.313
1983	6.242	15.055	16.566	16.866	7.518	3.697	2.031	1.351	1.064	1.186	2.337	3.927	6.487	16.866	1.064
1984	6.829	9.538	13.498	19.343	19.049	7.497	3.079	1.576	1.299	1.371	2.555	3.377	7.418	19.343	1.299
1985	9.663	22.519	24.847	22.800	23.246	9.495	4.050	2.126	1.328	1.344	2.666	6.743	10.902	24.847	1.328
1986	16.286	18.708	22.519	20.660	14.722	6.649	3.298	1.839	1.421	2.140	4.036	4.283	9.713	22.519	1.421
1987	7.043	8.610	17.081	17.804	10.549	4.606	2.257	1.350	1.032	1.163	1.446	2.977	6.327	17.804	1.032
1988	7.181	10.404	19.207	20.759	16.641	7.302	3.275	1.640	1.111	1.153	2.136	7.102	8.159	20.759	1.111
1989	11.408	14.084	18.455	23.605	19.456	9.236	4.359	2.280	1.525	1.404	2.998	9.752	9.880	23.605	1.404
1990	17.902	13.529	22.193	18.090	10.771	5.277	2.750	1.868	1.246	1.353	1.873	2.853	8.309	22.193	1.246
1991	7.577	15.891	16.940	23.169	18.014	9.095	3.682	1.855	1.182	1.227	1.872	3.534	8.670	23.169	1.182
1992	6.733	14.043	17.492	19.102	11.653	4.860	2.346	1.446	1.190	1.496	2.063	5.350	7.315	19.102	1.190
1993	9.209	11.094	19.477	16.048	10.998	4.917	2.365	1.414	1.307	1.344	1.809	2.985	6.914	19.477	1.307
1994	11.077	18.053	23.442	22.479											

A partir da série de vazões médias mensais apresentada na **TABELA 4.2.4-1**, foram consolidadas as características principais para a série de vazões médias mensais, conforme pode ser visualizado na **TABELA 4.2.4-2**

TABELA 4.2.4-2
Características Principais da Série de Vazões Médias Mensais Utilizada para
Dimensionamento Hidrológico do AHE Belo Monte

Vazões Características (m³/s)													
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média	7.790	12.876	18.123	19.942	15.959	7.216	2.904	1.557	1.066	1.115	1.880	3.730	7.846
Mínima	2.516	5.653	9.561	9.817	6.587	2.872	1.417	908	477	444	605	1.167	444
Ano	1971	1998	1971	1998	1998	1998	1998	1998	1969	1969	1969	1969	1969
Máxima	17.902	24.831	30.129	29.258	27.370	13.396	4.710	2.353	1.557	2.140	4.036	9.752	30.129
Ano	1990	1943	1980	1964	1967	1974	1995	1978	1946	1986	1986	1989	1980

Média do período crítico⁵:	7.505 m³/s
Ano hidrológico seco mais recente:	1998-1999
Ano hidrológico com umidade média mais recente:	1996-1997
Ano hidrológico úmido mais recente:	1977-1978

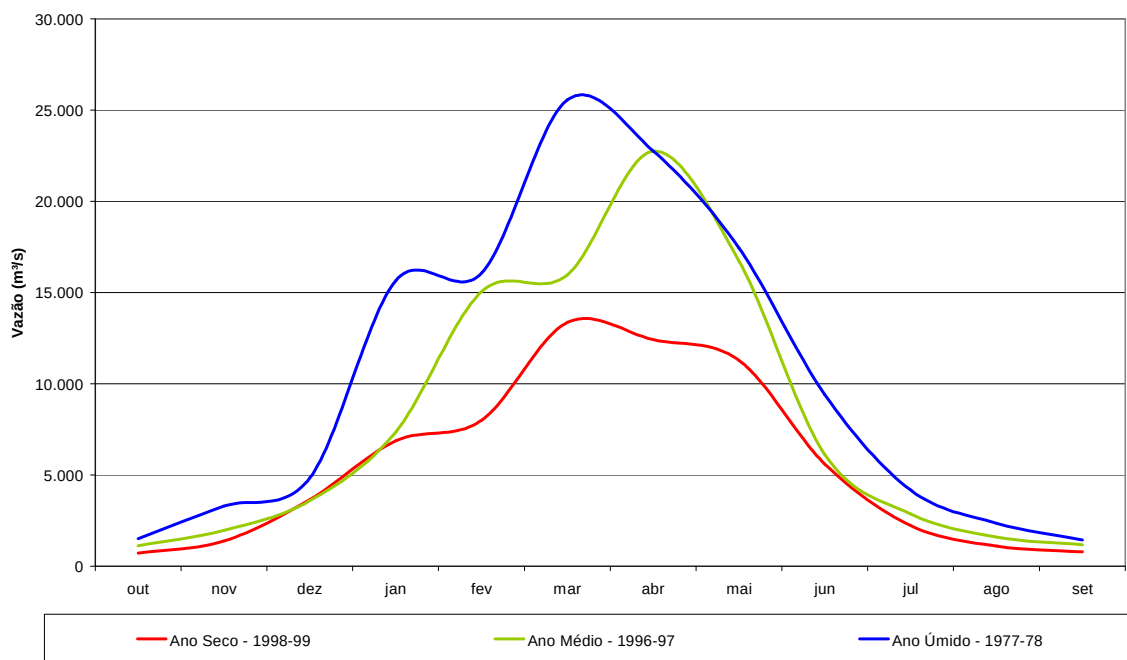
Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

A partir da série de vazões adotada nos Estudos de Viabilidade, os valores de referência podem ser resumidos como sendo:

- Média das vazões mínimas anuais – 1.017 m³/s
- Média de longo termo – 7.851 m³/s
- Cheia média anual – 23.414 m³/s

Os dados de vazões médias mensais de anos hidrológicos característicos (sempre se tendo como referência, neste capítulo, os critérios e dados considerados nos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte) foram associados a hidrogramas, conforme consta do **GRÁFICO 4.2.4-2**.

⁵ Período Crítico: é o intervalo de tempo em que o armazenamento do sistema vai de seu nível máximo (todos os reservatórios cheios) até o seu nível mínimo (todos os reservatórios vazios), sem ocorrência de reenchimentos totais intermediários, no atendimento à energia firme do sistema. O Período Crítico do SIN atualmente adotado pelo setor elétrico é o compreendido entre junho de 1949 a novembro de 1956 (90 meses);



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

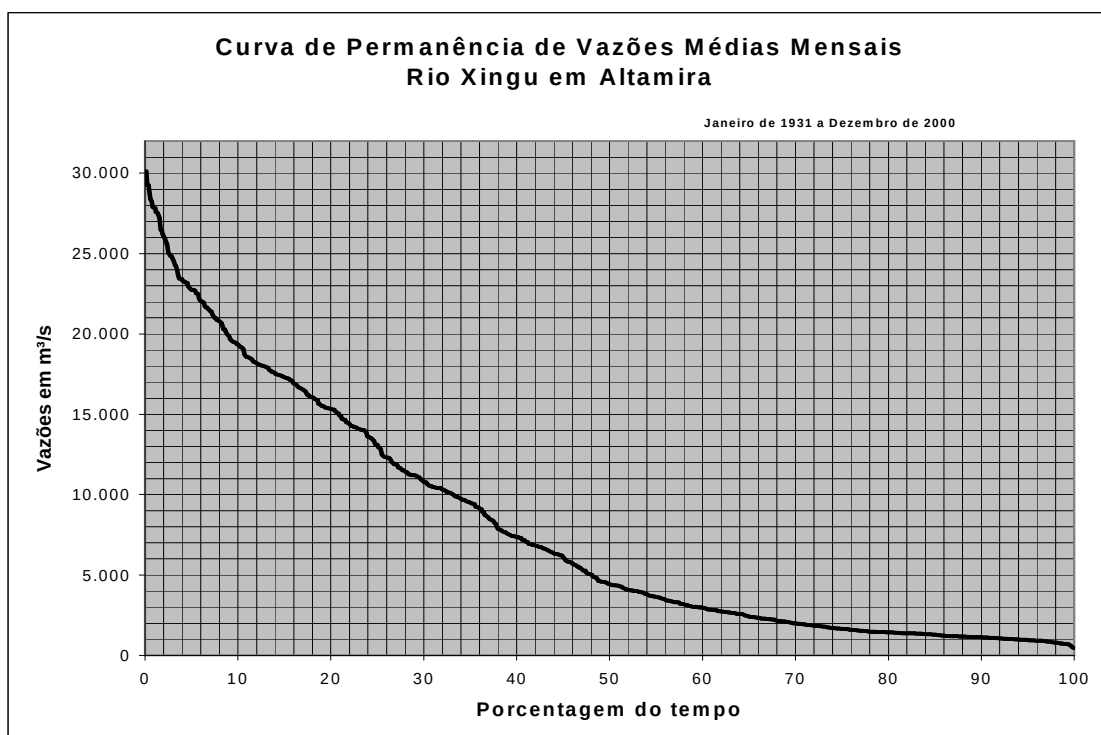
GRÁFICO 4.2.4-2 – Hidrograma de Vazões de Anos Hidrológicos Característicos (1931 – 2000)

Conforme antes aqui ressaltado, os hidrogramas permitem ratificar que o período de cheias se estende de janeiro a junho, sendo que no ano mais úmido pode-se considerar que houve uma antecipação da cheia, que iniciou-se em dezembro. Em todos os hidrogramas registra-se um perfil característico com crescimento inicial, seguido de um patamar típico entre janeiro e fevereiro, conforme o ano, e subsequente elevação até o pico. Posteriormente, o perfil do hidrograma decresce, alcançando valores mínimos entre os meses de setembro e outubro. Este “comportamento” do rio reflete, de uma maneira global, a distribuição temporal de chuvas na região e a capacidade de armazenamento da bacia.

Os estudos de permanência de vazões médias mensais levando em conta a série de descargas médias mensais em Altamira (1931 a 2000) considerada nos Estudos de Viabilidade, conforme retratado no **GRÁFICO 4.2.4-3**, mostram uma grande variação nos deflúvios mensais, sendo grande a porcentagem de vazões muito abaixo ou acima da média. Esta situação é típica de rios com pequena capacidade natural de regularização. Neste sentido, especificamente para o rio Xingu depreende-se que apenas o trecho superior da bacia, onde predominam os solos terciários, apresenta boas condições naturais de regularização dos deflúvios. É esta parte da bacia, correspondendo a cerca de 1/3 da drenagem total do rio Xingu, que garante as vazões mínimas do rio na época de estiagem.

Da curva de permanência apresentada no **GRÁFICO 4.2.4-3** depreende-se que a vazão média de longo termo ($7.851 \text{ m}^3/\text{s}$) é igualada ou superada durante 39% do tempo, enquanto que a vazão garantida para 95% do tempo é de $939 \text{ m}^3/\text{s}$. Adicionalmente, verifica-se que vazões acima de $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ não são tão ocasionais, ocorrendo durante mais de 30% do tempo.

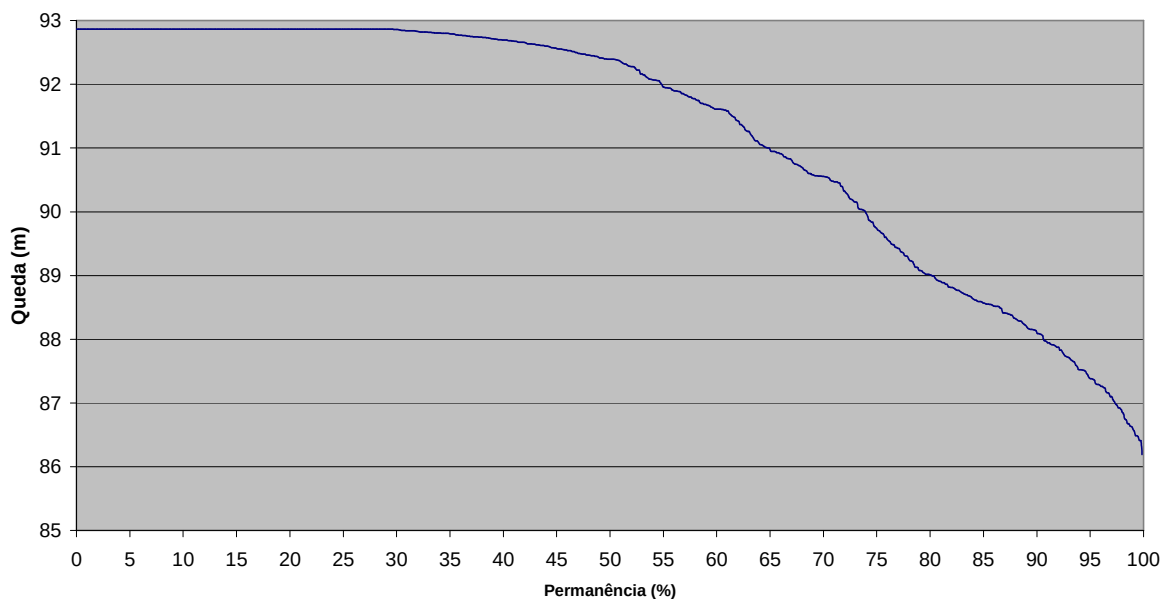
Os estudos de regularização também desenvolvidos à época dos Estudos de Viabilidade, baseados na metodologia da curva de massas de vazões ou diagrama de Rippl, têm como hipótese que a capacidade do reservatório é suficiente para absorver as flutuações das variações diárias e manter a média mensal, e que durante a vida útil da obra não ocorrerão períodos mais críticos que aqueles existentes na série de vazões médias mensais. Conclui-se desses estudos que, para regularizar cerca de 10% da vazão média de longo termo, serão necessários 2.141 hm³ de volume útil, que significariam uma depleção no reservatório da ordem de 6,0 m. Entretanto, como o reservatório do AHE Belo Monte não é de grande porte, os ganhos em sua capacidade de armazenamento oriundos do aumento na máxima depleção operativa não são suficientes para compensar a perda de energia causada pela diminuição na queda líquida disponível.



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4-3 - Permanência das Vazões Médias Mensais Afluentes (1931-2001)

Considerando uma geração de base no AHE Belo Monte, é possível traçar a curva de permanência da queda líquida na Casa de Força Principal, como é apresentada no **GRÁFICO 4.2.4-4**.



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, LETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4-4 - AHE Belo Monte - Casa de Força Principal - Queda Líquida Disponível - Base

Já o regime das vazões afluentes à Casa de Força Complementar é bem mais regular do que o da Casa de Força Principal, visto ser condicionado pelas vazões necessárias à manutenção da vazão ecológica nesse trecho da Volta Grande do Xingu.

b.2) Estudo de Cheias

– Estatística de Cheias

Os estudos estatísticos de cheias desenvolvidos para os Estudos de Viabilidade tiveram por base o posto de Altamira, pelos motivos antes aqui expostos e por possuir extenso período de observação com curva-chave estável e bem definida.

Estudos foram elaborados anteriormente àqueles de 2002, remontando a 1992, quando havia interesse em estudar outros locais de barramento, elaborando-se, para tanto, uma análise hidrológica de âmbito regional, baseando-se principalmente no posto fluviométrico de Altamira, que dispunha então de apenas 13 anos de observações diárias.

Em 1980, ocorreu na Amazônia Meridional evento meteorológico excepcional, concentrado na bacia vizinha do rio Tocantins. À época, a cheia decorrente do evento teve sua recorrência, naquela bacia, avaliada em 100 anos. Considerando a excepcionalidade do fenômeno e o fato de existir em Altamira curto período de observação para realização de estudos estatísticos, foi efetuada a transposição do fenômeno meteorológico para a bacia do rio Xingu, através de correlações entre os postos das duas bacias. Tal metodologia conduziu a um valor de 49.412 m³/s para o pico da cheia de 1980 em Altamira, bastante superior ao efetivamente medido no posto, que foi de 32.330 m³/s.

Realizados os estudos estatísticos utilizando o valor fruto da transposição em lugar do observado no posto, chegou-se à vazão de 75.962 m³/s associada a um tempo de recorrência de 10.000 anos. A distribuição então adotada foi a log-normal.

Na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, considerando então a existência de um histórico razoável - 32 anos de dados – para se proceder a uma revisão dos estudos anteriores, foram levadas em conta quatro hipóteses, a saber:

- (1) Atualização dos estudos anteriores com base na mesma metodologia então adotada;
- (2) Utilização da vazão de 49.412 m³/s como marca de cheia, associada à sua recorrência devidamente atualizada - 120 anos;
- (3) Adoção de estudo convencional baseado na série histórica de 32 anos do posto de Altamira; e
- (4) Procedimento idêntico ao anterior, porém considerando uma série estendida com base em correlação dos picos de cheias com as respectivas médias mensais.

A **TABELA 4.2.4-3** apresenta os resultados oriundos dos estudos estatísticos realizados, enfatizando-se que na etapa anterior não foram contempladas as distribuições Exponencial, Gumbel Fatores e Gumbel Momentos.

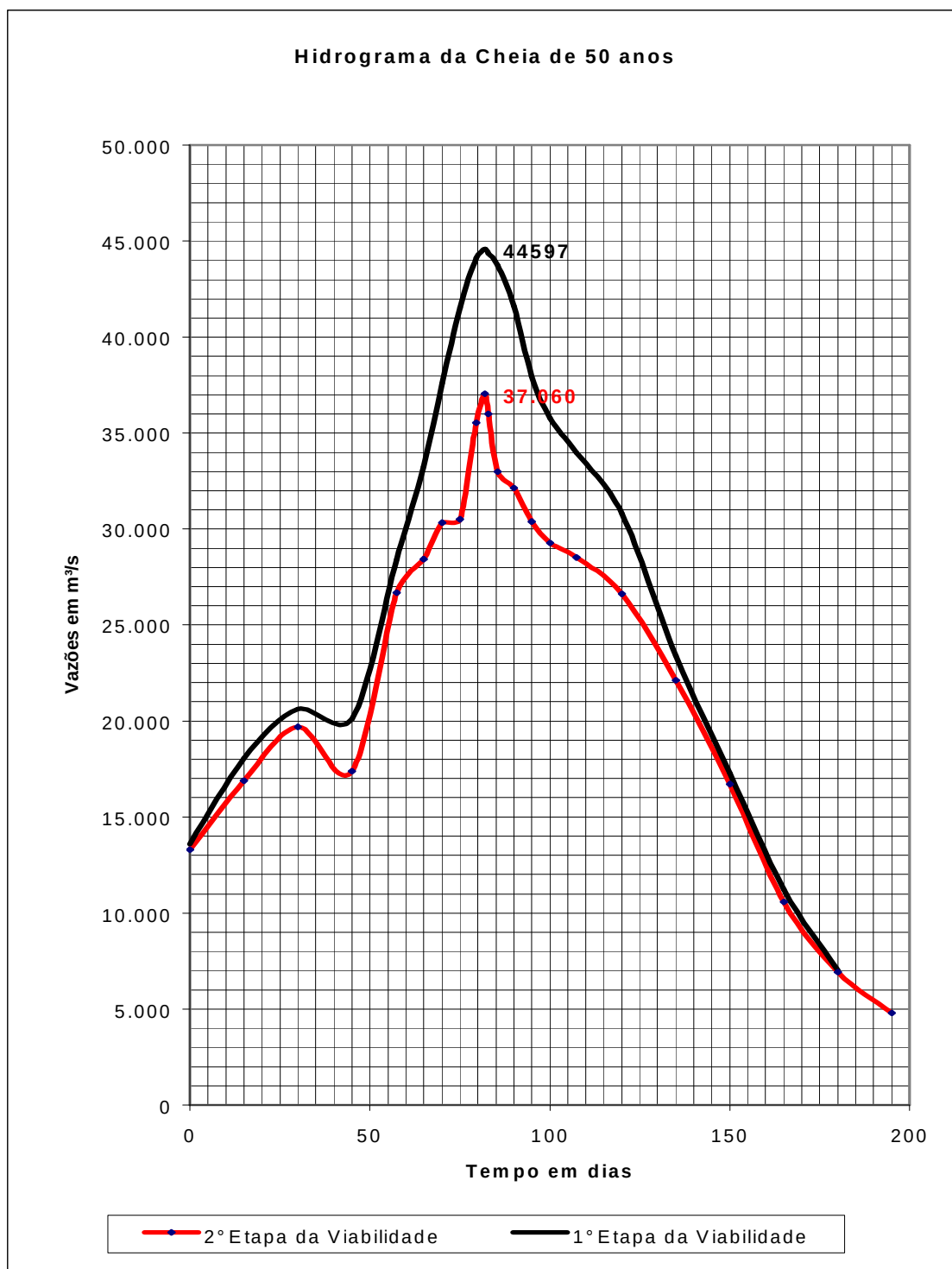
TABELA 4.2.4-3
Picos de Cheias Decamilenares em Função das Hipóteses Estudadas e das Diversas Distribuições de Probabilidade

Distribuições	Hipóteses			
	(1) Atualização do Estudo Anterior	(2) Evento Raro 120 anos - 49.412m ³ /s	(3) Série Observada 1969-2000	(4) Série Estendida 1931-2000
Exponencial		64.710	59.910	61.889
Gumbel Fatores		59.104	57.803	57.633
Gumbel Momentos		57.159	53.181	54.971
Log Normal 2P	58.701	50.039	47.977	49.620

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

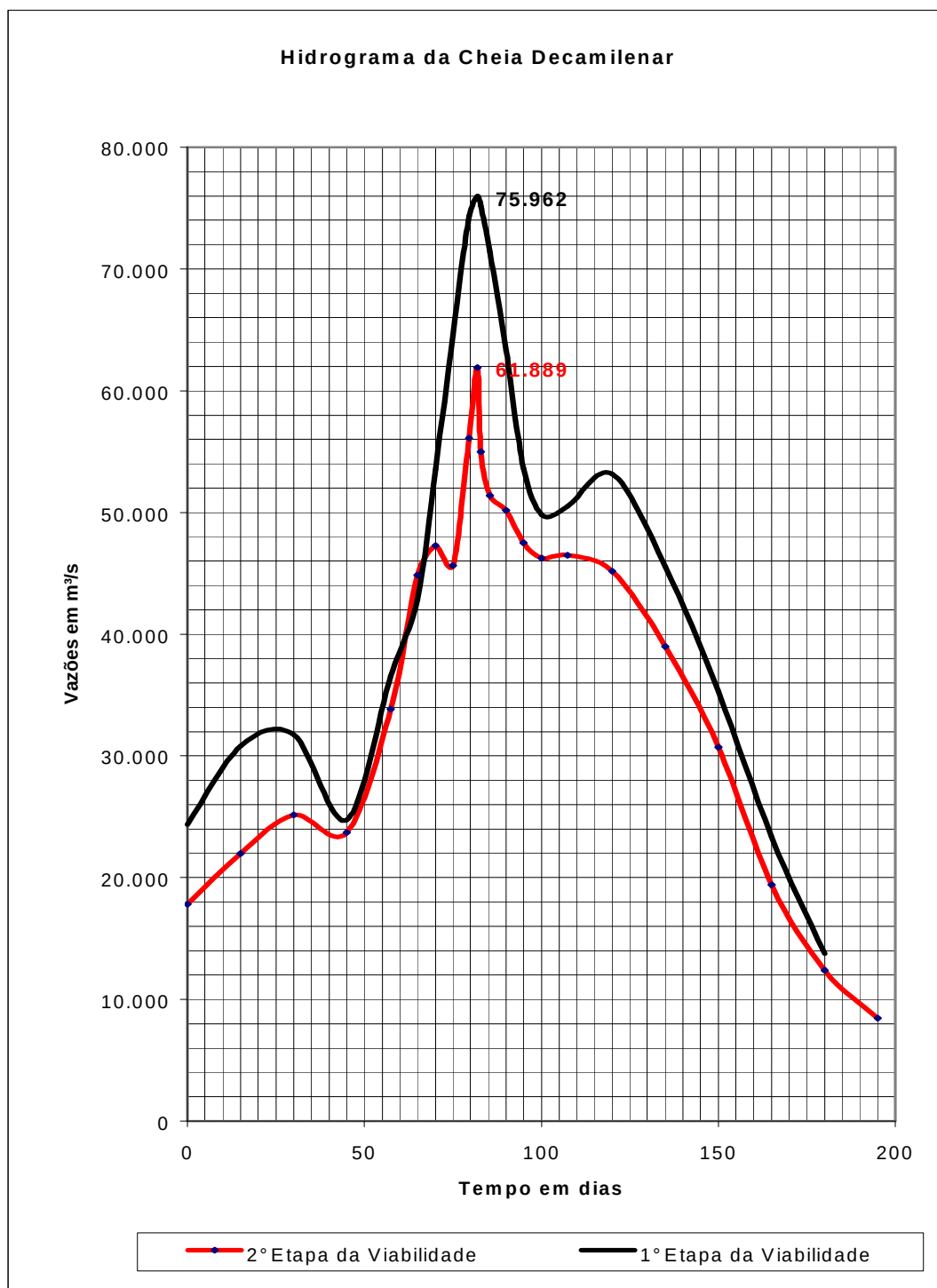
Ponderando os resultados encontrados com os critérios adotados, selecionou-se a distribuição exponencial ajustada aos valores da série de máximos estendida – hipótese 4.

Para definir a forma da onda de cheia, foram realizadas análises estatísticas sobre séries de vazões médias de "t" dias consecutivos acumulados, as quais foram obtidas a partir de dados diários de descargas disponíveis no posto de Altamira. Os **GRÁFICO 4.2.4-5** e **GRÁFICO 4.2.4-6** apresentam as hidrógrafas de projeto relativas, respectivamente, a 50 e 10.000 anos de recorrência, mostrando as alterações decorrentes dos estudos de engenharia concluídos em 2002 em relação àqueles anteriormente desenvolvidos.



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4-5 - Hidrograma da Cheia de 50 anos



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4-6 - Hidrograma da Cheia de 10.000 anos

– Estudos de Cheia Máxima Provável

No início da 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, avaliou-se a possibilidade de se proceder a uma atualização dos estudos de precipitação máxima provável (PMP) e de vazão máxima provável (VMP) desenvolvidos na 1ª Etapa dos estudos. A idéia era, de posse de uma quantidade maior de dados hidrometeorológicos, reavaliar critérios e parâmetros adotados nos estudos anteriores, não só no que concerne à maximização das tormentas como também no aspecto afeto ao escoamento superficial.

Ocorre que alguns postos pluviométricos utilizados nos estudos anteriores – como o de Altamira – ficaram com uma lacuna de dados de vários anos, o que prejudicaria a reavaliação pretendida. Também, uma nova calibragem do modelo chuva-deflúvio iria se ressentir da ausência de dados de postos fluviométricos que foram desativados ao final da 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade. Além disso, e mais relevante, ressalta-se que após o evento meteorológico excepcional ocorrido em 1980 na região, e já considerado no estudo anterior, não ocorreu nenhum outro de magnitude tal que pudesse proporcionar uma alteração, para maior, no pico da VMP. Assim, decidiu-se manter na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade os resultados obtidos nos estudos da fase anterior.

Os estudos de PMP e VMP desenvolvidos na 1ª Etapa levaram em consideração não só as informações hidrometeorológicas disponíveis na bacia do rio Xingu, mas também as referentes às bacias vizinhas, particularmente a dos rios Tocantins/Araguaia. Esta última, relativamente à bacia do rio Xingu, possui uma maior quantidade de postos cobrindo um período mais extenso de observação. Conforme citado, o evento meteorológico de 1980 foi o mais crítico que se tem registro sobre a Amazônia Meridional brasileira. A partir dele, foram definidos os diversos parâmetros modeladores maximizantes, tendo-se selecionado, dentre as diversas alternativas de PMP formuladas, aquela que conduziu ao maior valor de vazão de ponta.

Definida a PMP, partiu-se para a geração da cheia máxima provável (CMP) nos eixos de interesse. Foram adotadas cinco hipóteses de implantação e operação dos reservatórios da cascata selecionada na então divisão de quedas do rio Xingu, que conduziram a cinco resultados diferentes de VMP – pico diário da cheia máxima provável – para os aproveitamentos do então Complexo Altamira.

Entre as cinco alternativas estudadas na fase anterior, optou-se por empregar, na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, aquela que considera a bacia em “condições naturais”, isto é, sem a implantação de barramentos a montante. Há que se observar, portanto, que tal hipótese vem ao encontro da divisão de quedas selecionada na recente Atualização dos Estudos de Inventário do rio Xingu, que conclui exclusivamente pela implantação do AHE Belo Monte na referida bacia hidrográfica.

A alternativa selecionada forneceu valor de pico da CMP de 72.278 m³/s para o eixo do aproveitamento de Altamira, cuja área de drenagem praticamente coincide com a da seção de medição em Altamira e, conseqüentemente, também com a área de drenagem no Sítio Pimental.

O **Desenho BEL-V-10-108-0013 (Apêndice 4.2 – Volume 3)**, dos Estudos de Viabilidade, contém o hidrograma da CMP desenvolvido na etapa anterior e adotado na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade.

– Cheias de Projeto do Sistema Extravador

Até a fase de Estudo de Alternativas da 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade foi estudada uma alternativa de se concentrar todo o sistema extravasor na calha natural do rio Xingu, no Sítio Pimental. Assim, os estudos hidrológicos realizados consideraram valores globais de vazão de projeto, independente da alternativa a ser escolhida.

Para dimensionamento do sistema extravasor foi adotada a vazão de 61.889 m³/s, oriunda dos estudos estatísticos de vazões extremas, associada a tempo de recorrência de 10.000 anos. Como premissa básica, foi considerado que o sistema extravasor deveria ter capacidade de escoar essa vazão, sem sobrelevação do nível d'água do reservatório. Assim, a forma do hidrograma da cheia decamilenar não assumiu importância no dimensionamento do sistema extravasor.

A fim de verificar o desempenho dos vertedouros, foi considerado o hidrograma da cheia máxima provável que possui pico de 72.278 m³/s, conforme definido no item anterior. Neste caso, foi efetuado estudo clássico de amortecimento de ondas de cheia, considerando-se que o reservatório do AHE Belo Monte apresenta pequeno volume disponível a ser ocupado quando da passagem das cheias de projeto. Os estudos desenvolvidos demonstraram que tal característica, associada ao grande volume das cheias afluentes, não possibilitarão que se processe qualquer amortecimento das cheias de projeto no reservatório.

Foi estudada a passagem da CMP (valor máximo de 72.278 m³/s), considerando como nível de partida do reservatório a cota 97,0 m. Os resultados indicaram que, para essas condições, a vazão máxima efluente seria de 72.237 m³/s, equivalente a 99,9% do pico da cheia afluente, com o nível d'água do reservatório do Xingu no Sítio Pimental sendo sobrelevado em 2,30 m, implicando numa borda livre residual de 0,70 m. Para o Sítio Belo Monte, a cota atingida pelo nível do reservatório dos canais, quando da passagem da CMP, é 98,50 m, significando uma borda livre residual de 0,50 m.

O **Desenho BEL-V-10-108-0013 (Apêndice 4.2 - Volume 3)**, dos Estudos de Viabilidade, contém também os hidrogramas afluente e efluente relativos à passagem da CMP pelo reservatório do AHE Belo Monte.

– Vazões para as Diferentes Etapas de Desvio do Rio

Para subsidiar os estudos de seqüência construtiva do empreendimento no Sítio Pimental, único sítio onde as obras serão executadas na calha natural do rio Xingu, houve a necessidade de se definir as respectivas vazões de projeto para cada fase construtiva, não só para os períodos de cheias, mas também para os períodos de águas intermediárias e baixas. Neste sentido, o ano hidrológico foi dividido em duas partes: uma primeira, compreendendo o período que vai de 15 de fevereiro a 15 de maio, no qual pode ocorrer, em qualquer data, a cheia de projeto de desvio, e uma segunda, de 15 de maio a 15 de fevereiro do ano seguinte, quando não ocorrem vazões máximas anuais.

Para o primeiro período, a vazão de projeto foi definida com base nos estudos estatísticos de cheias. No período de vazões intermediárias e baixas, a vazão de projeto foi determinada mês a mês, com base na série de vazões médias mensais apresentada na **TABELA 4.2.4-4**, considerando a frequência relativa como probabilidade de ocorrência. Nos dois períodos, independente da fase de desvio, foi assumido um risco de 4% de a respectiva vazão de projeto ser igualada ou ultrapassada.

A seqüência construtiva concebida prevê o desvio do rio Xingu em duas fases: na primeira, as estruturas que suportarão as cheias do rio ficarão expostas por 3 anos consecutivos e, na segunda, por apenas um ano. Com isso, a vazão de projeto de desvio de 1ª fase, para o período de águas altas, possui um tempo de recorrência de 75 anos, aproximadamente; já a vazão de projeto da 2ª fase de desvio, para o mesmo período, está associada a um tempo de retorno de 25 anos. A **TABELA 4.2.4-4** apresenta os valores das vazões de projeto para os diversos períodos, considerando as duas fases de desvio do rio.

TABELA 4.2.4-4
Desvio do Rio - Vazões de Proeto

Fase	Período de cheias			Período de águas intermediárias e baixas							
	T _{EXP} (anos)	TR (anos)	Q _{PROJ} (m³/s)	Q _{PROJ} (m³/s)							
				jun	jul	ago	Set	out	nov	dez	jan
1ª	3	~75	39.000	12.392	4.442	2.282	1.526	1.685	3.045	6.800	15.744
2ª	1	25	33.800	12.392	4.442	2.282	1.526	1.685	3.045	6.800	15.744

Nota: T_{EXP} = tempo de exposição; TR = tempo de recorrência.

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

4.2.4.3 Delimitação dos Sítios Construtivos e Compartimentos Ambientais Associados

a) Sítios Construtivos

A concepção básica firmada na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade para o arranjo geral do AHE Belo Monte é configurada pelo barramento do rio em algum ponto da Volta Grande do Xingu, efetuando a adução à Casa de Força situada no sítio Belo Monte por meio de canais naturais e diques de contenção, foi mantida na complementação dos estudos de engenharia concluídos em 2002. Ressalta-se que a idéia central que norteou esta alteração na concepção do aproveitamento foi tirar partido dos cerca de 90 m de desnível natural existentes ao longo de, aproximadamente, 140 km da Volta Grande do Xingu, entre a cidade de Altamira e a localidade de Belo Monte, onde o rio Xingu já passa a sofrer as influências do rio Amazonas e da maré.

Em relação à 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, procedeu-se ao deslocamento do barramento principal da calha do rio Xingu para uma nova posição cerca de 70 km a montante do seu eixo anterior, passando o mesmo, na 2ª Etapa, a localizar-se 40 km a jusante da cidade de Altamira. Alterou-se, assim, a configuração do reservatório antes planejado, reduzindo-se a sua área alagada significativamente, passando de 1.225 km², na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, para cerca de 516 km², sem alterações nas características energéticas do empreendimento. Foi na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade que se confirmou a viabilidade econômica de se implantar uma segunda casa de força junto ao barramento principal do rio Xingu para gerar energia a partir das vazões a serem restituídas para o estirão de jusante do rio, com vistas à manutenção das condições mínimas que atendessem a atributos ambientais relevantes presentes neste trecho do corpo hídrico.

A redução da área do reservatório na calha do rio Xingu evitou ainda a criação de um braço de reservatório no rio Bacajá, bem como interferências territoriais diretas com populações

indígenas nas TI's Paquicamba e Arara da Volta Grande, como ocorreria se materializado o arranjo geral considerado na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade.

Foram ainda introduzidos no arranjo dois canais de derivação para interligar os dois compartimentos do novo reservatório, aqueles aqui já denominados de “Reservatório do Xingu” e de “Reservatório dos Canais”. Além disso, a 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade introduziu um órgão extravasor (vertedouro) complementar.

Assim, o arranjo geral do AHE Belo Monte objeto de análise ambiental neste EIA se caracteriza por englobar três sítios distintos de estruturas agrupadas, denominados Pimental, Bela Vista e Belo Monte, além de dois conjuntos de obras que não se concentram em sítios específicos - os diques e os canais, que permitem a formação da parcela do reservatório situada na margem esquerda da Volta Grande – o “Reservatório dos Canais”. Estes canais e diques, portanto, o delimitam e permitem a adução das vazões a serem turbinadas na Casa de Força Principal. A localização destes três sítios, bem como dos conjuntos de diques e canais supracitados, pode ser visualizada na **FIGURA 4.2.4-7** antes aqui apresentada.

Quanto à ocupação de territórios municipais, os Sítios Belo Monte e Bela Vista situam-se inteiramente dentro dos limites do município de Vitória do Xingu. O Sítio Pimental ocupa áreas em Vitória do Xingu e também em Altamira, com seu eixo de barramento posicionado na calha do rio Xingu, que é o elemento geográfico de divisão municipal. Cerca de 43% do reservatório – aqui correspondendo aos dois compartimentos, “Reservatório do Xingu” e “Reservatório dos Canais” -, remontando a 222 km², estão localizados no município de Vitória do Xingu e os 57% restantes (294 km²) em terras do município de Altamira.

a.1) Características Gerais do Sítio Pimental

O Sítio Pimental caracteriza-se por ser a região onde o rio Xingu se divide em vários canais, existindo ilhas de pequeno, médio e grande portes, quase todas com vegetação densa e inundável nas grandes cheias. Nele está configurada uma extensa região de pedrais no seu extremo de montante, na faixa do canal principal, próximo à margem direita, com a presença de corredeiras que se configuram como controle hidráulico para vazões baixas e intermediárias.

Conforme indicado na **FIGURA 4.2.4-7**, localizam-se no Sítio Pimental (coordenadas geográficas 03° 26' de latitude Sul e 51° 56' de longitude Oeste) o Vertedouro Principal e barragens de terra e enrocamento que completam o fechamento do vale do rio Xingu. Como já observado anteriormente, o barramento principal do rio se situa 40 km a jusante da cidade de Altamira e nele estão localizados, além das Barragens de Terra Lateral Esquerda, de Ligação com a Ilha da Serra e do Canal Direito, o Vertedouro Principal, antes citado, e a Tomada d'Água/Casa de Força Complementar. O Vertedouro Principal é uma estrutura dotada de 17 vãos de 20 m de largura cada; a Casa de Força Complementar foi projetada para comportar 7 unidades geradoras do tipo Bulbo de 25,9 MW.

A Casa de Força Complementar foi a alternativa encontrada para minimizar a perda de geração de energia em decorrência da obrigatoriedade de restituição de vazões para jusante do barramento do Sítio Pimental, aproveitando-se a queda a ser criada no local, de aproximadamente 15 m, pela implantação do barramento.

a.2) Características Gerais do Sítio Bela Vista

No Sítio Bela Vista, posicionado na margem esquerda do rio Xingu, numa localização intermediária entre os Sítios Pimental e Belo Monte, encontram-se as estruturas de concreto do Vertedouro Complementar e seus muros laterais, apresentando ainda as Barragens de Ligação Direita e Esquerda, adjacentes às estruturas de concreto, e mais dois diques de fechamento do “reservatório dos canais”. Este sítio localiza-se 22 km em linha reta ao sul do Sítio Belo Monte (vide subitem a.3) e tem como coordenadas geográficas 03° 19’ de latitude Sul e 51° 45’ de longitude Oeste.

Vale aqui observar que as análises desenvolvidas para dimensionamento do órgão extravasor no Sítio Pimental, pelas características topográficas e hidráulicas do local, indicavam que a submergência do perfil vertente seria preponderante para o porte desta estrutura, de forma que a mesma apresentasse a capacidade necessária de escoamento das vazões de projeto, bastante significativas. Para reduzir esta submergência, buscaram-se alternativas de extravasão de parte da vazão afluente ao reservatório para outros locais mais a jusante do barramento do Sítio Pimental, com a incorporação do Vertedouro Complementar acima mencionado. Assim, esta estrutura permitiu a partição das vazões afluentes e viabilizou uma redução da vazão de projeto do vertedouro situado na calha do rio Xingu.

Nesse sentido, há ainda que se ressaltar que o Sítio Bela Vista apresenta características topográficas e condições adequadas de fundação, confirmadas por sondagens rotativas e levantamentos sísmicos, para a implantação dessa estrutura extravasora.

O Vertedouro Complementar foi concebido como um típico extravasor de ombreira, fundado sobre rocha de boa qualidade, apresentando 4 vãos de 20 m de largura e carga de projeto de 20 m. O arranjo foi composto por um vertedouro de superfície de pequena altura em relação à carga de projeto, posicionado em sela topográfica paralela à margem esquerda do rio Xingu, da qual dista menos de 150 m. Para fechamento completo da sela, foram previstas duas barragens laterais de aterro em solo, sendo no contato com o vertedouro seus taludes contidos por muros-ala. Houve a necessidade de se prever a escavação de um canal de aproximação, que acabou servindo de fonte de empréstimo de materiais para as barragens laterais e diques mais próximos.

A implantação desse vertedouro agrega algumas vantagens construtivas, por permitir que o seu cronograma de concretagem e montagem seja totalmente desvinculado do regime hidrológico e das diversas fases de desvio do rio Xingu necessárias à implantação do aproveitamento hidrelétrico, garantindo maior flexibilidade de construção. Além disso, na eventualidade de ser necessário efetuar reparos no Vertedouro Principal, a situação independente da estrutura extravasora complementar poderá permitir uma maior flexibilidade operacional e de segurança para o empreendimento. Neste contexto, também para o caso de uma interrupção brusca na geração da usina principal, o Vertedouro Complementar poderá ser empregado para escoar a vazão em trânsito pelos canais, evitando o lançamento brusco de vazões no Vertedouro Principal, que apresentaria maiores complicadores de ordem ambiental.

O Vertedouro Complementar poderá ainda apresentar algumas vantagens para operações relativas à fauna durante o enchimento do reservatório, devendo ser previstas regras operacionais para tais finalidades no âmbito de um projeto específico contemplado no Programa de Conservação da Fauna. Num primeiro momento, por ocasião do enchimento, esta estrutura poderá ser utilizada no controle do tempo de formação do reservatório, de forma a permitir as atividades de salvamento e/ou facilitar a evasão da fauna remanescente.

a.3) Características Gerais do Sítio Belo Monte

Conforme pode ser observado na **FIGURA 4.2.4-7**, o Sítio Belo Monte localiza-se na margem esquerda do rio Xingu, nas coordenadas geográficas 03° 07' de latitude Sul e 51° 46' de longitude Oeste, cerca de 10 km a jusante da interseção deste corpo hídrico com a rodovia Transamazônica, no local denominado Belo Monte. Neste sítio foi planejado o posicionamento da Casa de Força Principal, motorizada com 20 unidades turbina-gerador do tipo Francis de 550 MW de potência unitária, e respectiva Tomada d'Água – esta desvinculada da Casa de Força -, com seus muros laterais, bem como o Canal de Fuga. Aí são previstas também, para fechamento de vales e selas adjacentes, barragens de terra/enrocamento – denominadas de Barragens Laterais Direita e Esquerda, - além da Barragem do Santo Antônio, esta situada no vale do igarapé homônimo. Completam este sítio três diques, posicionados em vales laterais à Tomada d'Água.

a.4) Canais de Adução e Diques

A **FIGURA 4.2.4-7** permite observar que os canais de adução se constituem em uma série de obras de escavação, não-contínuas, executadas para permitir o escoamento da vazão de projeto da calha natural, a montante do barramento principal no Sítio Pimental, até a Tomada d'Água Principal, no Sítio Belo Monte.

Nesse sentido, é prevista a escavação em solo e rocha, na margem esquerda do rio Xingu, de dois canais de derivação, com emboque situado logo a montante do barramento no Sítio Pimental. Estes canais, a serem implantados nos vales dos igarapés Galhoso e di Maria, têm sua confluência nas coordenadas 400.500 E e 9.634.800 N, seguindo em canal único através do vale do igarapé Paquçamba e apresentando cerca de 12 km de extensão cada um.

Já os diques surgiram, ainda na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, para permitir a criação do trecho do reservatório fora da calha principal, fechando vales de drenagens naturais e pontos de fuga d'água em selas. Na 2ª Etapa, com a modificação do reservatório, foram criados diques novos e suprimidos alguns dos anteriores.

b) Compartimentos Ambientais Associados ao AHE Belo Monte

b.1) Considerações Gerais

O conjunto das descrições feitas nos itens e subitens anteriores permite concluir que a concepção projetada para o AHE Belo Monte nos Estudos de Viabilidade implica numa abrangência espacial bastante significativa por parte das estruturas que compõem o arranjo geral do empreendimento. Neste sentido, a **FIGURA 4.2.4-7** demonstra claramente a dispersão espacial dos diferentes sítios construtivos, justificando uma avaliação do grau de diversidade, entre eles, dos atributos ambientais relevantes a serem direta e indiretamente impactados pelas obras.

Uma abordagem feita inicialmente a partir dos atributos ambientais relevantes de cunho geológico e geomorfológico associados ao Meio Físico já poderá subsidiar a antevisão do grau de diversidade entre as regiões onde estão inseridos os sítios construtivos associados ao AHE Belo Monte. Isto porque tais atributos guardam um caráter de base em relação àqueles relacionados aos Meios Biótico e Socioeconômico e Cultural, provendo os recursos primários para que se estabeleçam as diferentes relações de sistemas produtores e consumidores de recursos que regem a dinâmica ambiental na área de abrangência do empreendimento.

Assim, são caracterizados, a seguir, esses principais atributos ambientais geológicos e geomorfológicos.

b.2) Atributos Ambientais Geológicos e Geomorfológicos e Compartimentação Ambiental Associada

A calha do rio Xingu e seu entorno na região do AHE Belo Monte apresentam expressivas diferenciações que estão bem delimitadas nas regiões “Baixo e Médio Xingu”, tal como estabelecidos a partir da fisiografia da bacia.

O “Baixo Xingu” é integralmente abrangido pela Bacia Sedimentar do Amazonas, verificando-se aí a ocorrência de arenitos, siltitos, folhelhos e conglomerados, aos quais está associada uma morfologia de relevo caracterizada por formas pouco dissecadas em rampas e colinas, além de planícies fluviais, relacionadas às unidades geomorfológicas Depressão do Amazonas e Planície Flúvio-lagunar do Amazonas.

O “Médio Xingu”, na região do AHE Belo Monte, é quase que integralmente inserido nos domínios do Cráton Amazônico, caracterizado, nesta região, pelas rochas cristalinas do Complexo Xingu, sendo observado um relevo predominante de colinas e morrotes, associados aos Planaltos Marginal do Amazonas e Residuais do Sul da Amazônia e à Depressão da Amazônia Meridional, além de planícies fluviais relacionadas aos depósitos aluvionares quaternários. Nas imediações da cidade de Altamira, a calha do rio Xingu secciona em um pequeno trecho a Bacia Sedimentar do Amazonas, com o desenvolvimento de colinas e morrotes, além de terraços.

Desta forma, em um primeiro nível de compartimentação da bacia do rio Xingu na região do AHE Belo Monte, tendo como base os aspectos geológicos e geomorfológicos, podem ser estabelecidos os seguintes macrocompartimentos: “Baixo Xingu” e “Médio Xingu”.

Com o intuito de melhor qualificar ambientes que possam refletir distintas diversidades e interações da biota, bem como natureza e intensidade também diversas das ações antrópicas na calha do rio Xingu, buscou-se uma segmentação desses dois macrocompartimentos a partir de condicionantes geológico-geomorfológicos localizados. Neste contexto, essa segmentação foi estabelecida pautada nos seguintes fatores:

- Ambientes deposicionais (ilhas aluviais e planícies fluviais);
- Ambientes de exposição do substrato rochoso (pedrais); e
- Condicionamento estrutural de canais.

Uma vez estabelecido esse segundo nível de compartimentação da bacia do rio Xingu na região do AHE Belo Monte, embasado nos aspectos dominantes do Meio Físico, pode-se cotejá-los não só com os espaços qualificados para a análise do empreendimento em função de seus sítios construtivos como também à luz daqueles onde serão verificados efeitos diferenciados decorrentes da operação do AHE.

Com relação a esses espaços de análise do empreendimento, verifica-se, pela **FIGURA 4.2.4-7**, que o barramento projetado para implementação no Sítio Pimental acarretará na formação do reservatório subdividido em duas “partes”: os denominados “Reservatório do Xingu e “Reservatório dos Canais”, este a ser configurado pela vazão a ser aduzida pelos Canais de Derivação e conformado pelos diques para fechamento de vales e selas adjacentes.

A estes dois compartimentos encontram-se associadas características de projeto também diferenciadas, tais como estudos de vida útil, de enchimento, de determinação da borda livre e dos efeitos do remanso.

Por um raciocínio semelhante, se pode verificar que a redução de vazão decorrente da operação do AHE Belo Monte impactará, também diretamente, uma outra região, significativamente extensa e prolongando-se até a restituição das vazões turbinadas pela Casa de Força Principal à calha do rio Xingu.

Também potencialmente diferenciada mostra-se a região a jusante desse ponto de restituição no Sítio Belo Monte, que deve ser analisada frente aos impactos decorrentes de ações geradoras associadas à implantação e operação do empreendimento, ações estas que mostram-se diversas daquelas que terão características e áreas de atuação associadas às obras dos sítios Pimental, Bela Vista, dos canais de adução e dos diques, bem como àquelas que serão verificadas, quando da entrada em funcionamento do AHE Belo Monte, no trecho do rio Xingu a sofrer redução de vazão.

Assim, em função do acima exposto, aprofundou-se na qualificação dos atributos do Meio Físico para os seguintes espaços de avaliação, ou compartimentos ambientais associados ao AHE Belo Monte:

- Reservatório do Xingu;
- Reservatório dos Canais;
- Trecho de Vazão Reduzida (TVR); e
- Trecho a jusante da Casa de Força Principal, ou Trecho de Restituição das Vazões (TRV).

De forma a retratar o processo de análise realizado, se tem, inicialmente, o **QUADRO 4.2.4-3**, que apresenta uma descrição da macrocompartimentação da bacia do rio Xingu e sua decorrente compartimentação conforme atributos ambientais geológicos e geomorfológicos.

QUADRO 4.2.4-3

Compartimentação da Bacia do Rio Xingu - Região do AHE Belo Monte - Atributos Geológicos e Geomorfológicos

Continua

Macrocompartimentos	Compartimentos	Localização e Características
A – Baixo Xingu Características Gerais: Área integralmente abrangida pela Bacia Sedimentar do Amazonas, predominando morfologias da Depressão do Amazonas e, subordinadamente, da Planície Fluvio-lagunar do Amazonas.	A1 – Ria do Xingu	Compreende o trecho da calha do rio Xingu desde a sua foz no rio Amazonas até cerca de 140km a montante, onde tem início uma área de concentração de grandes ilhas aluviais e bancos de areia (tabuleiros). O rio Xingu neste compartimento segue a orientação geral NNW, apresenta as características morfológicas dos rios da Planície Amazônica, com planícies de inundação bem desenvolvidas, e está sob influência do efeito de maré na estiagem. Neste trecho a calha do rio Xingu corta as rochas sedimentares da Formação Alter do Chão (arenitos friáveis com níveis conglomeráticos e argilosos). O relevo desta região é dominado por formas de dissecação em rampas e colinas, com altitudes entre 40 e 80m.
	A2 – Tabuleiros	Compreende o trecho do rio Xingu, com cerca de 45km de extensão, que engloba uma área de concentração de grandes ilhas aluviais e bancos de areia (tabuleiros) situada imediatamente a montante da Ria do Xingu. Este trecho também está sob influência do efeito de maré na estiagem. A calha do rio apresenta orientação NW e corta as rochas sedimentares da Formação Alter do Chão (arenitos friáveis com níveis conglomeráticos e argilosos). O relevo no entorno deste compartimento é caracterizado por formas dissecadas em rampas e colinas, com altitudes entre 40 e 100m.
	A3 – Trecho Tabuleiros / Vila Belo Monte	Compreende o trecho da calha do rio Xingu situado entre a extremidade de montante da área dos tabuleiros até as imediações da localidade de Belo Monte, atingindo uma extensão de aproximadamente 20km. Este trecho está sob influência do efeito de maré no período de estiagem. A calha do rio apresenta orientação E-W próximo à Belo Monte, inflertindo, em seguida, para NW. A calha do rio Xingu corta as rochas sedimentares paleozóicas das Formações Curuá, Ererê, Maecuru e Trombetas (arenitos, folhelhos, siltitos, ritimitos e conglomerados). No entorno deste compartimento são observados terraços fluviais, colinas e morrotes.
B – Médio Xingu	B1 – Trecho Vila Belo Monte / Jusante Bacajá	Compreende o trecho da calha do rio Xingu que se estende desde as imediações da localidade de Belo Monte até cerca de 4km a jusante da foz do rio Bacajá, atingindo uma extensão de 50km. A calha do rio apresenta, desde as imediações da foz do Bacajá, uma orientação NNE, inflertindo para W próximo à localidade de Belo Monte. Neste trecho a calha do rio expõe as rochas graníticas do Complexo Xingu em amplas áreas, configurando os pedrais e evidenciando uma profusão de canais condicionados por estruturas (falhas e fraturas) com direções predominantes NW-SE, NE-SW e E-W. O entorno da calha do rio Xingu neste trecho é dominado por colinas pertencentes à Depressão da Amazônia Meridional, além de morrotes e morros representativos dos Planaltos Residuais do Sul da Amazônia.
	B2 – Jusante Bacajá / Ilha da Taboca	Compreende a porção sul da Volta Grande do Xingu, estendendo desde 4km a jusante da foz do rio Bacajá até a extremidade de montante da ilha da Taboca, totalizando uma extensão de cerca de 55km. Desde a ilha da Taboca a calha do rio tem uma orientação SE por cerca de 30km, quando inflete para NE até o limite do compartimento. Neste trecho, a calha do rio corta as rochas graníticas do Complexo Xingu, sendo observada uma ampla distribuição de ilhas aluviais (planícies de inundação) delimitadas por canais com condicionamento estrutural (falhas e fraturas) nas direções NW-SE, NE-SW e E-W. O entorno da calha do rio Xingu neste trecho é dominado por colinas médias e pequenas pertencentes à Depressão da Amazônia Meridional, morrotes e morros representativos dos Planaltos Residuais do Sul da Amazônia.

QUADRO 4.2.4-3

Compartimentação da Bacia do Rio Xingu - Região do AHE Belo Monte - Atributos Geológicos e Geomorfológicos

Continuação

Macrocompartimentos	Compartimentos	Localização e Características
B – Médio Xingu Características Gerais: Amplo domínio do Cráton Amazônico com ocorrência de rochas graníticas, subordinadamente, nas imediações de Altamira, abrangência da Bacia Sedimentar do Amazonas. Na margem esquerda do rio predominam morrotes e morros e colinas médias do Planalto Marginal do Amazonas. Na margem direita estão presentes morrotes e morros dos Planaltos Residuais do Sul da Amazônia e colinas médias e pequenas da Depressão da Amazônia Meridional.	B3 – Ilha da Taboca / Paratizinho	Compreende o trecho da calha do rio Xingu situado entre a extremidade de montante da ilha da Taboca até as imediações do Paratizinho, atingindo uma extensão de cerca de 20km e apresentando uma orientação SE. Neste trecho a calha do rio expõe as rochas graníticas do Complexo Xingu formando pedrais e exibindo uma rede de canais condicionada por estruturas (falhas e fraturas) nas direções predominantes NW-SE, NE-SW e E-W. Também são observadas algumas ilhas aluviais (planícies de inundação) neste trecho. O entorno da calha do rio Xingu neste trecho é dominado por colinas, representativas da Depressão da Amazônia Meridional, e morrotes e morros dos Planaltos Residuais do Sul da Amazonia.
	B4 – Paratizinho – Ilha Babaquara	Compreende o trecho entre Paratizinho e a extremidade de jusante a ilha Babaquara, atingindo uma extensão de cerca de 18km. Neste compartimento a calha do rio Xingu retorna aos domínios da Bacia Sedimentar do Amazonas cortando as rochas sedimentares das Formações Trombetas, Maecuru, Ererê, Curuá e Alter do Chão (arenitos, folhelhos, siltitos, ritimitos e conglomerados) e vulcânicas básicas representadas pelo Diabásio Penatecaua. A calha apresenta uma orientação S-N, passando a W-E a partir da cidade de Altamira. Este compartimento apresenta algumas ilhas aluviais (planícies de inundação) e raros pedrais. O relevo na margem direita da calha é dominado por colinas, da Depressão da Amazônia Meridional, e morrotes e morros dos Planaltos Residuais do Sul da Amazônia. Na margem esquerda, além de formas colinosas do Planalto Marginal do Amazonas, são verificados expressivos terraços.
	B5 – Ilha Babaquara / Montante Ilha Grande	Compreende o trecho da calha do rio Xingu entre a extremidade de jusante da ilha Babaquara e a extremidade de montante da ilha Grande, alcançando cerca de 45km de extensão. Neste compartimento a calha do rio tem uma orientação NE e corta as rochas graníticas do Complexo Xingu, sendo observadas amplas ilhas aluviais (planícies de inundação) delimitadas por canais com condicionamento estrutural (falhas e fraturas) nas direções NW-SE, NE-SW e E-W. O relevo na entorno da calha neste compartimento é dominado por colinas, da Depressão da Amazônia Meridional, e morrotes e morros dos Planaltos Marginal do Amazonas e Residuais do Sul da Amazônia. Os aspectos físicos deste compartimento guardam estreitas semelhanças com aqueles verificados no compartimento B2 – Jusante Bacajá / Ilha da Taboca.
	B6 – Ilha Grande / Confluência Xingu-Iriri	Compreende o trecho da calha do rio Xingu entre a extremidade de montante da ilha Grande e a confluência dos rios Xingu e Iriri, com uma extensão de cerca de 27km. Neste compartimento a calha do rio tem uma orientação NE e expõe as rochas graníticas do Complexo Xingu, configurando amplas áreas de pedrais e evidenciando uma rede de canais com nítido controle estrutural (falhas e fraturas). No entorno da calha é observado um relevo caracterizado por colinas, da Depressão da Amazônia Meridional, e morrotes e morros dos Planaltos Marginal do Amazonas e Residuais do Sul da Amazônia. Os aspectos físicos deste compartimento guardam estreitas semelhanças com aqueles verificados no compartimento B1 – Trecho Belo Monte / Jusante Bacajá.

A FIGURA 4.2.4-8 permite a visualização dos compartimentos ambientais identificados no QUADRO 4.2.4-3 ao longo dos macrocompartimentos “Baixo Xingu” e “Médio Xingu”.

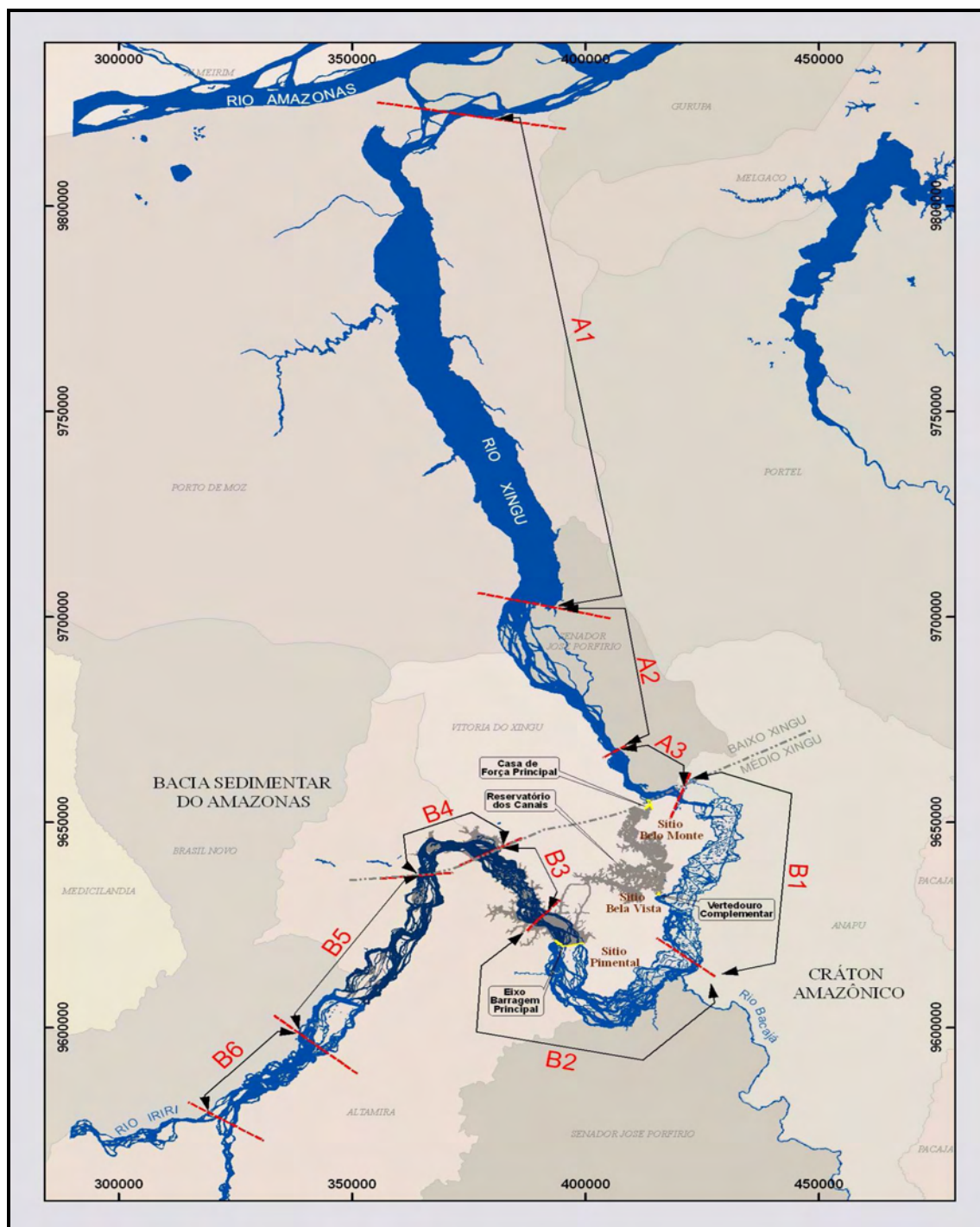


FIGURA 4.2.4- 8 – Compartimentação Geológico-geomorfológica nos “Baixo Xingu” e “Médio Xingu” na Região de Implantação do AHE Belo Monte

Uma vez identificados os compartimentos geológico-geomorfológicos no “Baixo Xingu” e no “Médio Xingu”, procedeu-se à correlação, nestes compartimentos, dos sítios construtivos e dos trechos que sofrerão consequências diretas da operação do empreendimento, resultando no esquema ilustrado no **QUADRO 4.2.4-4**

QUADRO 4.2.4-4

Correlação entre os Espaços de Análise do Empreendimento e os Compartimentos Geológico-geomorfológicos no “Baixo Xingu” e no “Médio Xingu

Macrocompartimentos do Meio Físico	Compartimentos do Meio Físico considerando os Atributos Geológicos e Geomorfológicos	Espaços de Análise do Empreendimento	
		Na calha do rio Xingu	Esternamente a calha do rio Xingu
A – Baixo Xingu	A1 – Ria do Xingu		
	A2 – Tabuleiros		
	A3 – Tabuleiros / Vila Belo Monte	Trecho de Restituição de Vazão (TRV)	
B – Médio Xingu	B1 – Belo Monte / Jusante Bacajá	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Reservatório dos Canais
	B2 – Jusante Bacajá / Ilha da Taboca		
	B3 – Ilha da Taboca / Paratizinho		
	B4 – Paratizinho / Ilha Babaquara	Reservatório do Xingu	
	B5 – Ilha Babaquara / Ilha Grande		
	B6 – Ilha Grande / Confluência Xingu-Iriri		

Por fim, relacionam-se, no **QUADRO 4.2.4-5**, os principais atributos ambientais associados a cada um dos espaços de análise do empreendimento, com base na correlação de localização estabelecida com os compartimentos geológico-geomorfológicos identificados no “Baixo Xingu” e no “Médio Xingu”, tendo em vista a região de inserção do AHE Belo Monte.

Verifica-se, assim, que a cada espaço de análise do empreendimento correspondem atributos ambientais diferenciados, levando à conclusão de que, a caracterização do empreendimento já deve ser feita contemplando os compartimentos ambientais identificados. Assim, poderão ser detalhados, por área de atuação dos impactos, os fatores geradores dos mesmos associados às diferentes obras e estruturas previstas para compor o AHE Belo Monte, bem como aos aspectos operacionais do empreendimento.

Nesse contexto, este EIA considera uma segmentação da totalidade da área a ser diretamente afetada pelo AHE Belo Monte em quatro compartimentos ambientais, visando uma caracterização diagnóstica e o desenvolvimento de um processo de identificação e avaliação de impactos melhor embasados, de forma a conduzir a uma análise integrada também mais aprimorada dos efeitos do empreendimento sobre os diferentes fatores ambientais.

Essa compartimentação ambiental pode ser visualizada no **FIGURA 4.2.4-7**. Assim, a partir deste ponto se passa a associar as características e detalhes de cada sítio construtivo antes abordado com cada um desses compartimentos.

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Continua

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte				
	Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)
Correlação com Compartimentos Ambientais dos “Baixo Xingu” e “Médio Xingu”	- Trecho da calha do rio Xingu compreendido entre a Ilha Grande e o Sítio Pimental. De montante para jusante, este espaço de análise abrange parcialmente o compartimento B6, integralmente os compartimentos B5, B4, B3 e parcialmente o compartimento B2.	- O Reservatório dos Canais está posicionado na porção interna da Volta Grande do Xingu. Este espaço de análise está inserido no macrocompartimento Médio Xingu.	- Este trecho possui cerca de 100 km de extensão e está compreendido entre o sítio Pimental e o local de restituição das vazões turbinadas ao curso normal do rio Xingu, nas imediações da Casa de Força Principal, próximo à vila de Belo Monte. De montante para jusante, este espaço de análise é integralmente abrangido pelos compartimentos B1 e B2 e uma pequena extensão (cerca de 4 km) do compartimento A3.	- Este trecho se estende por cerca de 15 km a jusante do local de restituição das vazões turbinadas ao curso normal do rio Xingu, nas imediações da Casa de Força Principal, próximo à vila de Belo Monte. Corresponde à grande parte do compartimento A3.
Aspectos hidráulicos do rio Xingu	- Desde a confluência com o rio Iriri até as imediações da cidade de Altamira, o rio Xingu tem uma orientação geral SW-NE, quando inflerte para E e em seguida para SE até atingir o Sítio Pimental;		- Desde o sítio Pimental o rio Xingu tem uma orientação geral NW-SE por cerca de 22 km, quando inflerte para NE e em seguida para N; - Densa rede de canais, com nítido controle estrutural, conjugada com amplas áreas de pedrais;	- Orientação E-W passando a NNW; - Rio encaixado com predomínio de um canal único em forma de “U”; - Poucas ilhas aluviais; - Planícies de inundação restritas; - Influência do efeito de maré no período de estiagem.

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Continuação

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte			
Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)
Aspectos hidráulicos do rio Xingu (continuação) - No trecho compreendido entre o remanso do reservatório e a ilha Babaquara (compartimento B5) o rio é encaixado, apresenta declividades da ordem de 0,13m/km, alternando trechos encachoeirados com corredeiras e trechos mais profundos, observando amplas ilhas aluviais e controle estrutural dos canais; - O trecho adjacente a Altamira, entre as ilhas Babaquara e Paratizinho (compartimento B4) apresenta uma morfologia típica de rios da Planície Amazônica, com vale fluvial encaixado, declividade da ordem de 0,05m/km, apresentando ilhas aluviais; - No trecho entre Paratizinho e a ilha da Taboca (compartimento B3) a declividade é da ordem de 0,35m/km, observando uma rede de canais estruturalmente condicionada;		- A declividade no trecho entre o Sítio Pimental e a confluência do rio Bacajá e da ordem de 0,20 m/km e no trecho a jusante da foz do rio Bacajá a declividade atinge 1,20 m/km; - Os principais afluentes pela margem direita são os rios Bacajá, Bacajaí, Ituna e Itatá; - Os afluentes pela margem esquerda são de pequeno porte quando comparados com os da margem direita (o maior deles tem bacia de contribuição da ordem de 150 km²); - No trecho do Sítio Pimental à foz do rio Bacajá o canal preferencial (navegável na estiagem) é próximo à margem direita; - A partição das vazões entre os Sítios Pimental e Cana Verde I é de cerca de 10% das vazões pela margem esquerda; - No canal da margem esquerda, próximo à aldeia Paquicamba, tem-se a veiculação de cerca de 5% das vazões na estiagem, 20% nas vazões próximas a 10.000 m³/s, e da ordem de 30% nas cheias;	

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Continuação

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte			
Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)
Aspectos hidráulicos do rio Xingu (continuação)	- No trecho entre a ilha da Taboca e o Sítio Pimental, a declividade é da ordem de 0,07m/km, sendo observada a formação de ilhas aluviais.	- As profundidades são extremamente variáveis, atingindo um máximo de 34 m nas mais profundas (cheias), um mínimo de 5 m nas mais rasas (estiagem - região dos pedrais); - As velocidades são da ordem de 0,1 m/s na estiagem a 1,0 m/s nas cheias.	
Aspectos geológicos e estruturais da calha e entorno imediato	- Domínio do Cráton Amazônico com ocorrência das rochas graníticas, migmatíticas e xistosas do Complexo Xingu nos trechos Paratizinho / Sítio Pimental e montante da ilha Babaquara e em seus entornos (compartimentos B5, B3 e B2); - Domínio da Bacia Sedimentar do Amazonas no trecho ilha Babaquara / Paratizinho (compartimento B4) e no seu entorno, com ocorrência de rochas sedimentares das Formações Trombetas, Maecuru, Ererê e Curuá (folhelhos, ritimitos, siltitos, arenitos e conglomerados), por vezes abrigando cavidades naturais, e rochas vulcânicas básicas (Diabásio Penatecaua);	- Amplo domínio do Cráton Amazônico com ocorrência de migmatitos e gnaisses do Complexo Xingu e, subordinadamente, bordejando as porções oeste e noroeste do reservatório, são verificadas rochas sedimentares das Formações Trombetas (ritimitos, folhelhos, siltitos, arenitos e conglomerados) e Maecuru (arenitos e conglomerados), unidades componentes da Bacia Sedimentar do Amazonas; - Ocorrências de cavidades naturais em arenitos da Formação Maecuru; - Marcante susceptibilidade erosiva dos arenitos da Formação Maecuru.	- Ocorrência de migmatitos do Complexo Xingu por toda a margem esquerda, sendo que esses litótipos também ocorrem na margem direita desde a confluência do rio Bacajá com o rio Xingu até as imediações de Belo Monte; - Na margem direita, desde o sítio Pimental até a região onde o rio Xingu inflerte para NE, predomina a sequência metavulcano-sedimentar do Complexo Xingu (rochas metamáficas e ultramáficas, formações ferríferas bandadas, metarenitos, metassiltitos e metaconglomerados), sendo que na região onde ocorre a inflexão para NE, são verificadas rochas graníticas; - Ocorrência de rochas sedimentares das Formações Maecuru (arenitos e conglomerados), Ererê (siltitos, folhelhos, arenitos e conglomerados) e Curuá (folhelhos e siltitos), sendo estas unidades cortadas por falhamentos NE-SW; - Expressivos depósitos aluvionares na margem direita; - Marcante susceptibilidade erosiva dos arenitos da Formação Maecuru.

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Continuação

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte			
Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)
Aspectos geológicos e estruturais da calha e entorno imediato (continuação) - Expressivos depósitos aluvionares desde as imediações do Paratizinho até o remanso do reservatório (compartimentos B4 e B5) e na região da ilha da Taboca (compartimento B3); - Marcante ocorrência de falhas e fraturas nas direções NE-SW, NW-SE e E-W condicionando os canais do rio; - Ocorrências de cavidades em arenitos da Formação Maecuru nas imediações de Altamira (compartimento B4); - Marcante susceptibilidade erosiva dos arenitos da Formação Maecuru (compartimento B4).		- Por todo o compartimento são verificadas estruturas (extensos falhamentos e fraturamentos) nas direções NW-SE, NE-SW e E-W; - Expressivos depósitos aluvionares no trecho compreendido entre o Sítio Pimental e a foz do Bacajá (compartimento B2); - Ocorrência de amplos depósitos aluvionares nos tributários da margem direita (Itata, Ituna, Bacajaí e Bacajá); - São restritos os depósitos aluvionares no trecho a jusante da foz do rio Bacajá até as imediações da localidade de Belo Monte (compartimento B1).	

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Continuação

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte			
Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)
Recursos minerais na calha e entorno imediato - Ocorrência de ouro na margem direita do rio Xingu a montante de Altamira. - Depósitos de argila (aluviões e terraços fluviais) e areia e cascalho (leito do rio Xingu) nas imediações de Altamira (Potencialidade 1); - Possibilidade de ocorrência de ouro associada a sulfetos (pirita) nos folhelhos das Formações Curuá e Trombetas, porém sem registros diretos de mineralização (Potencialidade 3); - Ocorrências de areia e cascalho nas imediações da ilha Babaquara (Potencialidade 2); - Possibilidade de ocorrência de depósitos de areia e cascalho no trecho Paratizinho / Sítio Pimental e a montante da ilha Babaquara, porém sem registros diretos (Potencialidade 3).	- Possibilidade de ocorrência de bauxita em rochas da Formação Alter do Chão que bordejam as porções oeste e noroeste do reservatório dos canais, porém sem registros diretos de mineralização (Potencialidade 3).	- Ocorrência de depósitos primários e secundários de ouro nas regiões dos rios Itata, Bacajaí e Bacajá e igarapé Lau-Labu (Potencialidade 1); - Possibilidade de ocorrência de depósitos de areia e cascalho no trecho Paratizinho / Sítio Pimental e a montante da ilha Babaquara, porém sem registros diretos (Potencialidade 3); - Ocorrência de ouro secundário na calha do rio Xingu desde a região da Ressaca até as imediações da localidade de Belo Monte (Potencialidade 2); - Possibilidade de ocorrência de bauxita em rochas da Formação Alter do Chão que ocorrem na margem direita do rio Xingu, próximo à localidade de Belo Monte, porém sem registros diretos de mineralização (Potencialidade 3).	- Possibilidade de ocorrência de bauxita em rochas da Formação Alter do Chão na extremidade de jusante da Área Diretamente Afetada, porém sem registros diretos de mineralização (Potencialidade 3).

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Continuação

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte			
Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)
Unidades geomorfológicas e formas de relevo na calha e entorno imediato O trecho compreendido entre a ilha Babaquara e o remanso do reservatório (compartimento B5) está inserido em terrenos da Depressão da Amazônia Meridional, sendo caracterizados por um relevo arrasado, com altitude variando entre 100 e 150m, com predomínio de colinas; Morros e morrotes pertencentes aos Planaltos Residuais da Amazônia estão presentes de forma esparsa ao longo do entorno do reservatório; Ao longo da calha do rio são observadas expressivas ilhas aluviais e pedrais; No trecho Paratizinho / Sítio Pimental (compartimentos B3 e B2) predominam as colinas da Depressão da Amazônia Meridional e morrotes representativas dos Planaltos Residuais do Sul da Amazônia, sendo que na calha do rio são observadas áreas de pedrais e ilhas aluviais;	- Amplo domínio da unidade geomorfológica Depressão da Amazônia Meridional, verificando-se a ocorrência de colinas; - Bordejando a porção oeste do reservatório tem-se a unidade Planalto Marginal do Amazonas, predominando morrotes e morros com altitudes entre 140 e 200m; - Nos terrenos do entorno do reservatório observa-se erosão laminar e em sulcos de média a baixa intensidade, havendo possibilidade de escorregamentos nas áreas mais íngremes.	- A margem esquerda da Volta Grande do Xingu é dominada pela unidade geomorfológica Depressão da Amazônia Meridional, caracterizada por formas colinosas; - Pela margem direita, entre o Sítio Pimental e a região da inflexão do curso do rio Xingu para NE (compartimento B2), predomina a unidade geomorfológica Planaltos Residuais do Sul da Amazônia com morrotes e morros; - Da região da inflexão para jusante (compartimentos B2 e B1), a margem direita está na Depressão Meridional da Amazônia, caracterizada por um relevo arrasado, com altitude variando entre 60 e 120m, com predomínio de colinas de topo aplanado; - Ilhas aluviais e pedrais são verificados na calha do Xingu entre o Sítio Pimental e a foz do rio Bacajá (compartimento B2);	- Domínio da unidade geomorfológica Depressão da Amazônia Meridional, verificando-se a ocorrência de colina; - Ocorrência na margem direita de uma ampla área de terraço; - No entorno da calha do rio a erosão laminar e em sulcos é de baixa intensidade.

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Continuação

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte			
	Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)
	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)		
Unidades geomorfológicas e formas de relevo na calha e entorno imediato (continuação)	- O trecho ilha Babaquara / Paratizinho é abrangido pelo Planalto Marginal do Amazonas, predominando colinas com altitudes entre 120 e 190 m e terraços, bem como algumas planícies de inundação; - A erosão laminar e em sulcos dos terrenos no entorno do reservatório são ocasionais e de baixa intensidade, sendo que nas áreas de escarpas podem ocorrer escorregamentos localizados.		- A jusante da foz do rio Bacajá (compartimento B1) são restritas as ilhas aluviais e os pedrais ocupam grande parte da calha do rio; - A erosão laminar e em sulcos dos terrenos no entorno da Volta Gande do Xingu são ocasionais e de baixa intensidade nas formas colinosas, nas áreas de morrotes e morros os processos erosivos são mais significativos.
Classes de solos e aptidão agrícola	- Nas ilhas aluviais no trecho compreendido entre a ilha Babaquara e o remanso do reservatório (compartimento B5) predominam os neossolos flúvicos e os afloramentos rochosos, sendo que na margem esquerda predominam os argissolos vermelho-amarelos e amarelos e na margem esquerda os argissolos e latossolos vermelho-amarelos;	- Amplo domínio dos argissolos vermelho-amarelos e subordinadamente cambissolos, neossolos litólicos, afloramentos rochosos e argissolos acinzentados; - Predomínio de terrenos com aptidão agrícola restrita para lavoura em pelo menos um dos níveis de manejo, subordinadamente têm-se terrenos com aptidão boa no nível de manejo C e aptidão restrita para pastagem plantada no nível de manejo B.	- Nas ilhas aluviais no trecho Sítio Pimental / foz do rio Bacajá (compartimento B2) predominam os gleissolos háplicos e os neossolos flúvicos; - Em ambas as margens predominam dos argissolos vermelho-amarelos; - Quase toda a extensão da margem direita apresenta aptidão agrícola boa para lavoura em pelo menos um dos níveis de manejo;
			- Na margem direita predominam os cambissolos e os latossolos Amarelos; - Na margem esquerda predominam os nitossolos háplicos e, subordinadamente, os argissolos vermelho-amarelos e os argissolos amarelos; - Na margem esquerda a aptidão agrícola é boa para lavoura em pelo menos um dos níveis de manejo;

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Continuação

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte			
Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)
Classes de solos e aptidão agrícola (continuação) - Nas planícies de inundação do trecho ilha Babaquara / Paratizinho (compartimento B4) predominam os gleissolos háplicos, sendo que na margem direita são observados gleissolos háplicos e argissolos amarelos e na margem esquerda têm-se os argissolos vermelho-amarelos, os planossolos hidromórficos e uma ampla área de ocorrência de nitossolos vermelhos; - No trecho Paratizinho / Sítio Pimental (compartimentos B3 e B2) predominam nas ilhas aluviais os gleissolos háplicos e nas demais os afloramentos rochosos, sendo que nas margens predominam os argissolos vermelho-amarelos; - Predomínio nas ilhas aluviais de terrenos com aptidão agrícola restrita para lavoura em um dos níveis de manejo;		- Nas ilhas aluviais e nos terrenos da margem esquerda predomina a aptidão restrita para a lavoura em pelo menos um dos níveis de manejo.	- Na margem direita uma parte dos terrenos apresenta aptidão regular para lavoura em pelo menos um dos níveis de manejo e outra parte apresenta aptidão restrita para lavoura em pelo menos um dos níveis de manejo.

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Continuação

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte			
Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)
Classes de solos e aptidão agrícola (continuação) - Grande variabilidade das classes de aptidão agrícola em ambas as margens, sendo observado terrenos com aptidão boa a restrita para lavoura em um dos níveis de manejo e aptidão boa para pastagem plantada no nível de manejo B.			
Unidades aquíferas - Nos entornos dos trechos Paratizinho / Sítio Pimental e ilha Babaquara / remanso do reservatório (compartimentos B5, B3 e B2) os aquíferos são fissurados; - No entorno do trecho ilha Babaquara / Paratizinho (compartimento B4) os aquíferos são porosos nas áreas de ocorrência das rochas sedimentares e fissurados nas áreas de ocorrência do Diabásio Penatecaua; - Na ilhas aluviais os aquíferos são porosos no pacote sedimentar e fissurados no substrato granítico; - Captação de águas subterrâneas por meio de poços tubulares e cacimbas na cidade de Altamira.	- Predomínio de aquíferos fissurados nos domínios do Cráton Amazônico (rochas graníticas do Complexo Xingu); - Ocorrência localizada de aquíferos porosos em depósitos aluvionares recentes e em rochas sedimentares da Bacia do Amazonas.	- Predomínio de aquíferos fissurados nos domínios do Cráton Amazônico (rochas graníticas do Complexo Xingu); - Ocorrência localizada de aquíferos porosos em depósitos aluvionares recentes; - Captação de água subterrânea por meio de poços na ilha da Fazenda.	- Ocorrência de aquíferos porosos em depósitos aluvionares recentes e em rochas sedimentares da Bacia do Amazonas; - Ocorrência restrita de aquíferos fissurados nas rochas vulcânicas básicas representadas pelo Diabásio Penatecaua.

QUADRO 4.2.4-5

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte (Compartimentos Ambientais do Empreendimento)

Espaços Qualificados para Análise Ambiental do AHE Belo Monte				Conclusão
Reservatório do Xingu	Reservatório dos Canais	Trecho de Vazão Reduzida (TVR)	Trecho de Restituição de Vazões (TRV)	
Uso da terra (cobertura vegetal e ação antrópica) - Predomínio de florestas aluviais na calha do rio Xingu; - Parte da área urbana de Altamira e principais praias na área de inundação; - Predomínio de áreas de pastagem plantada em ambas as margens; - Extração de cascalho, argila e areia.	- Presença de agricultura de subsistência na área dos canais de derivação; - Predomínio de áreas de pastagem plantada no restante da área; - Vegetação de florestas ombrófilas e capoeiras; - Maior concentração de produtores de cacau na área dos Canais de Derivação.	- Presença de Terras Indígenas (Paquiçamba, Arara da Volta Grande), vilas de Belo Monte do Pontal, da Ressaca e da Fazenda; Garimpo de ouro do Galo e da Ressaca e comunidades de Cana Verde e São Pedro; - Pesca comercial de peixes ornamentais; - Predomínio de vegetação dos pedrais; - Trecho com maiores e mais conservados remanescentes florestais, em especial nas proximidades da foz do rio Bacajá e nas terras indígenas.	- Área com predomínio de pastagens plantadas no entorno, - Presença do terminal de desembarque de combustível da Petrobrás; - Presença da comunidade de São Pedro na margem esquerda do rio Xingu.	

b.3) Compartimentos Ambientais

– Compartimento Ambiental “Reservatório do Xingu”

Compreende todas as estruturas e infra-estrutura de construção associadas ao Sítio Pimental, bem como o denominado “reservatório do Xingu”.

Esta parte do reservatório, a localizar-se a montante dos dois Canais de Derivação, se constitui, basicamente, da calha natural do rio Xingu, com a incorporação de pequenas áreas laterais de inundação e da maioria de ilhas e pedrais posicionados no leito. Apresenta as seguintes características físicas principais:

- Nível d’água Máximo Normal: cota 97,0 m;
- Extensão total desenvolvida na cota 97,0 m: 84 km;
- Área na cota 97,0 m: 382 km²;
- Perímetro na cota 97,0 m: 549 km; e
- Profundidade média para a cota 97,0 m: 6,2 m

– Compartimento Ambiental “Reservatório dos Canais”

Com as águas derivadas pelos Canais de Derivação, o “Reservatório dos Canais” situar-se-á na margem esquerda do rio Xingu, conformado pela aglutinação de cinco sub-bacias de pequenos tributários desse corpo hídrico (igarapés). Esta parte do reservatório desenvolve-se no sentido Oeste-Leste. Este será confinado através da construção de diques sobre o leito desses pequenos afluentes, interceptando os vales desses igarapés que drenam para o rio Xingu. Além destes, e conforme antes abordado, alguns outros diques estão previstos para construção em pontos de fuga (selas topográficas) entre as sub-bacias dos igarapés confinados.

O “reservatório dos canais” apresenta as seguintes características físicas principais:

- Nível d’água Máximo Normal: cota 96,0 m;
- Nível d’água Máximo operativo: cota 97,0 m;
- Extensão total desenvolvida na cota 97,0 m: 50 km;
- Área na cota 97,0 m: 134 km²;
- Perímetro na cota 97,0 m: 294 km; e
- Profundidade média para a cota 97,0 m: 17,6 m

Dessa forma, essa parte do reservatório, todas as estruturas acima elencadas e considerando-se, adicionalmente, aquelas – obras e infra-estrutura de construção – associadas ao sítio Bela Vista, configuram o compartimento ambiental em epígrafe.

– **Compartimento Ambiental “Trecho de Vazão Reduzida - TVR”**

Conforme já expresso anteriormente, o arranjo das estruturas do AHE Belo Monte prevê a derivação de vazões do rio Xingu, na altura do sítio Pimental, para a Casa de Força Principal, posicionada fora da calha natural, localizada no Sítio Belo Monte. Esta configuração cria um trecho de vazões reduzidas, a jusante do barramento principal, na Volta Grande do Xingu, com extensão de, aproximadamente, 100 km (vide **FIGURA 4.2.4-9**).

Os principais afluentes ao rio Xingu, neste trecho, são os rios Itatá, Bacajaí e Bacajá, pela margem direita, sendo o rio Bacajá o mais importante deles, com área de drenagem de 23.070 km². (vide **FIGURA 4.2.4-10**). O restante da contribuição entre o local do barramento no Sítio Pimental e o da Casa de Força Principal, pela margem esquerda, deve-se a pequenos córregos (igarapés) situados na Volta Grande.

Este compartimento ambiental, aqui denominado de “trecho de vazão reduzida”, ficaria comprometido caso o desvio das vazões do Xingu fosse total. Assim, nos Estudos de Viabilidade foram estudadas alternativas otimizadas para a manutenção de um fluxo de águas neste trecho, compreendendo, assim, os valores das vazões remanescentes no estirão de jusante. De forma conclusiva, nos Estudos de Viabilidade optou-se pela manutenção de um hidrograma mínimo para vertimento no estirão de jusante com o intuito de serem preservadas as condições ambientalmente mais favoráveis para este trecho do rio.

A princípio, não estão previstas obras neste compartimento ambiental. Entretanto, a discussão a respeito das questões ambientais e a manutenção do ecossistema podem conduzir à proposição de medidas estruturais que serão discutidas ao longo deste EIA e propostas, se for o caso.



FIGURA 4.2.4-9 – Vista aérea do Compartimento Ambiental “Trecho de Vazão Reduzida – TVR no período de estiagem, com o canal preferencial de escoamento em primeiro e último plano



FIGURA 4.2.4-10 -Vista aérea do rio Bacajá, principal afluente do rio Xingu no TVR

– **Compartimento Ambiental “Trecho de Restituição de Vazões - TRV”**

Este compartimento (**FIGURA 4.2.4-11**) compreende todas as estruturas previstas para o Sítio Belo Monte, bem como a infra-estrutura de construção para tal, estendendo-se, no entanto, até uma determinada distância, a jusante do canal que restituirá as vazões turbinadas pela Casa de Força Principal até a calha do rio Xingu, de forma a abarcar a área de abrangência dos impactos diretos advindos não só da implantação das obras no supracitado sítio, como também aqueles decorrentes da operação do AHE Belo Monte.



FIGURA 4.2.4-11– Vista aérea de parte do Trecho de Restituição de Vazões nas proximidades do terminal portuário da Petrobrás.

4.2.4.4 Considerações Gerais sobre a Infra-estrutura para Construção

As instalações infra-estruturais associadas à construção da obra hidroenergética referem-se, basicamente, a construções de vilas residenciais e alojamentos para os funcionários da obra, melhorias ou construção de estradas de acesso às frentes de obras e de elementos da infraestrutura hidroviária, rede de suprimento energético e de telecomunicação, instalações dos canteiros de obra, além de áreas de empréstimo, jazidas e pedreiras e de obras de disposição de estéreis das escavações obrigatórias em áreas de bota-fora.

a) Vilas Residenciais e Alojamentos

Os Estudos de Viabilidade previram a construção de duas vilas residenciais para instalar a mão-de-obra envolvida na implantação do AHE Belo Monte: uma das vilas a ser edificada como um bairro, de forma a integrar-se à cidade de Altamira (Vila de Altamira), localizada, portanto, no compartimento ambiental “Reservatório do Xingu”; e a outra a ser erigida nas proximidades do canteiro de obras no Sítio Belo Monte (Vila Santo Antônio de Belo Monte), inserida, portanto, no compartimento ambiental “TRV”. As localizações previstas para ambas pelos Estudos de Viabilidade podem ser visualizadas no **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**.

Para a construção do AHE Belo Monte foi planejada a construção de três alojamentos para funcionários nas proximidades das frentes de trabalho. São eles:

- Alojamento do Sítio Belo Monte (compartimento ambiental “TRV”);
- Alojamento do Sítio Bela Vista (compartimento ambiental “Reservatório dos Canais”); e
- Alojamento do Sítio Pimental (compartimento ambiental “Reservatório do Xingu”).

Em acordo com os estudos de engenharia já realizados, todos os alojamentos contarão com dormitórios, refeitórios, centro comercial e de serviços e instalações de pronto socorro equipado para atendimentos de emergência, entre outros. Os alojamentos possuirão também equipamentos comunitários para recreação e lazer, além de infra-estrutura viária.

b) Infra-estrutura Rodoviária de Suporte à Construção

Em termos de infra-estrutura rodoviária, o principal eixo de transporte rodoviário da região em estudo é a Rodovia Transamazônica - BR-230, construída em meados da década de 1970. Por ser uma rodovia federal que se interliga com diversas outras, entre elas a BR-153 (Rodovia Belém-Brasília) e outros eixos que ligam a região norte com o litoral (portos) e com as regiões nordeste, sudeste e centro-oeste, a BR-230 constitui-se, para a implantação do AHE Belo Monte, num eixo facilitador no fluxo de materiais, mercadorias e insumos que serão necessários à construção.

A região do empreendimento situa-se no trecho da rodovia que liga as cidades de Marabá a Altamira. Entre a cidade de Altamira e a vila de Belo Monte, a distância coberta pela estrada é de cerca de 46 km. Nas proximidades da vila de Belo Monte, a travessia do rio Xingu é feita hoje através de balsas, interligando dois segmentos da Rodovia Transamazônica (**FIGURA 4.2.4-3**). Esta travessia mantém o fluxo contínuo de transporte de cargas e passageiros na BR-230.

O **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**, mostra ainda que, ao longo do percurso da rodovia Transamazônica entre Altamira e Belo Monte, no sentido perpendicular, existem algumas vias (travessões) estabelecidas há tempos desde a época do processo de assentamento de famílias na região (colonização do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) - década de 1970). Estas vias, a partir de uma otimização do seu traçado, servirão de acesso aos canteiros para as construções dos Canais de Derivação, da Barragem Principal no Sítio Pimental, dos diques entre os Sítios Bela Vista e Belo Monte e das estruturas da usina no Sítio Belo Monte.

Os travessões que poderão servir de acesso aos canteiros são listados a seguir, sendo que, para fins da compartimentação ambiental adotada neste EIA, são todos considerados como inclusos no compartimento “Reservatório dos Canais”:

- Travessão km 27, estrada de terra carroçável, que liga a BR-230 à área onde serão construídos os Canais de Derivação;
- Travessão km 45, estrada de terra carroçável, que liga a BR-230 à área onde serão construídos os Diques 01, 02, 03 e 04;

- Travessão km 50, estrada de terra carroçável, que liga a BR-230, na altura da Barragem de Santo Antônio, ao canteiro do Sítio Belo Monte; e
- Travessão km 55 (conhecido na região como “travessão CNEC”), estrada de terra carroçável, que liga a BR-230, na altura da vila de Belo Monte, à área onde serão construídos os diques delimitadores do reservatório dos canais, estendendo-se até o Sítio Bela Vista. Está prevista, neste caso, a construção de um acesso interligando o Sítio Pimental até este travessão, visto que, além de apoio para a fase de construção, esta nova estrada provavelmente atenderá aos serviços de operação e manutenção da Casa de Força Complementar, da Linha de Transmissão Complementar (que interligará essa casa de força à Altamira) e do reservatório dos canais.

Todos esses acessos se darão a partir da Rodovia Transamazônica e, portanto, pela margem esquerda do rio Xingu.

Verifica-se, portanto, que, de uma maneira geral, todo o sistema de transporte da região deverá ser utilizado para a logística de abastecimento ao AHE Belo Monte e é certo que este venha a sofrer melhorias de modo a permitir, com segurança e durante todo o período das obras, o transporte de equipamentos, pessoal, materiais, gêneros alimentícios etc.

c) Infra-estrutura Hidroviária de Suporte à Construção

No que tange à infra-estrutura hidroviária, o rio Xingu é inteiramente navegável desde sua foz no rio Amazonas até as proximidades da vila de Belo Monte, permitindo o tráfego normal de embarcações de pequeno e médio calado neste trecho. Esta característica irá facilitar enormemente a logística de suprimento de materiais, insumos e, principalmente, de equipamentos pesados (máquinas, turbinas, geradores etc.) necessários à construção do empreendimento.

O trecho navegável do rio Xingu pode ser dividido em dois sub-trechos: o primeiro, desde sua foz até a cidade de Senador José Porfírio e o segundo, de Senador José Porfírio à vila de Belo Monte.

O primeiro trecho, com 173 km, possui larguras superiores a 7 km e profundidades que variam entre 6 m (entre dezembro a maio - período de enchente do rio) a 2,7 m (entre junho e novembro - período de estiagem). Neste primeiro trecho, a navegação é possível durante todo o ano, sem qualquer impedimento. No entanto, durante o período de estiagem só embarcações de até 1,8 m de calado podem aí navegar. A partir daí a navegação é possível, sem nenhuma restrição, até a localidade da vila de Belo Monte.

Para a construção do empreendimento deverá ser realizado transporte hidroviário de insumos, materiais e equipamentos ao longo do rio Xingu até o local da obra. Este sistema deverá ser implementado através de empresa especializada.

Para tanto, fatores de restrição à navegação no rio Xingu deverão ser minimizados através de dragagens localizadas e balizamento dos trechos críticos, estabelecendo-se um canal de navegação que permita o transporte de equipamentos pesados, por via fluvial, desde o porto de Belém até o local da obra. Será necessária também a sinalização de todo o estirão navegável, estabelecendo-se condições seguras para o transporte de equipamentos e abastecimento de insumos para a obra por via fluvial.

Existem, pelo menos, dois terminais portuários fluviais na região do empreendimento. Um deles, Porto Vitória, localiza-se na cidade de Vitória do Xingu, distando cerca de 47 km da cidade de Altamira, com ligação rodoviária através da PA-415. Trata-se de um porto de médio porte, abrigado no interior do Igarapé Tucuruí, a 1,8 km de sua foz, na margem esquerda do rio Xingu. Por este porto circulam mercadorias e cargas, servindo ao comércio regional e abastecimento de Altamira. Este é um porto tradicional da região e tem condições precárias de operação em função da grande diminuição da lâmina d'água na época das estiagens, chegando a reduzir-se a 1,0 m. Por este motivo, não é prevista a possibilidade de ampliação e melhoria de sua infra-estrutura de forma a atender parte das demandas da construção da usina.

O outro porto, denominado Remanso do Pontal, é o segundo em importância na região, distando cerca de 235 km desde a confluência do rio Xingu com o rio Amazonas. Situa-se na margem esquerda do rio Xingu, nas proximidades da vila de Belo Monte, a cerca de 4,5 km desta, por via rodoviária. Este é um porto de serviço quase exclusivo da PETROBRÁS, que possui, nas imediações, instalações industriais para depósito de combustíveis (tancagem). De antemão se vislumbra a possibilidade de utilização deste porto para o abastecimento de combustíveis para a obra. Há previsão de balizamento na região do porto em virtude da existência de afloramentos rochosos próximos à sua área de manobra.

Adicionalmente, está prevista a construção de um terminal portuário fluvial exclusivo para atender às necessidades de abastecimento da obra. Este terminal deverá situar-se nas proximidades do local previsto para implantação da vila residencial de Santo Antônio do Belo Monte, logo a jusante do Canal de Fuga da Casa de Força Principal. A localização deste futuro porto pode ser observada no **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**.

Pelo aqui exposto, verifica-se que, para fins da compartimentação ambiental adotada neste EIA, toda a estrutura hidroviária dedicada, assim como também aquela que poderá ser utilizada para suporte às obras do AHE Belo Monte, está inserida no compartimento “TRV”.

d) Canteiros

Em função das características próprias e da maneira como se distribuem as estruturas do AHE Belo Monte, os Estudos de Viabilidade previram as instalações dos seguintes canteiros: no Sítio Belo Monte (compartimento ambiental “TRV”); no Sítio Bela Vista, Canais de Derivação e diques (compartimento ambiental “reservatório dos canais”); e no Sítio Pimental (compartimento ambiental “reservatório do Xingu”).

Nesse contexto, os estudos de engenharia prevêem a instalação de, pelo menos, cinco canteiros na região de construção do empreendimento, conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**.

- Compartimento Ambiental “Reservatório do Xingu”
 - Canteiro 1 - (canteiro auxiliar) localizado nas proximidades do Sítio Pimental, na margem direita do rio Xingu; e
 - Canteiro 2 - Sítio Pimental, localizado na ilha Pimental, no canal central do rio Xingu, distando cerca de 40 km da cidade de Altamira.

- Compartimento Ambiental “Reservatório dos Canais”
 - Canteiro 3 - Sítio dos Canais, localizado na margem direita do Canal de Derivação direito, distando cerca de 8 km da barragem principal no rio Xingu; e
 - Canteiro 4 - Sítio Bela Vista, situado na margem esquerda do rio Xingu, próximo ao local do Vertedor Complementar.
- Compartimento Ambiental “TRV”
 - Canteiro 5 - Sítio Belo Monte, localizado a jusante da barragem lateral, na altura da Tomada d’Água e Casa de Força Principal. Este canteiro será instalado na margem esquerda do rio Xingu, junto à BR-230 - Rodovia Transamazônica.

e) Infra-estrutura Energética e de Comunicação para Suporte à Construção

O sistema de suprimento energético para o empreendimento consiste, basicamente, de quatro subestações e de uma linha de transmissão aérea, em tensão de 34,5 kV, que percorre uma extensão total de 70 km. A trajetória desta LT, com faixa de servidão de 70 m, contorna a margem direita do futuro Reservatório dos Canais, interligando as subestações situadas respectivamente no Sítio Pimental, Sítio dos Canais, Sítio Bela Vista e Sítio Belo Monte.

O sistema partirá da subestação (SE) 34,5/13,8 kV Belo Monte, seccionadora e abaixadora, a ser construída nas proximidades do Sítio Belo Monte. Esta SE será interligada à LT em tensão de 230 KV existente, proveniente da UHE Tucuruí, cujo ponto de referência é a SE Altamira (Tramo Oeste) e que serve àquela cidade.

No que tange à infra-estrutura de comunicação prevista para atendimento do AHE Belo Monte, esta consiste, basicamente, de comunicação telefônica.

O sistema de telefonia móvel, via satélite ou rede, deverá ser implantado pela concessionária destes serviços na região norte. Este sistema tem como objetivo efetuar os contatos entre o escritório central do empreendedor e os diversos outros escritórios distribuídos na região da obra. Deverá também ser instalado um sistema telefônico para facilitar o contato entre as vilas residenciais de Altamira e Belo Monte, os canteiros de obra, os alojamentos e escritórios, aqui incluindo-se aqueles das empreiteiras que estejam alocadas nas frente de obra.

Além disso, os Estudos de Viabilidade prevêem a instalação de um sistema de retransmissão de TV com a estação retransmissora localizada na vila residencial de Altamira, tendo como área de abrangência a vila de Belo Monte e os alojamentos localizados nos Sítios Pimental, dos canais e diques, e Bela Vista.

f) Fontes de Materiais de Construção e Bota-fora

Para a construção das estruturas componentes do AHE Belo Monte, está prevista a exploração de materiais de construção (solo, brita, areia) disponíveis em áreas de empréstimos e em jazidas investigadas na região, próximas às diferentes obras e, conseqüentemente, inseridas nos compartimentos ambientais do “Reservatório do Xingu”, do “Reservatório dos Canais” e “TRV”. Os materiais naturais serão empregados principalmente para as obras de terra, como

os diversos diques e barragens, além de material para revestimento dos Canais de Derivação e de Adução na área do Reservatório dos Canais.

Para o confinamento do Reservatório dos Canais será erguido um total de 25 diques que serão construídos em seção homogênea de solo, com comprimentos e alturas variáveis. Além desses, serão também erigidas as seguintes barragens de solo e solo/enrocamento, conforme discriminadas abaixo e que podem ser visualizadas no **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**.

- Compartimento Ambiental “TRV” (Sítio Belo Monte)
 - Barragem de Santo Antônio (BSA);
 - Barragem Lateral Direita (BLD); e
 - Barragem Lateral Esquerda (BLE).
- Compartimento Ambiental “Reservatório dos Canais” (Sítio Bela Vista)
 - Barragem de Ligação Direita ao Vertedouro; e
 - Barragem de Ligação Esquerda ao Vertedouro.
- Compartimento Ambiental “reservatório do Xingu” (Sítio Pimental)
 - Estruturas de terra e enrocamento na Barragem Principal.

Os maciços compactados para as ensecadeiras e barragem de terra e de terra-enrocamento utilizarão os seguintes materiais:

- Solo: proveniente das áreas de empréstimo e/ou das escavações obrigatórias (Canais de Derivação, fundação das estruturas, Canal de Fuga etc);
- Rocha: proveniente das escavações em fundações e pedreiras de empréstimo já previamente pesquisadas; e
- Areia: proveniente de jazidas marginais ou no leito do rio Xingu.

Há ainda que se ressaltar que a construção das barragens, canais, diques e demais estruturas previstas implicará na escavação de materiais que deverão ser dispostos em áreas apropriadas para este fim. Conforme constitui prática corrente na engenharia de barragens, pretende-se aproveitar ao máximo a utilização dos volumes escavados como material de construção. Mesmo assim, em função das significativas dimensões dos volumes a serem escavados, aqueles remanescentes serão dispostos em bota-fora, em áreas designadas, preferencialmente nas imediações dos locais de escavação, de forma a baratear o custo com o transporte destes. Os maiores volumes deverão ser depositados nas imediações dos Canais de Derivação e da junção destes em um canal único, que conduzirá as vazões derivadas do Reservatório do Xingu para aquele dos canais.

g) Insumos, Logística do Abastecimento e Descartes das Obras

Os principais insumos considerados para o abastecimento da obra envolvem os itens de materiais de construção civil, combustíveis, equipamentos, fornecimento de gêneros alimentícios e diversos outros insumos, que são descritos a seguir. De acordo com os quantitativos, os materiais foram classificados, nos Estudos de Viabilidade, em dois principais tipos: materiais básicos e materiais diversos.

Os materiais básicos são os materiais de grande consumo na construção das obras civis: cimento, pozolana e aço. Estes materiais devem representar, em peso, cerca de 95% de todo o montante de insumos utilizados nas obras.

Os materiais que são classificados como materiais diversos incluem os combustíveis e lubrificantes, as peças de reposição dos equipamentos, os materiais de construção predial, os materiais de consumo das áreas de saúde e de educação, dentre outros itens de menor importância.

- **Materiais Básicos**

Um fator preponderante na composição dos custos do empreendimento é a distância entre as fontes de produção dos materiais básicos e a obra, bem como o seu conseqüente reflexo nos custos de transporte. Assim, o objetivo básico da logística de abastecimento é reduzir estas distâncias e sistematizar o transporte de insumos para o local da obra. Descreve-se a seguir a filosofia logística a ser adotada para o abastecimento dos materiais básicos para o AHE Belo Monte, em acordo com os Estudos de Viabilidade:

O cimento a ser consumido na obra poderá ser proveniente de Itaituba, de Belém (Capanema) e/ou da região Nordeste. A solução “Itaituba” foi apontada, à época dos estudos de viabilidade, como a mais econômica, desde que o cimento lá produzido atenda aos requisitos técnicos e que a quantidade produzida seja suficiente para atender às necessidades da obra. No caso de se optar por Itaituba, deverá ser analisada a possibilidade da vinda do clínquer para o local da obra, equipando-se os canteiros com uma instalação de moagem. De qualquer forma, a solução a ser adotada deverá basear-se tanto em aspectos técnicos (controle de qualidade) como econômicos.

Para todas as opções de local de produção de cimento foram analisadas, nos estudos de engenharia, duas alternativas de transporte: via marítimo/fluvial, com uso de *containers* plásticos de 1,5 t, cujo controle de qualidade deverá ser feito no local de origem; e via rodoviária, com caminhões de transporte a granel com capacidade de até 30 t.

A pozolana poderá ser produzida no local da obra, uma vez que já existem pesquisas de jazidas deste material na região do empreendimento. Todavia, poderá verificar-se a alternativa de importação de pozolana de outras regiões do país. Caso isto venha a ser efetivado, o mais provável é que a opção deverá recair pela pozolana com origem no Nordeste. Neste caso, a vantagem é somente técnica, pois seu custo, posto na obra, é de aproximadamente 90% do custo do cimento. O transporte preferencial da pozolana deverá ser por via marítima integrado à via fluvial.

O aço a ser fornecido para a obra poderá ter sua fonte produtora nas regiões Nordeste, Sudeste ou Centro Oeste. Em todos os casos, o seu transporte para o local da obra poderá ser feito por via marítima/fluvial e/ou rodoviária.

Um aspecto importante no suprimento deste material diz respeito à utilização de grandes bitolas (com diâmetros superiores a 32 mm). O prévio entendimento com as fábricas fornecedoras para a produção de bitolas de 40 mm até 50 mm de diâmetro poderá trazer simplificações executivas e redução de custo de armação de concreto.

- Materiais Diversos

O número de itens arrolados no âmbito dos materiais diversos, para o AHE Belo Monte, deverá ultrapassar a marca de dez mil. Dentre estes, incluem-se os materiais de construção predial - para serem utilizados nas vilas residenciais, alojamentos e instalações dos canteiros de obra -; equipamentos diversos e peças de reposição; lubrificantes e combustíveis; materiais de consumo para área de saúde e escolar; gêneros alimentícios etc. A seguir são comentados aspectos logísticos para o abastecimento desses tipos de materiais.

- Materiais de Construção Predial

Os Estudos de Viabilidade indicaram a relevância do incentivo à produção local de materiais para construção predial, tais como tijolos, telhas, pisos cerâmicos, madeiras aparelhadas e para cobertura (telhado) etc. Neste caso, o incentivo para o aproveitamento dos materiais produzidos na região faz parte da estratégia de inserção regional do empreendimento hidroenergético de Belo Monte.

- Equipamentos

Os diversos equipamentos utilizados nas obras e os equipamentos eletromecânicos da usina (turbinas, geradores etc.) deverão ser transportados para a obra preferencialmente por via marítima, integrada à via fluvial. No entanto, é possível também utilizar-se o transporte de alguns itens através da via rodoviária.

No caso de equipamentos importados, o mais provável é que estes deverão entrar no país através do Porto de Belém, seguindo por via fluvial para o local da obra.

Os equipamentos nacionais deverão chegar à obra diretamente pela rodovia Transamazônica (BR-230), ou por via marítima até Belém e daí em diante o transporte poderá ser por via fluvial, utilizando-se barcas até o terminal portuário a ser construído no Sítio Belo Monte. Os custos de frete determinarão o meio de transporte a ser adotado para cada tipo de equipamento.

- Peças de Reposição de Equipamentos

As peças de reposição de equipamentos importadas deverão chegar à obra através do Porto de Belém. Já as peças de reposição de equipamentos nacionais, dado o número de itens e também devido às pequenas dimensões dessas unidades, deverão chegar ao local da obra predominantemente através de transporte rodoviário.

Representantes dos principais fornecedores deverão se estabelecer no local da obra, munidos de pequenos estoques para atendimento rápido. Isto torna necessária a previsão de área junto aos canteiros para as instalações desses representantes.

- Combustíveis e Lubrificantes

Os combustíveis e lubrificantes deverão ser trazidos de Belém por via fluvial, em barcas com capacidade de transporte de 500 t. As instalações para estocagem desses insumos devem ser dimensionadas de forma a cobrir um consumo normal durante 15 dias.

- Materiais de Consumo para as Áreas de Saúde e Educação

Estes materiais mais específicos, na sua maioria, deverão ser trazidos diretamente pela administração da obra. Presume-se que estes deverão chegar à obra por via rodoviária ou fluvial. Em casos de emergência, ou quando forem requeridos cuidados especiais de transporte, poder-se-á utilizar o transporte aéreo.

- Gêneros Alimentícios

Pretende-se que os principais gêneros alimentícios para consumo durante a execução da obra sejam produzidos na própria região do empreendimento. Para isso, os Estudos de Viabilidade já predizem a necessidade de adoção imediata de medidas de forma a preparar a região para a produção de alimentos.

Esta assertiva, além de contemplar a estratégia de inserção regional do empreendimento hidroenergético, deverá resultar também numa redução do custo operacional das vilas e na melhor qualidade e confiabilidade no suprimento de gêneros alimentícios, uma vez que este é um dos pontos chave para a fixação da mão-de-obra.

Assim sendo, o desejável é que tanto os hortifrutigranjeiros, como a carne bovina e o leite, sejam produzidos e adquiridos na região. Como se sabe, a região já produz arroz, feijão e outros cereais. Poderá ser feita também importação de alimentos das regiões Centro - Oeste, Nordeste, Sul e Sudeste para a complementação da demanda.

Por fim, há que se ressaltar que, dadas as premissas relativas ao transporte rodoviário ou marítimo/fluvial para o abastecimento de insumos para a obra, os Estudos de Viabilidade concluem pela implementação obrigatória, na região, das seguintes providências para dar o suporte sustentável à implantação do AHE Belo Monte:

- Garantia das condições de segurança e de trafegabilidade nas Rodovias que ligarão a obra às outras regiões do país, principalmente a rodovia Transamazônica - BR-230, melhorando-se as condições de interligação com as regiões Centro Oeste, Sudeste e Sul do país;
- Implantação de um sistema confiável de transporte fluvial de Belém a Belo Monte, que deverá ser feito através de empresa especializada; e

- Implantação de porto fluvial no rio Xingu que atenda à demanda e às características das cargas para a obra, devendo o porto ficar nas proximidades do canteiro de obras do Sítio Belo Monte. Os demais canteiros deverão ser atendidos pelo mesmo porto, através da interligação por acessos rodoviários.

4.2.4.5 Sistemas de Controle Ambiental Intrínsecos

Define-se, neste EIA, operações unitárias de controle ambiental como sendo aquelas ações relativas à implantação, operação e manutenção de sistemas ou de procedimentos de controle dos aspectos ambientais significativos, visando prevenir, eliminar ou minimizar a ocorrência de impactos ambientais significativos adversos. Observa-se, aqui, que considera-se, no âmbito deste EIA, “aspectos ambientais” como sendo os elementos dos processos (ações) relacionados ao empreendimento que podem interagir com o meio ambiente, gerando impactos.

Uma operação ou ação de controle será denominada um sistema de controle ambiental intrínseco quando contemplar todas as características a seguir arroladas: (i) estar diretamente vinculado ao processo operacional e, por conseguinte, a uma estrutura componente da infraestrutura logística ou do arranjo geral do empreendimento como forma de exercer a mitigação preventiva de impactos na fonte geradora do aspecto ambiental significativo; (ii) caracterizar-se como parte integrante do projeto de engenharia de uma estrutura componente da infraestrutura logística ou do arranjo geral do empreendimento; e (iii) estar descrita na caracterização do empreendimento.

Em acordo com essa definição, são exemplos de controles ambientais intrínsecos previstos na concepção dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte os sistemas de tratamento de efluentes líquidos industriais ou domésticos; os sistemas controlados de disposição de resíduos (aterro sanitário e mecanismo de transposição para peixes).

Nesse contexto, são apresentados, a seguir, aqueles sistemas de controle ambiental intrínseco que já foram incorporados no projeto de engenharia das diferentes estruturas e elementos de infraestrutura do AHE Belo Monte, individualizados pelos diversos compartimentos ambientais. Os **QUADRO 4.2.4-6** e **QUADRO 4.2.4-7** sintetizam os sistemas de controle ambiental intrínsecos projetados, respectivamente, para as obras principais de engenharia e para os componentes da infraestrutura logística.

QUADRO 4.2.4-6

Sistemas de Controle Ambiental Intrínsecos Previstos para as Obras Principais de Engenharia do AHE Belo Monte

Tipo de Sistema	Compartimentos Ambientais					
	Reservatório do Xingu		Reservatório dos Canais		Trecho de Restituição de Vazões	
	Sítio Pimental		Sítio dos Canais de Derivação	Sítios dos Canais de Adução/Bela Vista/Diques	Sítio Belo Monte	
	Barragem Principal	Vertedouro Principal/Tomada d'Água/CF Complementar			Tomada d'Água Principal	Casa de Força Principal
Sistema de Transposição de Desnível para Peixes	X					
Sistema de Drenagem das Galerias		X			X	X
Sistema de Drenagem		X			X	X
Sistema de Ventilação		X			X	X
Sistema de Água de Resfriamento		X				X
Sistema de Esgotamento Sanitário		X			X	X
Sistema de Água de Serviço		X				X
Sistema de Água Potável		X			X	
Sistema de Separação Água-óleo		X			X	X
Sistema de Óleo Lubrificante		X			X	X
Sistema de Hidrantes		X			X	X
Sistema de Água Nebulizada Anti-incêndio		X			X	X

QUADRO 4.2.4-7

Sistemas de Controle Ambiental Intrínsecos Previstos para a Infra-estrutura de Construção do AHE Belo Monte

Tipo de Sistema	Compartimentos Ambientais								
	Reservatório do Xingu			Reservatório dos Canais			Trecho de Restituição de Vazões		
	Sítio Pimental			Sítio dos Canais de Derivação	Sítios dos Canais de Adução/Bela Vista/Diques		Sítio Belo Monte		
	Vila Residencial Altamira			Canteiro	Canteiro	Alojamentos	Canteiros	Alojamentos	Vila Residencial Belo Monte
	Canteiros	Alojamentos							
Sistema de Abastecimento e Tratamento de Água	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistema de Esgotamento Sanitário	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistema de Drenagem	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistemas Separadores de Água e Óleo	X			X	X		X		
Sistema de Combate a Incêndios por Hidrantes		X				X		X	
Sistema de Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos		X	X			X		X	X

4.2.4.5.1 Compartimento Ambiental “Reservatório do Xingu”

a) Sistemas Projetados para as Obras Principais do Sítio Pimental

a.1) Sistema de Transposição de Desnível para Peixes

Os sistemas de transposição de desnível para peixes se constituem em uma das medidas mitigadoras para a preservação de espécies migradoras que podem ser implementadas em barramentos fluviais, dependendo das avaliações e prognósticos efetuados no âmbito dos estudos ambientais. Nesse sentido, os Estudos de Viabilidade concluídos em 2002 procuraram definir locais adequados para a implementação deste tipo de estrutura, de um lado buscando mantê-la abrigada dos fluxos turbulentos provocados pela operação do Vertedouro Principal nas cheias, e, lado outro, posicionando-a na região do canal principal do rio Xingu, onde será feita a restituição de vazões pela Casa de Força Complementar.

Embora à época ainda não se dispusesse de uma definição sobre a necessidade ou não da construção de um dispositivo de transposição para peixes, foram realizados estudos estruturais prévios de forma a ser obter uma localização possível para a construção de um dispositivo, do tipo escada para peixes, no corpo da barragem principal.

O local sugerido para a sua instalação corresponde à ombreira direita da Barragem de Ligação com a Ilha da Serra, onde a estrutura da escada, com um desenvolvimento total de aproximadamente 350 m, permitiria a comunicação do reservatório a ser formado no rio Xingu, na cota 97,0 m, com o leito natural do rio a jusante, na cota 82,0 m, nos períodos de estiagem (vide localização em planta no **Desenho BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**).

A escada seria constituída de dois trechos rampados, com inclinação de 5%, sendo disposto em seu trecho médio um tanque para descanso. No trecho rampado seriam dispostas paredes transversais a cada 8,0 m, dotadas de aberturas alternadas em sua parte superior e inferior para atender aos peixes de escamas e de couro, respectivamente. A vazão para a operação do sistema foi prevista para 3,0 m³/s, controlada por equipamentos mecânicos (comportas) na câmara de entrada a montante.

Os Estudos de Viabilidade apontaram que a localização precisa da escada de peixe ou de outro tipo de dispositivo para transposição do desnível a ser criado no rio Xingu pela implantação do AHE Belo Monte, caso venha a ser confirmada sua necessidade nos estudos ambientais, deverá ser determinada no Projeto Básico do empreendimento.

a.2) Sistema de Drenagem das Galerias

O sistema de drenagem se destina a recolher as águas provenientes das galerias de drenagem do Vertedouro Principal, Casa de Força Complementar e Área de Montagem. Este sistema é composto de canaletas, tubulações, 3 poços de drenagem, cada um equipado com 2 bombas (uma reserva), quadro de comando local e instrumentação de medição e controle.

As bombas centrífugas verticais tipo turbina, com vazão de 150 m³/h e motor de 25 kW, são acionadas automaticamente por chaves de nível em função da elevação do nível d'água nos poços. A bomba de reserva entra automaticamente em funcionamento, em caso de falha da principal, ou quando o nível d'água no poço atingir o máximo operacional. Em ambos os

casos, será acionado o alarme de nível d'água elevado. O recalque das bombas é lançado a jusante do Vertedouro Principal, na cota 94,0 m.

É prevista interligação dos poços por meio de tubulação, permitindo que as bombas de um poço recalquem águas de poços adjacentes, em situação de emergência.

A contribuição das galerias foi estimada em 60 m³/h para a Casa de Força Complementar e 213 m³/h para o Vertedouro Principal, o que resulta em uma contribuição média 91 m³/h para cada poço. A contribuição das galerias deverá ser distribuída igualmente entre os poços. O volume de retenção de cada poço foi estimado para suportar a contribuição máxima (91,0 m³/h) por aproximadamente 90 minutos, sem operação das bombas.

a.3) Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem da Casa de Força Complementar se destina a recolher as águas provenientes de infiltrações, resfriamento dos compressores, vedação do eixo das turbinas, vazamentos, lavagem de pisos e limpeza dos filtros. Será constituído por canaletas nas diversas galerias, um poço de drenagem equipado com três bombas centrífugas verticais, tipo turbina, das quais uma é reserva, além de tubulações, quadro de comando local e instrumentação para medição e controle.

O recalque das bombas será lançado no Canal de Fuga, cota 94,0 m, acima do nível máximo maximorum.

Está prevista interligação com o poço de esvaziamento para que o mesmo auxilie a drenagem em caso de emergência. A contribuição para o poço de drenagem está estimada em 104 m³/h e o volume de retenção é suficiente para mais de uma hora de contribuição sem operação das bombas.

O sistema é comandado por chaves de nível, as quais têm função de ligar e desligar as bombas e atuar alarmes de níveis alto e baixo.

a.4) Sistema de Ventilação

O sistema de ventilação tem a finalidade de renovar o ar nos diversos ambientes da Casa de Força Complementar e Área de Montagem, bem como dissipar o calor gerado por equipamentos, contemplando o insuflamento de ar e exaustão natural e/ou mecânica, conforme cada caso específico. Serão utilizados ventiladores centrífugos, filtros metálicos, exaustores, dutos embutidos, dutos aparentes e grelhas. A sala de ventiladores estará localizada na Área de Montagem e os exaustores montados nas paredes externas (montante e/ou jusante). A tomada de ar externo será feita a jusante, junto ao portão de acesso.

O sistema de ventilação da Casa de Força Complementar distribuirá o ar para o piso principal, galerias de equipamentos, galerias de acesso e Área de Montagem através de 4 ventiladores centrífugos com vazão unitária de 75.000 m³/h e potência estimada em 20 kW. O insuflamento será feito por dutos metálicos e a exaustão através de dutos (onde aplicável) e exaustores localizados nas paredes de jusante.

São ainda previstos sistemas independentes para a sala de tratamento de esgotos, salas de baterias, banheiros, copa e refeitório. A previsão da potência total instalada para os sistemas independentes é 7,5 kW.

Para renovar o ar das galerias de drenagem de montante e jusante do Vertedouro Principal, Casa de Força Complementar e Área de Montagem foi projetado um sistema de ventilação específico, composto de ventiladores e exaustores axiais que utilizarão os acessos verticais para insuflar ou retirar ar das galerias.

a.5) Sistema de Água de Resfriamento

Este sistema, projetado para a Casa de Força Complementar, tem como finalidade o suprimento de água de resfriamento para os radiadores dos geradores, trocadores de calor de óleo dos mancais e do regulador, vedação dos eixos das unidades, bem como abastecimento de outros sistemas auxiliares, tais como resfriamento dos compressores, água potável e água de serviço.

Cada unidade geradora tem um sistema de água de resfriamento independente, com captação no circuito de adução, utilizando um filtro de limpeza automática, duas bombas, tubulação e instrumentação.

Os principais pontos do sistema serão monitorados por chaves de fluxo e indicadores de temperatura.

Com exceção da água de resfriamento dos compressores e vedação do eixo da turbina, o deságüe do sistema será feito no Canal de Fuga, acima do nível máximo maximorum.

a.6) Sistema de Esgotamento Sanitário

O sistema de esgoto sanitário projetado para a Tomada d'Água/Casa de Força Complementar e Área de Montagem tem a função de captar e tratar as águas servidas de lavatórios, vasos sanitários, mictórios, chuveiros, pias, bebedouros e pisos, sendo constituído por uma fossa séptica, uma estação de bombeamento e rede de tubulações.

Todo o esgoto coletado será conduzido a uma estação elevatória localizada na Área de Montagem. Após coletado, o esgoto bruto será bombeado para uma fossa séptica localizada na área externa e o efluente descarregado no Canal de Fuga.

A contribuição das salas de baterias passará por uma caixa neutralizadora antes de juntar-se à tubulação principal.

A estação elevatória será constituída de um poço coletor e duas bombas centrífugas de eixo vertical (uma reserva) acionadas por chaves de nível, com capacidade de 5,0 m³/h. A fossa séptica foi estimada para tratamento de 2.250 l/dia.

a.7) Sistema de Água de Serviço

O sistema de água de serviço tem a função de suprir as áreas internas e externas da Casa de Força Complementar de água bruta filtrada para uso geral.

a.8) Sistema de Água Potável

O sistema de água potável da Tomada d'Água/Casa de Força Complementar e Área de Montagem tem a função de abastecer os pontos de consumo, tais como lavatórios, vasos sanitários, mictórios, chuveiros, pias, bebedouros, torres de resfriamento de ar condicionado e retro-lavagem dos filtros da Estação de Tratamento d'Água (ETA).

O sistema é constituído pela ETA, reservatórios principais e secundários e rede de distribuição.

A ETA do tipo compacto, com capacidade de 5,0 m³/h, efetuará o tratamento da água por floculação, decantação e filtração e localizar-se-á na Área de Montagem, sendo alimentada por um ramal do sistema de resfriamento. Após o tratamento, a água será conduzida a dois reservatórios situados acima das salas de comando e desses distribuída para os pontos de consumo.

As chaves de nível localizadas nos reservatórios principais controlarão o funcionamento das bombas da ETA.

a.9) Sistema de Separação Água-Óleo

O sistema de separação água-óleo dos transformadores principais da Casa de Força Complementar terá por finalidade separar as águas provenientes do sistema anti-incêndio, por ocasião de um sinistro, evitando que o óleo seja despejado no rio.

Sob cada transformador foi prevista uma camada de brita, da qual será drenada a mistura água-óleo para um tanque separador, localizado na área do pátio de manobras. O óleo separado será recalcado para um caminhão-tanque e a água conduzida para o Canal de Fuga.

a.10) Sistema de Óleo Lubrificante

Considerando a quantidade de óleo envolvida e que existirá tratamento e armazenamento de óleo lubrificante na Casa de Força Principal, no Sítio Belo Monte, localizada relativamente próxima e com acesso rodoviário à usina complementar, não foram previstos tanques de armazenamento de óleo na Casa de Força Complementar. Para transferência de óleo das galerias mecânicas para a área externa foram previstas duas linhas percorrendo as galerias e as interligando com a área externa (pátio de manobras). Para retirada ou carregamento de óleo serão utilizados bomba, filtro prensa e centrífuga móveis.

b) Sistemas Projetados para a Infra-estrutura de Construção no Sítio Pimental

b.1) Canteiros

– Sistema de Abastecimento e de Tratamento de Água

O abastecimento de água será feito a partir do próprio rio Xingu, nas proximidades do Canteiro Principal. Foram previstas duas captações flutuantes: uma de água bruta para o pátio de britagem, com vazão de 260 l/s, e outra para a água potável e industrial, com vazão de 100 l/s.

A partir da segunda captação, a água será tratada em uma estação modular para 100 l/s, sendo então conduzida para um reservatório de água industrial, de aço, com 3.500 m³ de capacidade e um de água potável, também de aço, com 200 m³ de capacidade, além de um elevado, que servirá também ao sistema de combate a incêndio por hidrantes. A distribuição da água deverá ser feita por bombeamento para atingir a pressão necessária.

As redes de distribuição de água potável, industrial e de combate a incêndios deverão ter diâmetros de 50 a 300 mm. As redes foram previstas em ferro fundido, prevendo o seu futuro reaproveitamento.

O canteiro da margem direita deverá contar com um sistema independente de abastecimento.

– **Sistema de Esgotamento Sanitário**

O sistema de esgotamento sanitário será composto de fossas sépticas e sumidouros, em dimensões padronizadas, a serem instalados nas proximidades dos edifícios de todos os canteiros.

– **Sistema de Drenagem**

A drenagem do Canteiro Principal do Sítio Pimental, devido a localizar-se em área ensecada, deverá ser feita totalmente por meio de bombeamento. Para tanto, foram previstas apenas canaletas tipo "meia-cana" com diâmetro de 0,4 m, ao longo das vias internas e no contorno dos pátios, e poços para bombear água de drenagem para o rio Xingu na área ensecada.

– **Sistemas Separadores de Água e Óleo**

Está prevista a implantação de sistemas separadores de água e óleo em todos os canteiros, nas áreas de oficinas e de lavagem de equipamentos e veículos.

b.2) Alojamentos

– **Sistema de Abastecimento e Tratamento de Água**

Foram utilizados os seguintes critérios e parâmetros de projeto:

- cota "per capita": 250 l/hab/dia;
- coeficiente do dia de máx. consumo d.m.c.: $K1 = 1,2$;
- coeficiente de reservação: 1/3 do d.m.c.; e
- vazões do d.m.c. para os alojamentos do Sítio Pimental: 18 l/s

O sistema será composto pelas seguintes unidades principais:

- captação flutuante no rio Xingu;
- adutora de água bruta, de ferro dúctil, ponta e bolsa;

- estação de tratamento de água - ETA, tipo compacta;
- reservatórios de água potável situados junto à ETA; e
- rede de distribuição de água potável.

– **Sistema de Combate a Incêndio por Hidrantes**

As redes dos sistemas de combate a incêndios por hidrantes serão independentes daquelas do abastecimento de água. São previstos hidrantes de coluna, dotados de caixa com registro, mangueira, engate e requinte, estrategicamente colocados nas proximidades dos edifícios. Os sistemas deverão funcionar totalmente por gravidade, existindo sempre uma reserva permanente para qualquer emergência.

No centro de tratamento e reservação dos alojamentos do Sítio Pimental deverá existir uma estação elevatória de água para combate a incêndios com um reservatório de 30 m³. Este reservatório, exclusivo para o sistema de combate a incêndios, alimentará os hidrantes.

– **Sistema de Esgotamento Sanitário**

Foram utilizados os seguintes critérios e parâmetros de projeto, além daqueles já apontados para o sistema de abastecimento d'água e aplicáveis também para este sistema de controle ambiental intrínseco:

- coeficiente de retorno esgoto/água: 0,8;
- carga unitária de DBO_{5,20}: 54,0 g/hab x dia;
- vazão do dia de máximo consumo dos alojamentos do Sítio Pimental: 15 l/s; e
- carga total de DBO_{5,20} para os alojamentos do Sítio Pimental: 0,3 t/dia

O sistema será composto pelas seguintes unidades principais:

- rede coletora;
- coletores troncos, interceptadores e emissários;
- estação de tratamento, emissário por recalque; e
- disposição final subfluvial dos efluentes tratados

– **Sistema de Drenagem Superficial**

O sistema de drenagem foi concebido para que o escoamento se dê o máximo possível pela superfície, evitando a execução de galerias; será composto por sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, galerias, órgãos acessórios e obras de disposição final (dissipadores de energia). No dimensionamento foi utilizado o método racional, com um período de retorno de 5 anos.

– **Sistema de Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos**

A maior quantidade de resíduos sólidos deverá ser proveniente dos refeitórios, constituindo-se de restos de alimentos. Dados os pontos concentrados onde será feita a coleta, poder-se-á utilizar, neste caso, caminhões basculantes cobertos para este serviço.

A maneira mais conveniente de se dispor os resíduos sólidos será em aterros sanitários, atendendo as normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para este tipo de estrutura. Em função da proximidade dos alojamentos aos respectivos canteiros, previu-se um aterro único para ambos, sendo sua localização definida em função das condições de acesso e da topografia, preferencialmente nos canteiros.

b.3) Vila Residencial de Altamira

– **Sistema de Abastecimento e Tratamento de Água**

Utilização do sistema existente em Altamira, com prolongamentos para atender à vila e recapitado para atender ao acréscimo de demanda representado pelas 500 novas residências, em acordo com o Plano de Articulação Institucional do AHE Belo Monte proposto neste EIA.

– **Sistema de Esgotamento Sanitário**

Construção de fossas sépticas e sumidouros ou de rede coletora interligando a vila a um replanejamento do sistema de esgotamento sanitário para a cidade de Altamira, este também no âmbito do Plano de Articulação Institucional do AHE Belo Monte proposto neste EIA.

– **Sistema de Drenagem Urbana**

Dimensionamento do sistema de microdrenagem das vias públicas para ocorrer, o máximo possível, pela superfície, só dispondo de galerias onde as sarjetas e sarjetões não dêem vazão aos deflúvios. Foi utilizado o método racional, com período de retorno igual a 5 anos. Foram utilizadas ainda as técnicas usuais para concepção e dimensionamento desse sistema.

Assim, se tem os seguintes elementos componentes do sistema:

- sarjetas e sarjetões;
- bocas de lobo e tubos de ligação;
- galerias propriamente ditas, com poços de visita; e
- dispositivos de lançamento.

– **Sistema de Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos**

Integração do sistema de varrição, coleta e disposição de resíduos sólidos a um replanejamento do sistema, como um todo, para a cidade de Altamira, no âmbito do Plano de Articulação Institucional deste supracitado.

4.2.4.5.2 Compartimento Ambiental “Reservatório dos Canais”

a) **Sistemas Projetados para a Infra-estrutura de Construção no Sítio dos Canais de Derivação**

a.1) **Canteiro**

– **Sistema de Abastecimento e Tratamento de Água**

O abastecimento foi previsto a partir da captação do igarapé do Canal de Derivação Direito, defronte ao canteiro. Uma das captações alimentará diretamente o pátio de cascalho e areia, com vazão de 30 l/s, e a outra as demais necessidades do canteiro, com 180 l/s. Desta segunda captação partirá uma linha adutora até uma elevação próxima, onde deverá ficar situado o centro de tratamentos e reservação. Ali existirá um reservatório de água bruta com capacidade de 5.000 m³; uma estação de tratamento modular, para 60 l/s; um reservatório de aço, com capacidade de 3.000 m³, para a água industrial, destinados a alimentar também o sistema de combate a incêndio por hidrantes; e o reservatório de água potável, de aço, com 300 m³ de capacidade.

A partir destes reservatórios serão alimentadas as redes de água bruta, água industrial, água potável e de combate a incêndio por hidrantes. Serão compostas por tubulações de ferro fundido, para o seu futuro reaproveitamento, em diâmetros de 500 a 50 mm.

Os canteiros provisórios do Sítio dos Canais de Derivação deverão ter seus abastecimentos feitos através de caminhões pipa, contando com um reservatório de água potável e uma pequena rede de distribuição local.

– **Sistema de Esgotamento Sanitário**

O sistema de esgotamento sanitário será composto de fossas sépticas e sumidouros, em tamanhos padronizados, a serem instalados nas proximidades dos edifícios do canteiro.

– **Sistema de Drenagem**

Para a adequada drenagem superficial do canteiro de obras, foi prevista a instalação de canaletas tipo "meia cana" em ambos os lados de todas as vias de circulação interna, bem como no contorno dos diversos pátios de serviços. A partir dos locais onde estas canaletas não forem capazes de conduzir as vazões, foi previsto um sistema de galerias para conduzi-las até o córrego próximo que será objeto de canalização, em terra e onde necessário, para ordenar o escoamento e evitar inundações.

Os tipos de drenagem previstos são: canaletas "meia cana" de diâmetro 0,4 m; galerias com diâmetros variando entre 0,4 a 1,5 m; canalização de córrego com largura de fundo igual a 8,0 m, profundidade de 1,6 m e taludes iguais a 1(V):2(H).

– **Sistemas Separadores de Água e Óleo**

Está prevista a implantação em todos os canteiros, nas áreas de oficinas e de lavagem de equipamentos e veículos, de sistemas separadores de água e óleo.

b) Sistemas Projetados para a Infra-estrutura de Construção nos Sítios Bela Vista/Canais de Adução/Diques

b.1) Canteiro

– Abastecimento e Tratamento de Água

O abastecimento foi previsto a partir de captações flutuantes, no próprio rio Xingu, defronte ao canteiro do Sítio Bela Vista. Uma das captações alimenta diretamente o pátio de cascalho e areia, com vazão de 5 l/s, e a outra, as demais necessidades do canteiro, com 30 l/s. Desta segunda captação segue uma linha adutora até uma elevação próxima, onde deverá ficar situado o centro de tratamentos e reservação. Ali existirá um reservatório de água bruta com capacidade de 1.000 m³; uma estação de tratamento modular, para 10 l/s; um reservatório de aço, com capacidade de 500 m³, para a água industrial, destinados a alimentar também o sistema de combate a incêndio por hidrantes; e o reservatório de água potável, de aço, com 50 m³ de capacidade. A partir destes reservatórios serão alimentadas as redes de água bruta, água industrial, água potável e de combate a incêndio por hidrantes. Serão compostas por tubulações de ferro fundido, para o seu futuro reaproveitamento, em diâmetros de 100 a 50 mm.

Os canteiros provisórios dos diques deverão ter seus abastecimentos feitos através de caminhões pipa, contando com um reservatório de água potável e uma pequena rede de distribuição.

– Sistema de Esgotamento Sanitário

O sistema de esgotamento sanitário será composto de fossas sépticas e sumidouros, em tamanhos padronizados, a serem instalados nas proximidades dos edifícios do canteiro.

– Sistema de Drenagem

Para o sistema de drenagem foram adotados os mesmos critérios e especificações válidos para o Sítio dos Canais de Derivação.

– Sistemas Separadores de Água e Óleo

Está prevista a implantação em todos os canteiros, nas áreas de oficinas e de lavagem de equipamentos e veículos, de sistemas separadores de água e óleo.

b.2) Alojamentos

– Sistema de Abastecimento e Tratamento de Água

Foram utilizados os seguintes critérios e parâmetros de projeto:

- cota "per capita" 250 l/hab/dia;
- coeficiente do dia de máx. consumo d.m.c.: K1 = 1,2;
- coeficiente de reservação: 1/3 do d.m.c.; e

- vazões do d.m.c. para os alojamentos do Sítio dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista: 8 l/s.

O sistema será composto pelas seguintes unidades principais:

- captação flutuante no rio Xingu;
- adutora de água bruta, de ferro dúctil, ponta e bolsa;
- estação de tratamento de água (ETA), tipo compacta;
- reservatórios de água potável situados junto à ETA; e
- rede de distribuição de água potável.

– **Sistema de Combate a Incêndio por Hidrantes**

As redes dos sistemas de combate a incêndios por hidrantes serão independentes daquelas do abastecimento de água. São previstos hidrantes de coluna, dotados de caixa com registro, mangueira, engate e requinte, estrategicamente colocados nas proximidades dos edifícios. Os sistemas deverão funcionar totalmente por gravidade, existindo sempre uma reserva permanente para qualquer emergência.

No centro de tratamento e reservação dos alojamentos dos Sítios dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista deverá existir uma estação elevatória de água para combate a incêndios com um reservatório de 10 m³. Este reservatório, exclusivo para o sistema de combate a incêndios, alimentará os hidrantes.

– **Sistema de Esgotamento Sanitário**

Foram utilizados os seguintes critérios e parâmetros de projeto, além daqueles já apontados para o sistema de abastecimento d'água e aplicáveis também para este sistema de controle ambiental intrínseco:

- coeficiente de retorno esgoto/água: 0,8
- carga unitária de DBO_{5,20}: 54 g/hab x dia;
- vazão do dia de máximo consumo dos alojamentos dos Sítios dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista: 7 l/s; e
- carga total de DBO_{5,20} para os alojamentos dos Sítios dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista: 0,1 ton/dia.

O sistema será composto pelas seguintes unidades principais:

- rede coletora;
- coletores troncos, interceptadores e emissários;

- estação de tratamento, emissário por recalque; e
- disposição final subfluvial dos efluentes tratados.

– **Sistema de Drenagem Superficial**

O sistema de drenagem foi concebido para que o escoamento se dê o máximo possível pela superfície, evitando a execução de galerias; será composto por sarjetas, sarjetões, bocas de lobos, galerias, órgãos acessórios e obras de disposição final (dissipadores de energia). No dimensionamento foi utilizado o método racional, com um período de retorno de 5 anos.

– **Sistema de Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos**

A. maior quantidade de resíduos sólidos deverá ser proveniente dos refeitórios, constituindo-se de restos de alimentos. Dados os pontos concentrados onde será feita a coleta, poder-se-á utilizar, neste caso, caminhões basculantes cobertos para este serviço.

A maneira mais conveniente de se dispor os resíduos sólidos será em aterros sanitários, atendendo as normas específicas da ABNT para este tipo de estrutura. Em função da proximidade dos alojamentos aos respectivos canteiros, previu-se um aterro único para ambos, sendo sua localização definida em função das condições de acesso e da topografia, preferencialmente nos canteiros.

4.2.4.5.3 Compartimento Ambiental “Trecho de Restituição de Vazões”

a) Sistemas Projetados para as Obras Principais do Sítio Belo Monte

a.1) Sistema de Ventilação da Tomada d'Água Principal

O sistema de ventilação da Tomada d'Água Principal tem a finalidade de renovar o ar da galeria e do túnel de drenagem. O sistema é constituído por três ventiladores axiais, sendo que dois atendem à galeria de drenagem situada na cota 31,5 m, aproximadamente, e outro beneficia o túnel de drenagem localizado na elevação 16,5 m. No sistema destinado à galeria, o ar é conduzido por dutos até atingir a galeria longitudinal, escapando livremente pelos poços.

a.2) Sistema de Água Potável da Tomada d'Água Principal

Tem como finalidade fornecer água potável para as necessidades básicas do pessoal alocado nessa área. Este sistema é composto basicamente por dois reservatórios principais que comandam a Estação de Tratamento de Água (ETA) situada em área externa da Casa de Força Principal, e dois banheiros, localizados um em cada extremidade junto às torres dos elevadores.

a.3) Sistema de Esgotamento Sanitário da Tomada d'Água Principal

O sistema de esgoto sanitário tem como função captar e tratar águas servidas dos banheiros localizados nesta área, sendo composto por duas fossas sépticas, com câmara de decantação, localizadas respectivamente nas proximidades dos banheiros. Cada fossa foi prevista para tratar 750 l/dia de esgoto. O efluente será descarregado a jusante no Canal de Fuga, por gravidade.

a.4) Sistema de Drenagem da Casa de Força Principal

O sistema de drenagem da Casa de Força Principal se destina a recolher as águas provenientes de infiltrações pelas paredes e juntas de dilatação, vazamentos, lavagem de pisos, descarga do sistema de água nebulizada, limpeza dos filtros hidrociclones e filtros automáticos.

O sistema é constituído por canaletas nas diversas galerias, 4 poços de drenagem - cada qual equipado com três bombas centrífugas verticais, tipo turbina, das quais uma é de reserva -, além de tubulações, quadro de comando local e instrumentação para medição e controle.

O recalque das bombas será lançado no Canal de Fuga, acima do nível máximo maximorum. Os poços serão interligados por meio de tubulação, ao longo da galeria de drenagem. Está prevista interligação com os poços de esvaziamento para que os mesmos auxiliem a drenagem em caso de emergência. O volume útil de cada poço de drenagem é de 420 m³; a contribuição a cada poço está estimada em 253 m³/h. Cada poço possui um rebaixo, permitindo a operação de uma bomba submersível portátil, para serviços de limpeza e manutenção do mesmo. Esta operação será feita após o fechamento da válvula na entrada do poço.

Em cada poço serão instalados três alarmes visuais e sonoros:

- alarme de nível baixo, que indica quando é ultrapassada a submergência mínima;
- alarme de nível alto, que acusa quando é superado o nível que liga a segunda bomba; e
- alarme de nível muito alto, indicando eventual inundação na galeria de drenagem.

a.5) Sistema de Ventilação da Casa de Força Principal

O sistema de ventilação da Casa de Força Principal destina-se a dissipar o calor gerado por equipamentos e renovar o ar nos diversos ambientes. A cada unidade geradora corresponde um sistema geral de insuflamento e um sistema geral de exaustão, totalizando 20 conjuntos de cada. Além destes, existem vários sistemas complementares de exaustão.

Cada sistema de insuflamento será constituído por dois ventiladores centrífugos de 92.500 m³/h e 22 kW cada, filtros metálicos na tomada de ar externo, dutos embutidos e aparentes e grelhas.

Cada sistema geral de exaustão está constituído por um ventilador centrífugo de 109.700 m³/h e 19 kW cada, dutos embutidos e aparentes, além de grelhas. A galeria de exaustão abriga os 20 ventiladores. A descarga do ar de exaustão é feita a jusante, por meio de duto.

A Subestação será ventilada através de dois exaustores de parede por unidade, com vazão unitária de 24.500 m³/h e motor de 2,2 kW. A tomada de ar externo será feita na parede oposta aos exaustores, através de filtros metálicos. O ar será descarregado na parte superior do piso principal, dirigindo-se para o exterior pelas venezianas na parede.

No sistema de exaustão de CO₂, cada exaustor atende a quatro poços de geradores, não simultaneamente.

Os sanitários, situados na área dos blocos das unidades, também terão sistemas independentes de exaustão. Em cada pavimento do Edifício de Comando existirão sistemas de exaustão independentes, sendo um para os sanitários e outro para a copa e depósito. A sala de baterias também terá um sistema de exaustão próprio. Na Área de Montagem, a exaustão dos sanitários estará centralizada num único exaustor, descarregando a jusante. A copa e o refeitório serão atendidos por um exaustor próprio.

As oficinas mecânica e elétrica serão beneficiadas por um sistema de insuflamento. A oficina mecânica da elevação 5,5 m também possuirá um sistema de exaustão. A sala de equipamentos de serviços auxiliares elétricos também será ventilada por um sistema de insuflamento próprio. A somatória da potência instalada dos motores foi estimada em 15 kW.

a.6) Sistema de Água de Resfriamento da Casa de Força Principal

Este sistema tem como finalidade o suprimento de água de resfriamento para os radiadores dos geradores, resfriadores de óleo dos mancais da unidade geradora, resfriadores de óleo do regulador, trocadores de calor dos transformadores elevadores, vedação dos eixos das unidades, bem como abastecimento dos sistemas auxiliares, tais como água nebulizada, ar comprimido, água potável, hidrantes, água de serviço e resfriadores dos grupos diesel.

Cada unidade geradora terá um sistema de água de resfriamento independente, com captação na caixa espiral, utilizando um filtro de limpeza automática, tubulação e instrumentação. Cada filtro de limpeza automática terá capacidade de 4.500 m³/h, capacidade esta que permite que dois filtros supram a demanda de três unidades.

O sistema foi concebido para operar por gravidade, tendo sido previsto um *header* de interligação de todos os filtros que se estendem ao longo da Casa de Força Principal. A derivação para os trocadores dos transformadores passa por uma caixa quebra-pressão. O deságüe do sistema será feito no Canal de Fuga, acima do nível máximo maximorum.

a.7) Sistema de CO₂ Anti-incêndio dos Geradores da Casa de Força Principal

O objetivo deste sistema é dotar os geradores de um sistema fixo de proteção contra incêndio, do tipo alta pressão e inundação total, com comando automático e/ou normal, utilizando o dióxido de carbono (CO₂) como agente extintor. O sistema será composto por quatro subsistemas independentes iguais entre si, cada qual atendendo a cinco geradores, porém um de cada vez. Cada subsistema será constituído de duas baterias de cilindros de CO₂, sendo uma para descarga rápida e outra para descarga lenta. Cada bateria terá, como reserva, outra igual.

Os cilindros, tubulações e acessórios das descargas rápida e lenta serão independentes entre si, exceto os termostatos, que serão comuns a ambos. A descarga de CO₂ para qualquer gerador será iniciada por um dos seguintes meios:

- automático, através de qualquer dos termostatos previstos no poço do respectivo gerador;
- manual-elétrico, acionando-se um dispositivo do tipo "quebra-vidro"; ou
- manual, pela operação das válvulas e comandos previstos nas baterias e válvulas direcionais relativas ao gerador sinistrado.

Tanto a operação automática quanto a manual-elétrica provocam a parada da unidade geradora, ativando um relé que abre as válvulas direcionais e aciona os cilindros-piloto, disparando os demais. Os anunciadores situados no Edifício de Comando serão atuados por pressostatos locados na tubulação.

Os cilindros de CO₂ deverão ter capacidade de 45 kg, serem intercambiáveis e fabricados de acordo com a ABNT EB-160. Foram previstos 56 cilindros de descarga rápida e 33 de descarga lenta em cada subsistema, além das baterias de reserva.

O sistema está previsto para que seja desconectado automaticamente por ocasião da abertura da porta do gerador, a fim de prevenir eventuais acidentes provocados pelo disparo ocasional do mesmo, durante uma inspeção de manutenção do gerador. O rearme do sistema será feito manualmente, ao término dessas operações.

a.8) Sistema de Água Nebulizada Anti-incêndio da Casa de Força Principal

Este sistema tem a função de fornecer água para combate a incêndio nos transformadores principais e auxiliares e nos tanques de óleo lubrificante e isolante. A captação de água será feita do sistema de água de resfriamento, sendo a pressão mantida pelo nível do reservatório a montante. Quando ocorrer um sinistro, o sistema será acionado automaticamente pelo rompimento das cápsulas localizadas junto aos transformadores e tanques de óleo. Isto provocará a abertura da válvula de dilúvio correspondente; simultaneamente, será acionado um alarme no Edifício de Comando.

a.9) Sistema de Hidrantes da Casa de Força Principal

Este sistema tem a função de proporcionar as condições adequadas para combate a incêndio por meio de uma rede de hidrantes distribuídos nas diversas áreas da Usina. A captação da água será feita na tubulação principal do sistema de água de resfriamento. Válvulas redutoras de pressão serão utilizadas para diminuir a coluna d'água disponível no reservatório de montante.

a.10) Sistema de Água de Serviço da Casa de Força Principal

O sistema de água de serviço tem a função de suprir as áreas internas e externas da Casa de Força Principal de água bruta filtrada para lavagem de pisos e irrigação de jardins. A alimentação será feita nos sistemas de água de resfriamento das unidades 1, 6, 11 e 16. O sistema ficará sujeito às variações de pressão do reservatório a montante.

a.11) Sistema de Água Potável da Casa de Força Principal

O sistema de água potável tem a função de abastecer os pontos de consumo, tais como lavatórios, vasos sanitários, mictórios, chuveiros, pias, bebedouros, torres de resfriamento de ar condicionado e retro-lavagem dos filtros da Estação de Tratamento d'Água (ETA).

O sistema será constituído pela ETA, reservatórios principais e secundários e rede de distribuição. A ETA será do tipo compacto, efetuará o tratamento da água por floculação, decantação e filtragem, sendo alimentada por um ramal do sistema de resfriamento. Após o tratamento, a água será conduzida a dois reservatórios principais situados na Tomada d'Água

Principal, a partir dos quais a distribuição será feita por gravidade para os reservatórios secundários, localizados na Casa de Força Principal e no Edifício de Comando, e finalmente conduzida para os pontos de consumo. As chaves de nível localizadas nos reservatórios principais controlarão o funcionamento das bombas da ETA. A capacidade do sistema está estimada em 5 m³/h. A bomba da ETA e a bomba dosadora terão uma unidade de reserva.

a.12) Sistema de Esgotamento Sanitário da Casa de Força Principal

O sistema de esgoto sanitário tem a função de captar e tratar as águas servidas de lavatórios, vasos sanitários, mictórios, chuveiros, pias, bebedouros e pisos.

O sistema será constituído por uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), uma estação de bombeamento e rede de tubulações. O efluente captado das salas de baterias passará por uma caixa neutralizadora antes de juntar-se à tubulação principal. A ETE será constituída por uma fossa séptica de câmara única, um tanque de cloração com misturador, duas bombas dosadoras, sendo uma de reserva e um tanque de hipoclorito de sódio. A ETE terá capacidade para atender a 80 pessoas e a descarga do efluente tratado será feita no Canal de Fuga.

A estação de bombeamento será constituída de um poço coletor e duas bombas centrífugas, sendo uma de reserva, com capacidade de 5 m³/h. A ETE e a estação de bombeamento estão localizadas na Área de Montagem.

a.13) Sistema de Separação Água-óleo da Casa de Força Principal

Os sistemas de separação água-óleo dos transformadores principais e auxiliares e dos tanques de óleo lubrificante e isolante têm por finalidade separar as águas provenientes do sistema anti-incêndio, por ocasião de um sinistro, evitando-se que o óleo seja despejado no rio.

Cada conjunto de cinco transformadores principais constituirá um sistema independente, totalizando quatro sistemas, sendo que os transformadores auxiliares utilizarão os mesmos conjuntos. Sob cada transformador foi prevista uma camada de brita, da qual será drenada a mistura água-óleo para um tanque separador. O óleo separado será recalcado para um caminhão-tanque e a água irá para o sistema de drenagem da Casa de Força Principal.

No sistema referente aos tanques de óleo, sob cada tanque haverá uma camada de brita, escoando para um poço separador. O óleo separado será recalcado para um caminhão tanque e a água conduzida para o Canal de Fuga.

Observa-se que o separador água-óleo dos transformadores deverá ter suas dimensões compatíveis àquelas preconizadas pela American Petroleum Institute (API), norma mais usualmente utilizada para o projeto deste tipo de sistema.

b) Sistemas Projetados para a Infra-estrutura de Construção no Sítio Belo Monte

b.1) Canteiro

– Sistema de Abastecimento de Água

O abastecimento foi previsto a partir de duas captações flutuantes, no próprio rio Xingu. Uma

das captações alimenta diretamente o pátio de cascalho e areia, com vazão de 87 l/s, e a outra as demais necessidades do canteiro, com 630 l/s. Desta segunda captação parte uma linha adutora até uma elevação próxima, onde deverá ficar situado o centro de tratamentos e reservação. Ali existirão um reservatório de água bruta, escavado no terreno e impermeabilizado, com capacidade de 15.000 m³; uma estação de tratamento modular, para 222 l/s; dois reservatórios de aço, com capacidade de 3.500 m³ cada, para a água industrial e destinados a alimentar, também o sistema de combate a incêndio por hidrantes; e o reservatório de água potável, de aço, com 400 m³ de capacidade.

A partir desses reservatórios serão alimentadas as redes de água bruta, água industrial, água potável e de combate a incêndio por hidrantes. Serão compostas por tubulações de ferro fundido, para o seu futuro reaproveitamento, em diâmetros de 500 a 50 mm.

– **Sistema de Esgotamento Sanitário**

O sistema de esgotamento sanitário será composto de fossas sépticas e sumidouros, em tamanhos padronizados, a serem instalados nas proximidades dos edifícios do canteiro.

– **Sistema de Drenagem**

Para a adequada drenagem superficial do canteiro de obras, foi prevista a instalação de canaletas tipo "meia cana" em ambos os lados de todas as vias de circulação interna, bem como no contorno dos diversos pátios de serviços.

A partir dos locais onde estas canaletas não forem capazes de conduzir as vazões, foi previsto um sistema de galerias para conduzi-las até o córrego próximo que será objeto de canalização, em terra, para ordenar o escoamento e evitar inundações.

Os tipos de drenagem previstos são:

- canaletas "meia cana" de Ø 0,40 m;
- galerias Ø 0,40 a Ø 1,50 m;
- canalização de córrego;
- largura de fundo: 8,0 m;
- profundidade: 1,6 m; e
- taludes: 1(V):2(H)

– **Sistemas Separadores de Água e Óleo**

Está prevista a implantação em todos os canteiros, nas áreas de oficinas e de lavagem de equipamentos e veículos, de sistemas separadores de água e óleo.

b.2) Alojamentos

– Sistema de Abastecimento e Tratamento de Água

Foram utilizados os seguintes critérios e parâmetros de projeto:

- cota "per capita" 250 l/hab/dia;
- coeficiente do dia de máx. consumo d.m.c.: $K1 = 1,2$;
- coeficiente de reservação: $1/3$ do d.m.c.; e
- vazões do d.m.c. para os alojamentos do Sítio Belo Monte 30 l/s.

Foram consideradas também as seguintes premissas para o abastecimento e o tratamento de água dos alojamentos nesse sítio:

- captação flutuante no rio Xingu,
- adutora de água bruta, de ferro dúctil, ponta e bolsa;
- estação de tratamento de água, tipo compacta;
- reservatórios de água potável, situados junto à ETA; e
- rede de distribuição de água potável.

– Sistema de Combate a Incêndio por Hidrantes

As redes dos sistemas de combate a incêndios por hidrantes serão independentes das do abastecimento de água. Foram previstos hidrantes de coluna, dotados de caixa com registro, mangueira, engate e requinte, estrategicamente colocados nas proximidades dos edifícios. Os sistemas funcionarão totalmente por gravidade, existindo sempre uma reserva permanente para qualquer emergência.

No centro de tratamento e reservação do alojamento do Sítio Belo Monte existirá uma estação elevatória de água para combate a incêndios com um reservatório de 50 m^3 , exclusivo para alimentação dos hidrantes.

– Sistema de Esgotamento Sanitário

Foram utilizados os seguintes critérios e parâmetros de projeto, além daqueles já apontados para o sistema de abastecimento d'água e aplicáveis também para este sistema de controle ambiental intrínseco:

- coeficiente de retorno esgoto/água: 0,8;
- carga unitária de $\text{DBO}_{5,20}$: 54,0 g/hab x dia;
- vazão do dia de máximo consumo nos alojamentos do Sítio Belo Monte: 24,0 l/s; e

- carga total de $\text{DBO}_{5,20}$: 0,5 ton/dia.

O sistema será composto pelas seguintes unidades principais:

- rede coletora;
- coletores troncos, interceptares e emissários;
- estação de tratamento, emissário por recalque; e
- disposição final dos efluentes tratados será subfluvial.

– **Sistema de Drenagem Superficial**

O sistema de drenagem foi concebido para que o escoamento se dê o máximo possível pela superfície, evitando ao máximo a execução de galerias; será composto por sarjetas, sarjetões, bocas de lobos, galerias, órgãos acessórios e obras de disposição final (dissipadores de energia). No dimensionamento foi utilizado o método racional, com um período de retorno de 5 anos.

– **Sistema de Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos**

A maior quantidade de lixo será proveniente dos refeitórios, constituindo-se de restos de alimentos. Dados os pontos concentrados onde será feita a coleta, poder-se-á utilizar, neste caso, caminhões basculantes cobertos para este serviço.

A maneira mais conveniente de se dispor o lixo será em aterro sanitário. Em função da proximidade dos alojamentos aos respectivos canteiros, previu-se um aterro único para ambos, sendo sua localização definida em função das condições de acesso e da topografia, preferencialmente nos canteiros.

b.3) Vila Residencial de Belo Monte

– **Sistema de Abastecimento e Tratamento de Água**

Os sistemas foram concebidos para o atendimento de toda a população da vila residencial, em acordo com os critérios e parâmetros de projeto a seguir especificados:

- população total: 24.000 hab;
- cota "per capita": 250 l/hab dia;
- índice de atendimento: 100%;
- coeficiente do dia de máximo consumo d.m.c.: $K1 = 1,2$;
- coeficiente de reservação: $1/3$ do d.m.c.;
- vazão total necessária para o d.m.c.: 60 l/s; e

- capacidade do sistema: 70 l/s.

Foi previsto que o sistema será composto pelas seguintes unidades principais:

- Captação de água;
- Adutora até ETA;
- ETA;
- Reservatório; e
- Distribuição.

– **Sistema de Esgotamento Sanitário**

Além dos parâmetros e critérios já apontados no sistema de abastecimento de água, foram ainda considerados:

- coeficiente de retorno esgoto/água: 0,8;
- carga unitária de $DBO_{5,20}$: 54 g/hab x dia;
- vazão do dia de máximo consumo: 28 l/s; e
- carga total de $DBO_{5,20}$: 1,2 ton/dia.

Foi previsto que o sistema será composto pelas seguintes unidades principais:

- rede coletora;
- coletores troncos, interceptares e emissários;
- estação tratamento e emissários por recalques; e,
- disposição final dos efluentes tratados será subfluvial.

– **Sistema de Drenagem Urbana**

O sistema de microdrenagem das vias públicas deverá ser dimensionado para ocorrer o máximo possível pela superfície, só dispondo de galerias onde as sarjetas e sarjetões não derem vazão aos deflúvios. Foi utilizado o método racional, com tempo de recorrência de 5 anos.

O sistema deverá ser composto por:

- sarjetas e sarjetões;
- bocas de lobo e tubos de ligação;
- galerias propriamente ditas, com poços de visita; e

- dispositivos de lançamento.

– Sistema de Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos

Integração do sistema de varrição, coleta e disposição de resíduos sólidos a um replanejamento do sistema, como um todo, para a vila de Santo Antônio de Belo Monte, no âmbito do Plano de Articulação Institucional do AHE Belo Monte proposto neste EIA.

O lixo total a ser produzido, considerando-se a contribuição "per capita" da ordem de 0,5 kg/hab/dia, deverá atingir uma carga total de 10 ton/dia.

4.2.4.6 Detalhamento das Obras e Infra-Estrutura Associadas ao Compartimento Ambiental "Reservatório do Xingu"

Nos itens subseqüentes apresentar-se-á uma visão detalhada das diferentes estruturas componentes do arranjo geral do AHE Belo Monte projetadas para o Sítio Pimental, aí incluindo-se aquelas de caráter especial, bem como do reservatório do Xingu, inserido no compartimento ambiental em pauta. Detalhes relativos à infra-estrutura construtiva a ser alocada na esfera de abrangência espacial definida para este compartimento, bem como dos materiais para construção a serem aí obtidos, são também aqui apresentados.

Reitera-se aqui que todas as características do empreendimento ora apresentadas são derivadas dos Estudos de Viabilidade concluídos em 2002, sempre se referenciando a desenhos originais de projeto inseridos nesses estudos e encartados neste capítulo do EIA.

4.2.4.6.1 Sítio Pimental

a) Detalhamento do Arranjo Geral

Os Estudos de Viabilidade contemplaram, para o Sítio Pimental, a análise de diferentes eixos alternativos para implantação do arranjo geral das estruturas, conforme indicado no **Desenho BEL-V-10-100-0083 (Apêndice 4.4 – Volume 3)**. No eixo selecionado, denominado Ilha da Serra, o rio se divide em um canal profundo junto à margem direita, com 740 m de largura, um canal central, com cerca de 1.200 m de largura, e demais canais rasos à margem esquerda, cobrindo uma distância de cerca de 1.300 m (só os canais).

O **Desenho BEL-V-10-100-0084 (Apêndice 4.5 – Volume 3)** mostra que fechamento do vale do rio Xingu foi projetado para ser efetuado em dois segmentos, separados pela Ilha da Serra, que possui cotas superiores a 100 m. O primeiro trecho, entre a margem direita e a Ilha da Serra, se constitui de uma barragem de seção homogênea em solo, nas ombreiras, e de enrocamento com núcleo argiloso na faixa central do canal direito (vide seção A-A no **Desenho BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**). O segundo trecho, com cerca de 6 km de extensão, é composto pelas estruturas de concreto, posicionadas na faixa central da calha (vide planta e vistas no **Desenho BEL-V-10-100-0050 (Apêndice 4.7 – Volume 3)**, e por barragens homogêneas em solo (vide seções A-A, B-B, C-C e D-D no **Desenho BEL-V-12-100-0088 (Apêndice 4.8 – Volume 3)**). Nos encontros direito e esquerdo com as estruturas de concreto, as barragens de terra são transicionadas para estruturas de enrocamento com núcleo impermeável (vide planta e vistas no **Desenho BEL-V-10-100-0050 (Apêndice 4.7 – Volume 3)** e seção C-C no **Desenho BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**). Dois terços do barramento desenvolvem-se sobre ilhas relativamente planas com cota média 87,0 m, o que faz com que a altura média das barragens nestes trechos seja de 13 m.

A Barragem do Canal Direito fecha o canal mais profundo do rio, entre a margem direita e a Ilha da Serra, atingindo uma altura máxima de 36 m. Sua seção transversal típica, com 10 m de largura de crista, incorpora, parcialmente, as ensecadeiras de montante e jusante da 2ª fase de desvio (vide seção A-A no **Desenho BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**). No trecho da calha do rio é empregada seção mista solo/enrocamento, transicionando-se para seção homogênea em solo junto à ombreira direita e no encontro com a Ilha da Serra (vide seção B-B também no **Desenho BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**).

Após a Ilha da Serra, no sentido margem direita-margem esquerda, tem-se o segundo trecho do barramento principal que se inicia com a Barragem de Ligação com a Ilha da Serra. Esta estrutura possui seção transversal típica de barragem homogênea em solo, semelhante àquela das ombreiras da Barragem do Canal Direito (vide seção B-B no **Desenho BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**). Sua crista tem 10 m de largura e pouco mais de 480 m de extensão. O trecho da barragem que fica sobre a Ilha da Serra é provido de trincheiras de vedação ou exploratórias, dependendo do local onde se assenta. A cerca de 420 m da Ilha da Serra, a seção em solo é transicionada para uma seção mista, de enrocamento com núcleo impermeável (vide seção C-C no **Desenho BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**). Com isso, os 50 m mais próximos ao Vertedouro Principal têm seção transversal semelhante ao do segmento central da Barragem do Canal Direito.

O encontro da Barragem de Ligação com a Ilha da Serra com a estrutura de concreto se faz “de topo”, contra um muro ala a montante e os próprios muros laterais do Vertedouro Principal e bacia de dissipação, a jusante, que servem de contenção para a saia da barragem (vide planta e vistas no **Desenho BEL-V-10-100-0050 (Apêndice 4.7 – Volume 3)**). Como pode ser observado no **Desenho BEL-V-11-101-0062 (Apêndice 4.9 – Volume 3)**, o Muro Ala de Montante apresenta, em planta, uma deflexão no sentido anti-horário de 17° em relação à perpendicular ao eixo de barramento e tem crista decrescente a partir da cota 100,0 m.

A estrutura extravasora situada no Sítio Pimental, denominada de Vertedouro Principal, é dotada de 17 vãos com 20 m de largura cada, controlados por comportas do tipo segmento – vide **Desenho BEL-V-10-100-0050 (Apêndice 4.7 – Volume 3)**, **Desenho BEL-V-14-101-0045 (Apêndice 4.10 – Volume 3)** e **Desenho BEL-V-14-101-0046 (Apêndice 4.11 – Volume 3)**. Os vãos são separados por 16 pilares com 5 m de largura que, a montante, possuem ogiva de perfil hidrodinâmico. A extensão do Vertedouro Principal totaliza 420 m. A soleira vertente tem crista na cota 80,0 m e o perfil é típico para vertedouros de baixa altura em relação à carga. O paramento de montante da soleira é inclinado de 45° e o quadrante de jusante é do tipo U.S. Bureau of Reclamation. Para escoamento da vazão de projeto de 47.400 m³/s, o nível d’água do reservatório se elevará até a cota 97,46 m. A dissipação de energia se dará em bacia convencional, sendo que cerca de 40% do comprimento teórico desta estrutura está revestido e contido por muros laterais. No coroamento do Vertedouro Principal – cota 100,0 m – existe uma ponte que, além de comportar uma pista de rolamento, será utilizada como caminho para o pórtico de montante, que, por seu turno, também serve à Tomada d’Água. Por jusante, na cota 96,55 m, há outra ponte para o pórtico que operará as comportas ensecadeiras de jusante do Vertedouro Principal, sendo que este equipamento também será utilizado na Casa de Força Complementar para operação das comportas ensecadeiras (vide corte típico no **Desenho BEL-V-14-101-0046 (Apêndice 4.11 – Volume 3)**). A necessidade de se prever “stop-logs” a jusante do Vertedouro Principal se deve ao fato de que o nível d’água mínimo de jusante se situa acima da crista da soleira vertente.

Visando não diminuir a capacidade de descarga do Vertedouro Principal, foi prevista a escavação de um canal de aproximação, com cerca de 200 m de extensão, na cota 72,0 m. A jusante, para completar o comprimento teórico da bacia, também foi considerada a escavação

de mais 85 m, além do trecho revestido, de todo o topo rochoso acima da cota 70,5 m (vide planta no **Desenho BEL-V-10-100-0084 (Apêndice 4.5 – Volume 3)**. e corte típico no **Desenho BEL-V-14-101-0046 (Apêndice 4.11 – Volume 3)**.

À esquerda do Vertedouro Principal, um muro divisor com 8 m de largura separa esta estrutura e a Bacia de Dissipação da Tomada d'Água/Casa de Força Complementar e respectivo Canal de Fuga (vide planta e vistas no **Desenho BEL-V-10-100-0050 (Apêndice 4.7 – Volume 3)**. Neste muro estão os acessos verticais principais – escadas e elevador – a todos os níveis de serviço e galerias das estruturas de concreto adjacentes. A montante, no prolongamento do muro divisor, foi previsto outro muro de concreto, com crista na cota 81,0 m, que tem função de reter sedimentos a montante da Tomada d'Água.

A Tomada d'Água/Casa de Força Complementar se constitui de uma única estrutura e está motorizada com 7 grupos turbina-gerador do tipo Bulbo, de potência unitária de 25,9 MW, que totalizam 181,3 MW de potência instalada (vide planta e vistas no **Desenho BEL-V-10-100-0050 (Apêndice 4.7 – Volume 3)**. O arranjo concebido é típico para grupos geradores do tipo adotado. O paramento de montante da Tomada d'Água/Casa de Força Complementar tem inclinação 1V:0,2H e é dotado de grades na entrada das unidades. A comporta de emergência está posicionada a jusante e existem ranhuras para comportas ensecadeiras na Tomada d'Água e a jusante das ranhuras da comporta de emergência.

A Casa de Força Complementar, do tipo abrigada, tem sua cobertura na cota 112,0 m para possibilitar que uma única ponte rolante sirva a esta estrutura e à Área de Montagem. Seu piso principal está na cota 86,0 m, onde também se localiza a galeria elétrica. Abaixo desta, na cota 81,0 m, encontra-se a galeria mecânica. O piso onde se localizam os transformadores de tensão – cota 96,55 m – está acima do nível d'água máximo maximorum de jusante. Cada um dos 7 blocos da Tomada d'Água/Casa de Força Complementar tem 14 m de largura, perfazendo um total de 98 m. Adjacente ao bloco nº 1 desta estrutura vem a Área de Montagem, composta por um único bloco com 32 m de largura (vide planta no **Desenho BEL-V-10-100-0050 (Apêndice 4.7 – Volume 3)**. O paramento de montante desta estrutura segue o mesmo alinhamento e inclinação da Tomada d'Água, enquanto que o de jusante é vertical e coincide, no topo, com a extremidade de jusante da Casa de Força Complementar (vide corte típico no **Desenho BEL-V-34-101-0054 (Apêndice 4.12 – Volume 3)**. Pelo fato de a Casa de Força Complementar ser controlada de modo remoto, não está previsto edifício de comando, tendo sido reservados dois pisos, nas cotas 108,5 m e 105,0 m, para abrigar os equipamentos locais de comando, supervisão e controle da usina.

O bloco da Área de Montagem é utilizado para abraço da Barragem de Terra Lateral Esquerda. Esta barragem possui, por jusante, uma berma de 28 m na cota 96,55 m, contígua à Área de Montagem, que serve de pátio de manobras e acesso ao piso dos transformadores (vide planta no **Desenho BEL-V-10-100-0050 (Apêndice 4.7 – Volume 3)**.

A Barragem de Terra Lateral Esquerda tem cerca de 5 km de extensão e completa o fechamento do vale na ombreira esquerda. Sua seção típica é semelhante à da Barragem de Ligação com a Ilha da Serra, inclusive nos 50 m mais próximos à Área de Montagem da Casa de Força Complementar, quando sua seção torna-se mista – enrocamento com núcleo argiloso.

Nos trechos sobre as ilhas e na ombreira esquerda, foram previstas trincheiras de inspeção/vedação, com profundidade entre 3 m a 4 m (vide planta e seções A-A, B-B, C-C e D-D no **Desenho BEL-V-12-100-0088 (Apêndice 4.8 – Volume 3)**).

b) Observações Adicionais sobre as Obras de Terra e Enrocamento

Como pode ser depreendido a partir do subitem (a) e visualizado, em planta, no **Desenho BEL-V-10-100-0084 (Apêndice 4.5 – Volume 3)**, as obras de terra e enrocamento do Sítio Pimental compreendem:

- Ensecadeiras;
- Barragem do Canal Direito – BCD;
- Barragem de Ligação com a Ilha da Serra – BLIS; e
- Barragem de Terra Lateral Esquerda – BTLE.

Os condicionantes principais que influíram na concepção destas obras são os seguintes:

- Condições locais de fundação, com grandes extensões das barragens apoiadas nos aluviões da calha do rio;
- Pequena altura das barragens de terra, dificultando a incorporação das ensecadeiras; e
- Pequena disponibilidade de enrocamento, considerando as reduzidas escavações para implantação das estruturas principais de concreto.

Outros aspectos determinantes na seleção das seções-tipo das barragens foram o limitado volume de escavações obrigatórias em rocha para as obras em concreto e o rígido cronograma construtivo associado às diversas fases do desvio.

A seguir descreve-se, para cada estrutura, características adicionais das seções-tipo àquelas já apresentadas no subitem (a) e tratamentos previstos, ditados pelas condições geológico-geotécnicas frente às solicitações e geometria de cada eixo em particular.

b.1) Ensecadeiras da 1ª Fase de Desvio

As Ensecadeiras da 1ª Fase de Desvio (vide Desenhos **BEL-V-24-100-0085 (Apêndice 4.13 – Volume 3)** e **BEL-V-24-100-0086 (Apêndice 4.14 – Volume 3)**) compreendem as diversas estruturas que abrigarão as áreas onde serão desenvolvidas as atividades para a construção do Vertedouro Principal, Tomada d'Água/Casa de Força Complementar e respectiva Área de Montagem. Estão previstas para implantação na estiagem do primeiro ano efetivo de obras (vide item “4.2.4.11.4 - Cronograma de Construção e de Início de Operação”) e removidas na penúltima estiagem, para permitir o ensecamento de segunda fase. Seu comprimento total é de 2.780 m, com altura máxima de 25 m.

Uma única ensecadeira do canal central de montante será executada para permitir a construção das estruturas de concreto e das Barragens de Ligação com a Ilha da Serra e de Terra Lateral Esquerda, esta última parcialmente. O tratamento de fundação prevê a dragagem

do leito do rio com remoção de uma faixa do aluvião, de forma a permanecer um espaço mínimo de 5,0 m para o pé dos taludes finais da ensecadeira. A pré-ensecadeira constará de lançamento de enrocamento até a cota 84,70 m, com transição e vedação a montante e largura de crista total resultante de 13 m. O alteamento será executado até a cota 93,1 m em solo compactado, com largura de crista de 7 m. Deverá ser feito, ainda, o alargamento externo da vedação da ensecadeira, até a cota 87,5 m, com taludes submerso e compactado de 3,5H:1V e 2,5H:1V, respectivamente, para permitir a posterior remoção do trecho em enrocamento.

As ensecadeiras de jusante que finalizam o fechamento do canal central são:

- Ensecadeira de fechamento da Ilha da Serra com a Ilha do Reinaldo: a pré-ensecadeira deverá ser executada com o lançamento do enrocamento até a cota 84,0 m, com transição e vedação externas, e crista total de 13 m; o alteamento será executado em solo compactado até a cota 92,0 m, com crista de 7 m e taludes dos paramentos interno (ensecado) e externo de 2,0H:1V e 2,5H:1V, respectivamente; e
- Ensecadeira de fechamento da Ilha do Reinaldo com a Ilha Marciana: será executada com seção semelhante àquela da pré-ensecadeira coroada na cota 87,0 m e o alteamento na cota 92,0 m.

As ensecadeiras de jusante também terão suas vedações alargadas, da base até a cota 87,2 m, pelo lado externo, para permitir a remoção, a seco, do trecho em enrocamento da pré-ensecadeira.

Nas regiões do leito do rio, será implementada a dragagem do material aluvionar na faixa de fundação das ensecadeiras, deixando-se uma folga mínima de 5 m, para montante e jusante, dos pés dos taludes externos.

Os traçados das ensecadeiras consideraram a geologia local, caracterizada por campanhas de sísmicas de reflexão e sondagens mecânicas, para evitar os trechos de canalões ou rocha mais profunda, além de atender aos requisitos e às necessidades geométricas impostas pelo arranjo final, bem como reduzindo os volumes totais de aterro em solo e enrocamento.

b.2) Ensecadeiras da 2ª Fase de Desvio

– Ensecadeiras do Canal Direito

As Ensecadeiras do Canal Direito estão previstas para construção no período de estiagem do penúltimo ano de obra, e propiciarão o tratamento de fundação e sucessivo alteamento da barragem de terra e enrocamento na calha direita do rio Xingu. As ensecadeiras de montante e jusante somam 1.340 m de extensão e têm altura máxima de 31 m.

As ensecadeiras para execução da Barragem do Canal Direito serão construídas mediante lançamento de enrocamento dentro d'água com posterior vedação de solo, também lançado, sobre uma transição.

As pré-ensecadeiras de montante e jusante atingirão cotas de 84,2 e 84,0 m, respectivamente, em função da época prevista para o fechamento e da distribuição da vazão em trânsito através do canal esquerdo, do Vertedouro Principal e da brecha final no canal direito. Os taludes naturais (médios) do enrocamento e do solo lançados dentro d'água foram determinados em

função de medições em outras obras executadas, sendo 1,3H:1V para taludes em enrocamento e 3,5H:1V para taludes em solo submerso. Entre o solo e o enrocamento lançados será executada uma transição, com material processado, cujo talude montante é de 1,5H:1V.

Após o fechamento, a ensecadeira de montante será alteada até a cota 94,5 m através de solo, transição e enrocamento compactados, com talude de montante com inclinação 2,5H:1V e, de jusante, com 1,3H:1V. A ensecadeira de jusante terá seção transversal semelhante àquela de montante, sendo alteada até a cota 92,0 m. A largura da crista das ensecadeiras será de 10 m.

Após a passagem da cheia durante a 2ª fase de desvio, e acompanhando a descida dos níveis d'água do rio, parte dessas ensecadeiras poderá ser reaproveitada como fonte de material para o alteamento da Barragem do Canal Direito.

– Ensecadeiras para o Complemento da Barragem de Terra Lateral Esquerda

Em acordo com o que pode ser observado no **Desenho BEL-V-12-100-0088 (Apêndice 4.8 – Volume 3)**, pequenas ensecadeiras auxiliares serão construídas nos canais existentes no interior e entre as diversas ilhas que ocorrem no eixo do barramento. São ensecadeiras de alturas reduzidas e destinadas a proteger as áreas de trabalho apenas nos períodos de estiagem. O comprimento total previsto é de aproximadamente 800 m, com alturas máximas de 5 m, pois servirão apenas durante o período de estiagem.

Nesse sentido, entre as Ilhas Marciana e Pimental será executada uma pequena ensecadeira em solo lançado, uma vez que os canais existentes estarão praticamente sem fluxo na época prevista para sua execução.

Os taludes de montante e jusante terão inclinação de 2,5H:1V e o coroamento será na cota 86,0 m, com largura de crista de 7 m. Esta ensecadeira presta-se apenas para o período de estiagem no qual será efetuado o tratamento de fundação e respectivo alteamento da barragem de terra.

Há que se observar que as ensecadeiras do canal esquerdo serão implantadas em fases distintas. No primeiro ano serão construídas para propiciar o ensecamento da calha do rio, permitindo o tratamento prévio da fundação da BLTE e a construção das fundações e pilares da ponte de acesso. Ao final do período seco as ensecadeiras serão removidas para permitir a passagem de parte da vazão de cheia. No último ano de obra, o canal esquerdo será novamente fechado com ensecadeiras, logo após a passagem da cheia anual, de forma a permitir a construção total da barragem de terra neste local. O comprimento destas ensecadeiras é de 420 m a montante e de 510 m a jusante, com alturas máximas de 6,0 m, considerando-se o fundo na cota 80,0 m.

Antes da execução de cada uma das duas fases, será necessária a dragagem do material aluvionar existente na faixa de assentamento das ensecadeiras, deixando-se uma folga mínima de 5 m para montante e jusante.

As pré-ensecadeiras de primeira fase do canal esquerdo, de montante e de jusante, serão executadas simultaneamente, logo após a passagem da cheia do primeiro ano de obra, com lançamento de enrocamento e avanço recuado da transição e da vedação em solo. As seções transversais seguirão, em linhas gerais, as definidas para as pré-ensecadeiras dos canais direito e central, com variação das cotas de assentamento e coroamento. A pré-ensecadeira de

montante terá crista com 13 m de largura na cota 87,5 m, enquanto que a de jusante terá crista na cota 86,0 m com igual largura. Antes do início da cheia seguinte, as ensecadeiras serão removidas para a passagem do fluxo do rio.

As pré-ensecadeiras de segunda fase serão executadas, simultaneamente, após a passagem da cheia do 5º ano, com as mesmas seções da 1ª fase, porém, com coroamento em cotas mais elevadas. A pré-ensecadeira de montante será construída na cota 88,5 m e posteriormente alteada até a cota 92,0 m, em solo compactado, para permitir a geração antecipada da Casa de Força Complementar. A pré-ensecadeira de jusante terá crista na cota 86,5 m.

A última ensecadeira da seqüência faz o fechamento de um canal entre a Ilha do Forno e a margem esquerda, que se mantém sem fluxo durante boa parte do ano. A limpeza da fundação deverá considerar a remoção da cobertura vegetal, com raspagem de 0,5 m do solo aluvionar superficial. A ensecadeira deverá ser em solo compactado com taludes de 2,5H:1V, crista de 7 m de largura e coroamento na cota 87,5 m, servindo para o período de estiagem no qual será efetuado o tratamento de fundação e respectivo alteamento da barragem de terra.

b.3) Barragens

As barragens do Sítio Pimental foram estudadas visando a escolha da seção mais adequada para cada local, nos quais foram considerados aspectos de disponibilidade de materiais para a construção, de condições geológico-geotécnicas de fundação, de facilidade construtiva e de custos, bem como as análises de estabilidade da 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, que definiram, de modo geral, as seções-tipo para as barragens e para os diques. Todos os barramentos deste Sítio terão coroamento na cota 100,0 m.

Em termos geológico-geotécnicos, observa-se que a região de implantação do barramento no Sítio Pimental é geologicamente constituída por rochas migmatíticas do Complexo Xingu, que se encontram aflorantes ou capeadas por sedimentos aluvionares no leito do rio e alteradas em solo nas ombreiras (vide mapa geológico local constante do **Desenho BEL-V-10-190-0053 (Apêndice 4.15 – Volume 3)** e seção geológico-geotécnica longitudinal ao eixo do barramento – **Desenho BEL-V-10-190-0065 (Apêndice 4.16 – Volume 3)**). Por ocasião dos Estudos de Viabilidade, não foram identificadas feições geológicas, anomalias e presença de materiais que pudessem interferir na escolha do local de barramento.

– Barragem do Canal Direito – BCD

A Barragem do Canal Direito – BCD pode ser visualizada nos **Desenhos BEL-V-10-100-0084 (Apêndice 4.5 – Volume 3)** e **BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**.

Para o canal direito, a adoção da seção mista solo-enrocamento buscou tirar o maior proveito da incorporação das ensecadeiras de montante e jusante, inclusive com o reaproveitamento (canibalização) dos enrocamentos e solos remanescentes acima dos níveis d'água após a passagem da cheia do 5º ano. Nos trechos da planície aluvionar e ombreiras adotou-se seção homogênea em solo, compatível com as condições de fundação e disponibilidade de materiais de construção, com trincheira de vedação para interceptar a camada arenosa permeável na base do aluvião.

- Escavações e Tratamento de Fundação

A campanha de investigações de campo realizada – sísmicas de reflexão e refração, mapeamento geológico superficial, poços de inspeção e sondagens a percussão e rotativas – permitiu que fosse obtido um conhecimento razoável a respeito do comportamento da fundação sobre o qual o barramento estará assente. Com base nisso, está prevista a remoção de todo material aluvionar na região do canal para que a fundação do núcleo argiloso se faça diretamente sobre a rocha. Também serão necessários o tratamento de fundação com concreto dental onde a rocha apresentar taludes negativos e depressões localizadas, e a execução de uma linha de injeção exploratória, que poderá progredir para uma cortina de injeção, dependendo das absorções observadas nas etapas subseqüentes de injeção. Para a barragem homogênea, será realizada a escavação de uma trincheira de vedação – *cut-off* – no trecho de aluvião, para interceptar a camada arenosa de alta permeabilidade na sua base; nos trechos onde a trincheira de vedação atingir o topo rochoso do migmatito, ou a espessura do solo de alteração for muito reduzida, será dada continuidade à linha de injeção exploratória adotada no canal direito, que poderá eventualmente progredir para cortina de injeção dependendo dos resultados das absorções. Nas ombreiras, a seção homogênea em solo incorpora trincheira exploratória para averiguação das características de permeabilidade e deformabilidade do solo superficial.

- Seção-tipo

Tanto a barragem em seção homogênea quanto aquela em seção mista apresentam seções-tipo segundo os critérios de estabilidade estabelecidos na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade e que se adequam às condições locais. Conforme abordado no item (a), os taludes são de 1,3H:1V para enrocamento, tanto a montante quanto a jusante, e 2,0H:1V a montante com 1,5H:1V a jusante para o barramento em solo. As transições de solo para enrocamento ocorrem nas ombreiras direita e esquerda quando da passagem da ilha e da margem direita para o canal do rio com fundo rochoso.

A altura máxima desta estrutura é de 36 m e comprimento de crista de 708 m.

– **Barragem de Ligação com a Ilha da Serra – BLIS**

A Barragem de Ligação com a Ilha da Serra – BLIS pode ser visualizada nos **Desenhos BEL-V-10-100-0084 (Apêndice 4.5 – Volume 3)** e **BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**.

Para a BLIS foi analisada a ligação do eixo em função da posição relativa das estruturas de concreto no caso o Vertedouro Principal, e da necessidade de seu fechamento contra a Ilha da Serra. As seções de barramento utilizadas seguem os critérios da 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade quanto a inclinações de talude de montante e jusante, posição e largura de berma e largura de crista, valendo as análises de estabilidade procedidas naquela etapa.

- Escavações e Tratamento de Fundação

O tratamento de fundação dos barramentos do Sítio Pimental é função do trecho em que a barragem está assente. Nos canais do rio onde há depósitos de aluvião com espessuras variáveis, será feita a remoção total deste material. Será procedido o tratamento de fundação com concreto dental onde a rocha apresentar taludes negativos e depressões e linha de injeção de calda de cimento exploratória, que poderá progredir para cortina de injeção em função dos níveis de absorção observados na linha exploratória.

No trecho sobre a Ilha da Serra, valem os mesmos critérios citados para a Barragem do Canal Direito, com a barragem homogênea incorporando as trincheiras de vedação ou exploratória e as injeções exploratórias, dependendo da posição relativa e materiais constituintes da fundação.

- Seções-tipo

A Barragem de Ligação com a Ilha da Serra desenvolve-se desde esta ilha até o Vertedouro Principal, numa extensão de 485 m e altura máxima de 20 m. Trata-se de uma barragem homogênea em solo, à exceção dos 50 m mais próximos ao encontro com a estrutura de concreto, onde é efetuada transição para seção em solo e enrocamento. As seções-tipo são idênticas às adotadas para a Barragem do Canal Direito.

– **Barragem de Terra Lateral Esquerda – BTLE**

A Barragem de Terra Lateral Esquerda – BLTE pode ser visualizada no **Desenho BEL-V-10-100-0088 (Apêndice 4.8 – Volume 3)**.

A BTLE é a obra de terra mais longa de todo o sítio Pimental, desenvolvendo-se por 5.055 m, com altura máxima de 20 m no canal central. Esta estrutura tem a maior parte do seu desenvolvimento sobre ilhas, onde sua altura média será menor, da ordem de 13 m. As características de fundação e disponibilidade de materiais recomendaram o emprego de seção homogênea em solo.

- Escavações e Tratamento de Fundação

Na fundação da BTLE serão efetuados tratamentos similares aos adotados para a BCD. Na região referente às calhas naturais inter-ilhas, será procedida a remoção do aluvião arenoso e blocos de rocha, além dos tratamentos superficiais (tratamento de fendas, depressões, retaludamentos etc.) e profundos (linha de injeção exploratória podendo progredir para cortina de injeção). Para os trechos de aluvião mais antigo situado sobre as ilhas (do Meio, da Marciana, Pimental e demais ilhas ao longo do eixo), onde ocorre camada arenosa na base do pacote aluvionar com espessura total de aproximadamente 4,5 m, será executada trincheira de vedação até atingir o topo do solo de alteração ou do próprio migmatito, efetuando assim o controle da percolação. O aluvião argiloso observado em superfície teve suas características de resistência e deformabilidade avaliadas em ensaios geotécnicos realizados no laboratório da UHE Tucuruí, que propiciaram a sua manutenção na fundação. Nos trechos onde a base da trincheira de vedação situar-se diretamente sobre o topo rochoso, ou com espessura de solo de alteração muito reduzida, será implementada uma linha de injeção exploratória/cortina de injeções conforme critérios citados para os demais trechos da barragem. Na extremidade esquerda da barragem, além da planície aluvionar e em direção à sua ombreira, será implantada trincheira exploratória para verificação das características dos solos coluvionares e de alteração de migmatito em superfície.

- Seções-tipo

Também aqui as seções-tipo seguem as mesmas definidas para a BCD, inclusive no trecho de abraço com a Área de Montagem da Casa de Força Complementar, onde a seção torna-se mista.

– **Diques do Sítio Pimental**

Dos seis pontos de fuga identificados no Sítio Pimental por ocasião dos Estudos de Viabilidade os quais podem ser visualizados no **Desenho BEL-V-13-190-0100 (Apêndice 4.17 – Volume 3)**, um situa-se na margem esquerda e cinco na margem direita do rio Xingu. Para vedação dos mesmos, foram projetados 6 diques possuindo alturas variáveis entre 3 e 7 m. Todos serão implantados sobre solo de alteração de migmatito, com características silto-argilosas. Os Estudos de Viabilidade remetem à etapa de Projeto Básico o detalhamento dos estudos topográficos e geológico-geotécnicos nestes locais.

– **Parâmetros Geotécnicos Considerados nos Estudos de Estabilidade das Obras de Terra e Enrocamento no Sítio Pimental**

No **Apêndice 4-1** apresenta-se a abordagem detalhada a respeito dos parâmetros geotécnicos considerados, nos Estudos de Viabilidade, para os estudos de estabilidade das obras de terra e enrocamento previstas para o Sítio Pimental.

c) **Observações Adicionais sobre as Estruturas de Concreto**

c.1) **Vertedouro Principal**

– **Características Geométricas**

A localização e características geométricas do Vertedouro Principal podem ser visualizadas nos **Desenhos BEL-V-10-100-0084 (Apêndice 4.5 – Volume 3)**, **BEL-V-10-100-0050 (Apêndice 4.7 – Volume 3)**, **BEL-V-14-101-0045 (Apêndice 4.10 – Volume 3)**, e **BEL-V-14-101-0046 (Apêndice 4.11 – Volume 3)**.

O Vertedouro Principal é uma estrutura característica de concreto armado, em função de sua esbeltez. Conforme abordado anteriormente, os blocos têm dois semi-vãos com crista da soleira na cota 80,0 m e crista da estrutura na cota 100,0 m, sendo equipados com comportas de segmento e, a montante e jusante, com ranhuras no pilar que possibilitam a descida de comporta ensecadeira, acionada através de dois pórticos rolantes que movimentam-se um a montante, na crista da estrutura, e outro a jusante, na cota 96,55 m. Cada bloco tem um pilar central com espessura de 5 m, perfazendo uma espessura de 25 m na junção de dois blocos.

Junto à fundação na cota 69,0 m, a montante da estrutura, e na cota 66,5 m, a jusante, correm, longitudinalmente, duas galerias onde está implantado o sistema de injeções e drenagem profunda. Estas galerias interligam-se nos pilares extremos e nos pilares 5 e 12 do Vertedouro Principal, onde as águas coletadas são drenadas para jusante no poço de drenagem na Área de Montagem.

Foram projetadas duas pontes, uma a montante e outra a jusante, com a finalidade de receber as cargas de serviço durante a construção e as cargas posteriores ao final da obra. Foram utilizadas no dimensionamento cargas padrão para este tipo de obra, tais como caminhão fora de estrada CAT-769B, guindaste P&H 140, pórtico rolante de 100,0 t e o veículo tipo TB45 do DNER.

A viga do munhão é contínua em cada bloco e está prevista protensão transversal na direção do seu eixo e longitudinal na ancoragem ao pilar. Sua face superior está situada na cota 95,2 m e a face inferior na cota 91,38 m, e tem largura de 8 m. Esta viga possui uma inclinação não

comum de 17^o com a horizontal devido ao fato também não comum da possibilidade de ocorrerem elevados níveis d'água a jusante da estrutura. Em cada pilar foi previsto um poço de acesso à câmara de protensão de ancoragem da viga do munhão.

– **Condições, Tratamentos de Fundação e Estudos de Estabilidade**

No **Apêndice 4-2** apresenta-se uma abordagem detalhada das condições e tratamentos de fundação do Vertedouro Principal.

No mesmo Apêndice são apresentados os critérios adotados para os estudos de estabilidade dessa estrutura frente a diferentes condições de carregamento, bem como os resultados das análises efetuadas.

– **Equipamentos Eletromecânicos Principais**

No **Apêndice 4-3** apresenta-se uma abordagem detalhada das características dos equipamentos eletromecânicos principais projetados para o Vertedouro Principal.

c.2) Tomada d'Água/Casa de Força Complementar/Área de Montagem

– **Características Geométricas**

A localização e características geométricas da Tomada d'Água/Casa de Força Complementar/Área de Montagem podem ser visualizadas nos **Desenhos BEL-V-10-100-0084, BEL-V-10-100-0050, BEL-V-35-101-0050 e BEL-V-34-101-0054 (respectivamente apêndices 4.5, 4.7, 4.20 e 4.12, volume 3)**.

Conforme abordagem anterior, a Casa de Força Complementar foi dimensionada nos Estudos de Viabilidade visando a instalação de 7 unidades geradoras motorizadas com turbinas Bulbo e a abrigar a Área de Montagem. Na concepção desta casa de força, previu-se sua operação ao longo de todo o ano com a utilização do hidrograma ecológico a ser destinado para jusante do barramento, segundo a proposição deste hidrograma apresentada nos Estudos de Viabilidade. Entretanto, em períodos em que haja excedentes da vazão derivada para a usina principal e que estes sejam superiores à descarga ecológica, os mesmos poderão ser aproveitados para geração na unidade complementar. Observa-se que tal motorização pode vir a ser alterada em função do hidrograma ecológico a ser recomendado deste EIA.

O acesso dos equipamentos para a Casa de Força Complementar se dá pela extremidade esquerda da Área de Montagem, no piso externo na elevação 96,55 m, existindo mais um acesso de pessoas e equipamentos pelo mesmo piso no vão de acesso do transformador e outro acesso de pessoas ao piso das máquinas, que é feito pelo elevador no pilar de transição entre a Casa de Força Complementar e o Vertedouro Principal.

As características básicas do conjunto Tomada d'Água/Casa de Força Complementar e Área de Montagem são apresentadas a seguir:

- Comprimento total - Casa de Força e Área de Montagem (m) 130,00
- Comprimento dos blocos da Casa de Força Complementar (m) 14,00

- Comprimento da Área de Montagem Complementar – bloco único (m).....32,00
- Largura do bloco (m)..... 49,00
- Altura máxima da estrutura (m)..... 49,20
- Cota mínima de fundação (m) 63,00

Junto à fundação da Casa de Força Complementar, na cota 64,2 m a montante, e na cota 64,0 m a jusante da estrutura, correm longitudinalmente duas galerias onde estão implantados os sistemas de injeção e de drenagem.

Para o esvaziamento do tubo de sucção e da caixa espiral está previsto um poço localizado na Área de Montagem ao lado do poço de drenagem. Estes poços estão interligados entre si, podendo ser utilizados simultaneamente.

A montante e jusante existem comportas ensecadeiras que são estocadas na área de montagem (montante) ou nas próprias ranhuras (jusante) e são operadas através de pórticos rolantes. A comporta de emergência fica a jusante e tem acionamento hidráulico que é feito na sala da central óleo hidráulica, no piso na cota 91,0 m.

Os pisos da Área de Montagem interligam-se aos pisos da Casa de Força Complementar por jusante, onde estão as galerias mecânica e elétrica e o piso dos transformadores. Os pisos das galerias de drenagem nas cotas 64,2 m a montante, e 64,0 m a jusante, interligam-se no bloco 1 da Casa de Força Complementar, onde recebem a contribuição da água coletada e drenada por gravidade da galeria da área de montagem na cota 78,0 m.

- **Condições, Tratamentos de Fundação e Estudos de Estabilidade**

No **Apêndice 4-2** apresenta-se uma abordagem detalhada das condições e tratamentos de fundação do conjunto Tomada d'Água/Casa de Força Complementar/Área de Montagem.

No mesmo Apêndice são apresentados os critérios adotados para os estudos de estabilidade dessas estruturas frente a diferentes condições de carregamento, bem como os resultados das análises efetuadas.

- **Equipamentos Eletromecânicos Principais e Auxiliares**

O arranjo básico preliminar dos equipamentos eletromecânicos foi baseado em usinas existentes que operam com unidades geradoras do tipo Bulbo.

No **Apêndice 4-3** apresenta-se uma abordagem detalhada das características dos equipamentos eletromecânicos principais e auxiliares projetados para o conjunto Tomada d'Água/Casa de Força Complementar/Área de Montagem.

c.3) Muros

- **Características Geométricas -**

A localização e as características geométricas dos muros podem ser visualizadas nos

Desenhos BEL-V-10-100-0084, BEL-V-10-100-0050 e BEL-V-11-101-0062 (respectivamente Apêndices 4.5, 4.7 e 4.9, volume 3).

Os muros de concreto fazem a transição entre o Vertedouro Principal e a Barragem de Ligação com a Ilha da Serra, pelo lado direito, e entre o Vertedouro Principal e a Casa de Força Complementar, pelo lado esquerdo.

Os muros denominados Muro Ala Direito - MAD e Muro Lateral Direito - MLD são estruturas do tipo gravidade; já os Muros Divisores – MDV são estruturas em concreto armado que, além de separar o Vertedouro Principal da Casa de Força Complementar, por jusante têm também a função de dividir a bacia de jusante do Vertedouro Principal para um possível ensecamento futuro. A estrutura do MAD é composta de um único bloco de gravidade posicionado a montante do Vertedouro Principal. Esta estrutura destina-se, por um lado, a guiar o fluxo d'água, e, por outro, a conter a saia de enrocamento de montante da barragem de terra.

O MAD tem sua fundação na cota 72,0 m e crista na cota 96,5 m. Esta estrutura tem paramento vertical na face contígua ao Vertedouro Principal, paramento inclinado em 0,7H:1V na face em contato com a barragem e inclinação 1,3H:1V no sentido de caimento da barragem de terra. Este muro tem um defletor, a partir do qual é definida uma direção tangente ao mesmo e que forma com a linha de centro da barragem um ângulo de 73°.

O MLD tem a finalidade de direcionar o fluxo vertente, além de conter parte da saia de jusante da barragem de terra. Esta estrutura é também composta de um único bloco de gravidade, com paramento vertical na face em contato com o fluxo vertente, e paramento com inclinação de 0,65H:1V na face em contato com o enrocamento. Sua crista está na cota 95,0 m e possui a mesma largura do pilar do Vertedouro Principal, com fundação na cota 72,0 m.

Cada muro divisor é composto por 3 blocos iguais em concreto armado. O primeiro bloco situa-se a jusante entre a Casa de Força Complementar e o pilar de transição do Vertedouro Principal. Os demais blocos localizam-se a jusante dos pilares 5 e 12 do Vertedouro Principal, respectivamente. Este muro tem a finalidade de receber uma ensecadeira alteada na cota 83,0 m e uma carga hidráulica correspondente ao nível d'água mínimo de jusante na cota 82,0 m, para uma possível manutenção na laje da bacia de jusante do Vertedouro Principal, durante a operação do AHE Belo Monte. Os muros divisores também possuem a crista com a mesma largura do pilar do Vertedouro Principal na cota 95,0 m, e paramentos verticais em ambas as faces. Suas fundações estão na cota 67,5 m e possuem 11 m de largura na base.

– **Condições e Tratamentos de Fundação**

No **Apêndice 4-2** apresenta-se uma abordagem detalhada das condições e tratamentos de fundação dos muros.

No mesmo Apêndice são apresentados os critérios adotados para os estudos de estabilidade dessa estrutura frente a diferentes condições de carregamento, bem como os resultados das análises efetuadas.

4.2.4.6.2 Reservatório do Xingu

a) Características Físicas e Hidrológicas do Reservatório

a.1) Características Físicas

O reservatório do rio Xingu foi projetado para ser formado pelo barramento previsto para o Sítio Pimental. Apresenta as seguintes características físicas:

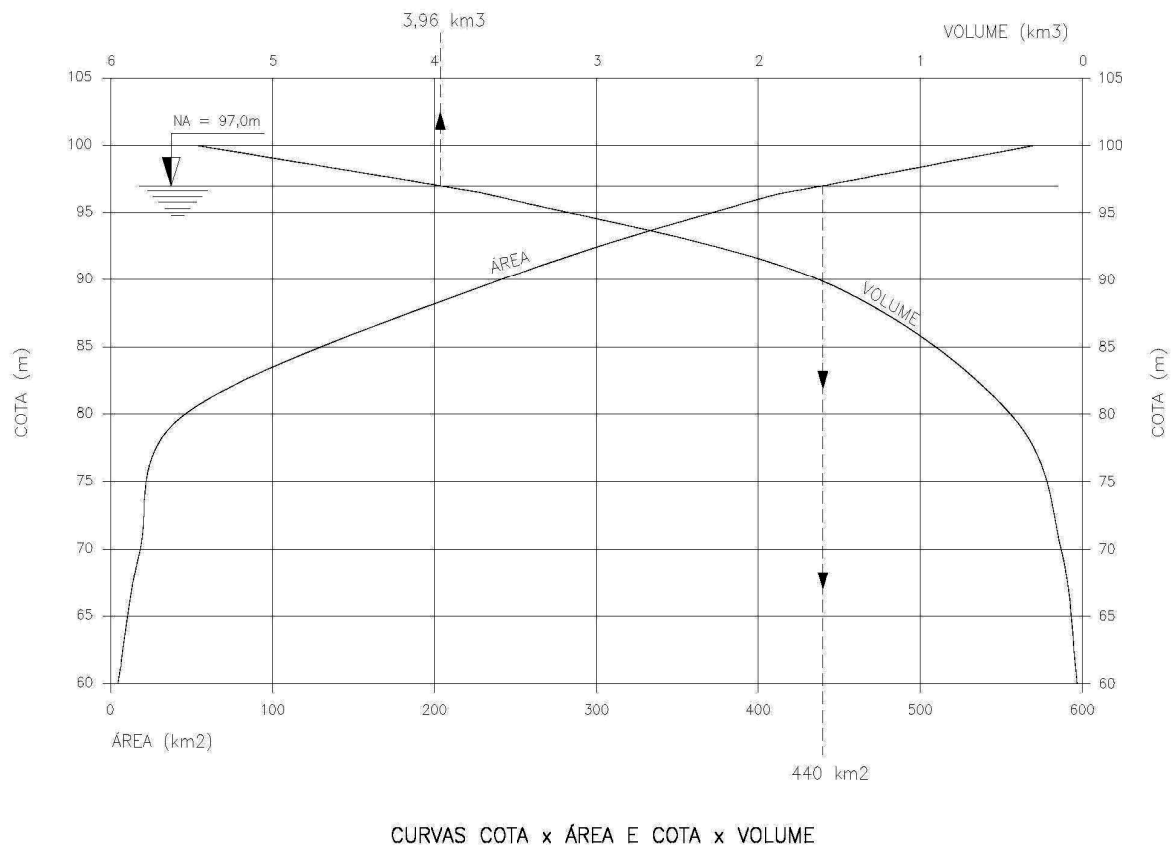
- Nível d'água máximo normal: cota 97,0 m;
- Extensão total desenvolvida na cota 97,0 m: 84,0 km;
- Área do espelho d'água na cota 97,0 m: 382 km²
- Volume na cota 97,0 m: 2,07 km³;
- Perímetro na cota 97,0 m: 549 km; e
- Profundidade média para a cota 97,0 m: 6,2 m.

A **FIGURA 4.2.4-7** apresenta a configuração do referido reservatório.

Na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade foi considerado que o reservatório do então AHE Belo Monte poderia deplecionar 6,0 m, o que significava a utilização de um volume da ordem de 6,3 km³. Esta regra operativa seria implementada apenas até a entrada em operação da usina de montante, com grande reservatório regularizador, permitindo que o AHE Belo Monte passasse a operar a fio d'água.

Na 2ª Etapa dos Estudos, com a acentuada redução da área inundada e, conseqüentemente, do volume total do reservatório, simulações energéticas demonstraram não ser interessante o deplecionamento do reservatório, que deverá funcionar sempre a fio d'água.

O **GRÁFICO 4.2.4-7** apresenta as curvas cota-área e cota-volume para o reservatório do AHE Belo Monte, já considerando os dois segmentos que o constituem, isto é, o reservatório do Xingu e aqueles dos canais.



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4-7 - Curvas Cota-Área e Cota-Volume do Reservatório do AHE Belo Monte

a.2) Amortecimento das Ondas de Cheia

No tocante ao amortecimento das ondas de cheia, o reservatório do AHE Belo Monte apresenta pequeno volume disponível a ser ocupado quando da passagem das cheias de projeto. Os estudos desenvolvidos demonstraram que tal característica, associada à grande capacidade de extravasão dos vertedouros, não possibilitará que se processe qualquer amortecimento das cheias de projeto no reservatório.

Foi estudada a passagem da Cheia Máxima Provável (CMP) de projeto, correspondente a 72.278 m³/s, considerando como nível de partida do reservatório a cota 97,0 m. Os resultados indicaram que, para essas condições, a vazão máxima efluente seria de 72.237 m³/s, equivalente a 99,9% do pico da cheia afluente, mesmo com o nível d'água do reservatório sendo sobrelevado em 1,9 m.

O **Desenho BEL-V-10-108-0013 (Apêndice 4.2 – Volume 3)** apresenta os hidrogramas afluente e efluente relativos à passagem da CMP pelo reservatório do AHE Belo Monte.

a.3) Determinação da Borda Livre

No que tange aos estudos de borda livre levados a termo na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, estes consideraram o reservatório do AHE Belo Monte dividido em dois setores, devido à conformação topográfica de seu espelho d'água.

A metodologia adotada para determinação da borda livre foi a clássica sobre o assunto⁶. Como o histórico disponível de velocidade e duração de ventos não possibilitava um tratamento estatístico adequado, foi adotada a velocidade de 20,0 m/s em solo, que corresponde a 94,3 km/h sobre a superfície da água, para definição da altura de onda de projeto. Adicionalmente, considerou-se que este vento poderia atuar na direção do *fetch* máximo⁷ e, ainda, que poderia ocorrer durante a passagem da cheia decamilenar.

Os parâmetros referentes à maré de vento, às ondas significativa e de projeto, ao *run-up* e ao *run-down* foram determinados, com base na metodologia empregada, para ambos os setores do reservatório. De posse desses parâmetros, foi possível determinar a sobrelevação total para cada tipo de estrutura, conforme resultados apresentados na **TABELA 4.2.4-5**

TABELA 4.2.4-5
Sobrelevação Total e Nível Máximo Atingido pelas Ondas

Tipo de Estrutura	Sítio Pimental Reservatório da Calha do Xingu NA _{MAX} MAXIMORUM = 97,50 m		Sítios Belo Monte e Bela Vista Reservatório dos Canais NA _{MAX} MAXIMORUM = 97,00 m	
	Sobrelevação Total (m)	NA _{MAX} Atingido (m)	Sobrelevação Total (m)	NA _{MAX} Atingido (m)
Solo	2,48	99,94	1,65	98,65
Enrocamento	1,85	99,31	1,22	98,22
Concreto	2,53	99,99	1,71	98,71

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Deste quadro pode-se depreender que as estruturas localizadas no Sítio Pimental devem ter elevação de crista, no mínimo, na cota 99,99 m, enquanto que nos outros dois sítios a elevação de crista deverá ser superior a 98,71 m.

Decidiu-se, assim, adotar a elevação das cristas de todas as estruturas de barramento do Sítio Pimental na cota 100,0 m, significando uma borda livre de 3,0 m referida ao nível d'água máximo normal desta parcela de reservatório.

Da mesma forma, as estruturas localizadas nos Sítios Belo Monte e Bela Vista tiveram a elevação de suas cristas fixada na cota 99,0 m, permanecendo o mesmo critério para a respectiva parcela de reservatório. Com isto, foi mantida a cota de coroamento das estruturas fixada na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade.

a.4) Estudos de Assoreamento e Vida Útil do Reservatório

Em atenção ao Termo de Referência emitido pelo IBAMA em dezembro de 2007, os estudos de assoreamento e de vida útil do reservatório do Xingu foram objeto de reavaliação no âmbito deste EIA, mais especificamente no contexto dos estudos do Meio Físico (Item 7.7.2.5

⁶ Foi adotado o método que leva em consideração vários aspectos que podem influir na formação das ondas, entre os quais a influência da forma do reservatório sobre o *fetch*, bem como a dos terrenos adjacentes ao lago sobre a velocidade do vento que age sobre a superfície das águas.

⁷ A medição do *fetch* para o barramento do sítio Pimental foi feita sobre plantas na escala 1:50.000, obtidas por redução da restituição aerofotogramétrica 1:25.000. Para o *fetch* efetivo do reservatório da calha do Xingu foi obtido o valor de 9,9 km, e para o reservatório dos canais, foi obtido o valor de 4,3 km.

– Volume 11). Por este motivo, seus resultados não são apresentados neste Capítulo, sendo, no entanto, detalhados no bojo do Capítulo do EIA referente ao Prognóstico do Meio Físico para o cenário de implantação do AHE Belo Monte.

b) Remanso do Reservatório do Xingu

Os estudos de remanso do reservatório do Xingu foram complementados para fins do presente EIA em relação àqueles constantes dos Estudos de Viabilidade, dado que seus resultados são de fundamental importância para a delimitação da Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento, em acordo com o estabelecido no Termo de Referência para elaboração do EIA e do RIMA, emitido pelo IBAMA em dezembro de 2007.

Dessa forma, a metodologia, os resultados dos levantamentos e dos estudos realizados, bem como sua análise e conclusões são apresentados em detalhes no capítulo deste EIA relativo às Áreas de Influência (Item 6.5.1.5 – Volume 6), optando-se por não incluir, na caracterização do empreendimento, informações relativas ao remanso determinado nos Estudos de Viabilidade, dado que os mesmos, conforme acima mencionado, foram ora integralmente refeitos.

4.2.4.6.3 Infra-estrutura para Construção Relacionada ao Compartimento Ambiental “Reservatório do Xingu”

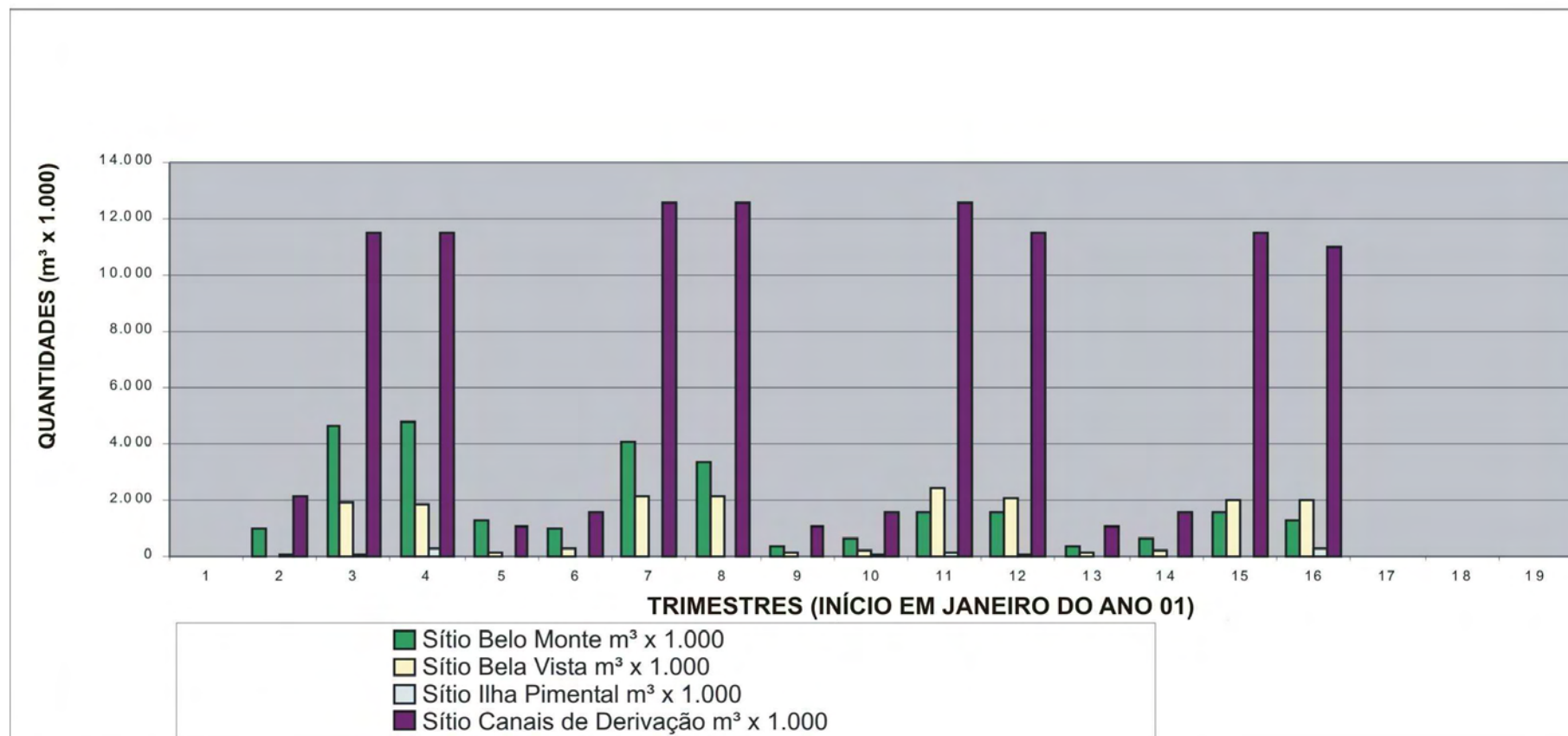
O **Desenho BEL-V-10-100-0021 (Apêndice 4.21 – Volume 3)** apresenta a localização dos elementos de infra-estrutura previstos, nos Estudos de Viabilidade, para dar suporte à implantação das obras projetadas para o Sítio Pimental.

a) Canteiros de Obras

a.1) Quantidades de Serviços Utilizadas para Dimensionamento dos Canteiros

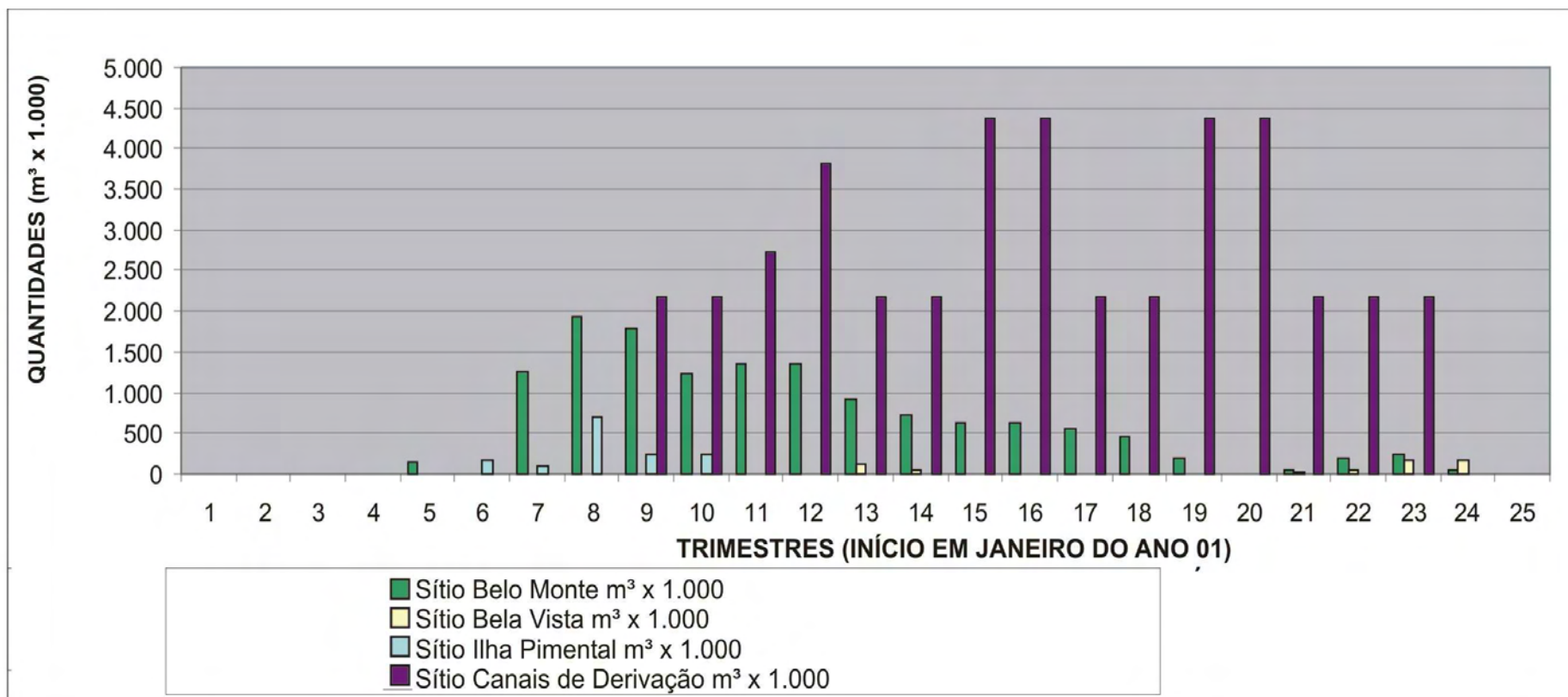
Para efeito de dimensionamento dos canteiros de obras localizados no Sítio Pimental e, por consequência, no compartimento ambiental “reservatório do Xingu”, foram utilizados os histogramas dos serviços de escavação comum, escavação em rocha, concreto, montagem e aterro/enrocamento apresentados nos **GRÁFICO 4.2.4-8** a **GRÁFICO 4.2.4-12**. Observa-se que as mesmas permitem a visualização dos quantitativos constantes das **TABELA 4.2.4-6** a **TABELA 4.2.4-10** estimados nos Estudos de Viabilidade para todos os sítios construtivos e, por conseguinte, nas abordagens deste EIA relativos à infra-estrutura afeta aos compartimentos ambientais do “Reservatório dos Canais” (incluindo os sítios dos Canais de Derivação e Diques e Bela Vista) e do “TRV” (inserindo o Sítio Belo Monte) far-se-á uma remissão a esses Gráficos.

Observa-se que os histogramas referem-se sempre ao cronograma de construção do empreendimento considerado nos Estudos de Viabilidade e abordado em detalhes no item deste EIA “Cronograma de Construção e de Início de Operação” (Item 4.2.4.11.4, volume 1).



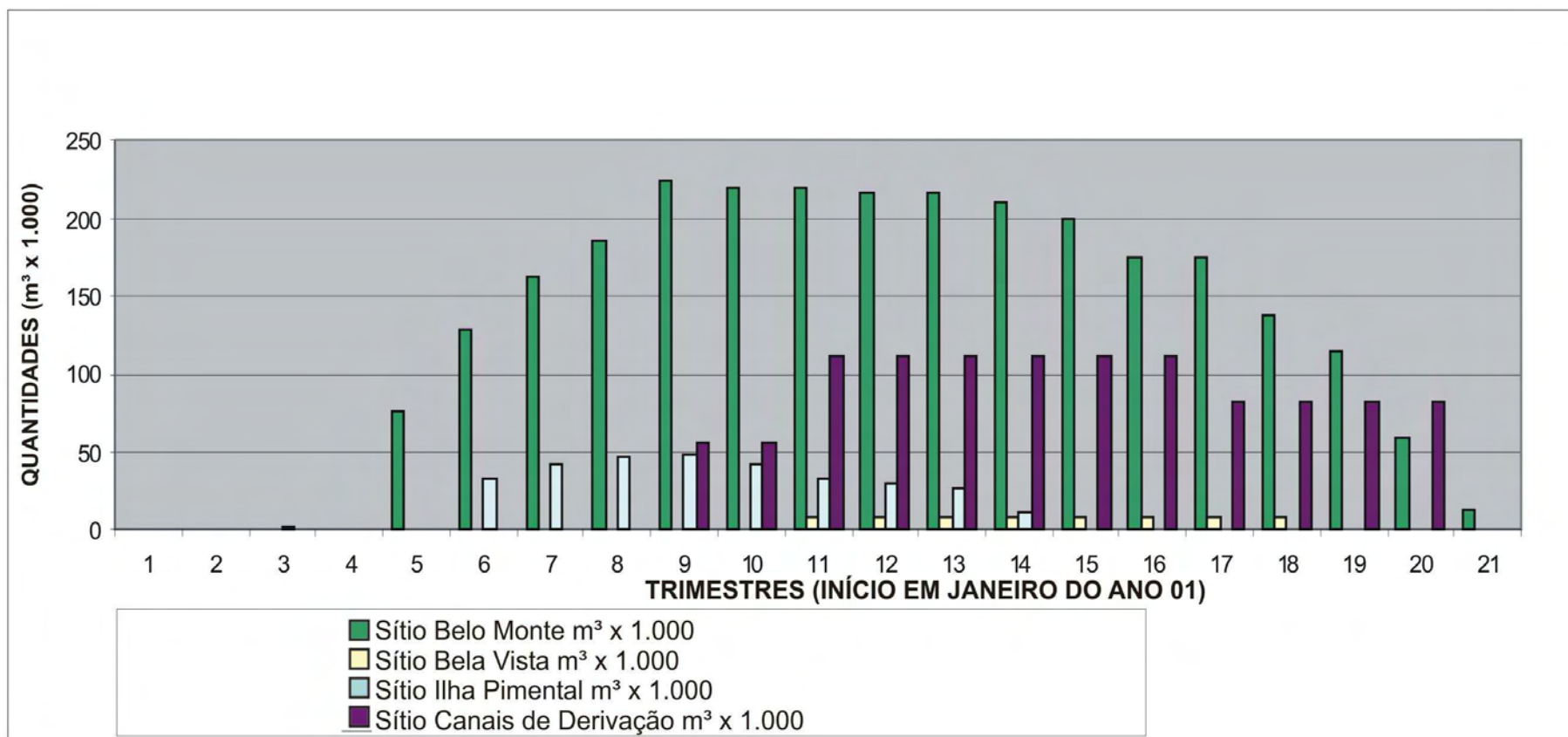
Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4- 8 - Histograma de Escavação Comum para a Implantação do AHE Belo Monte



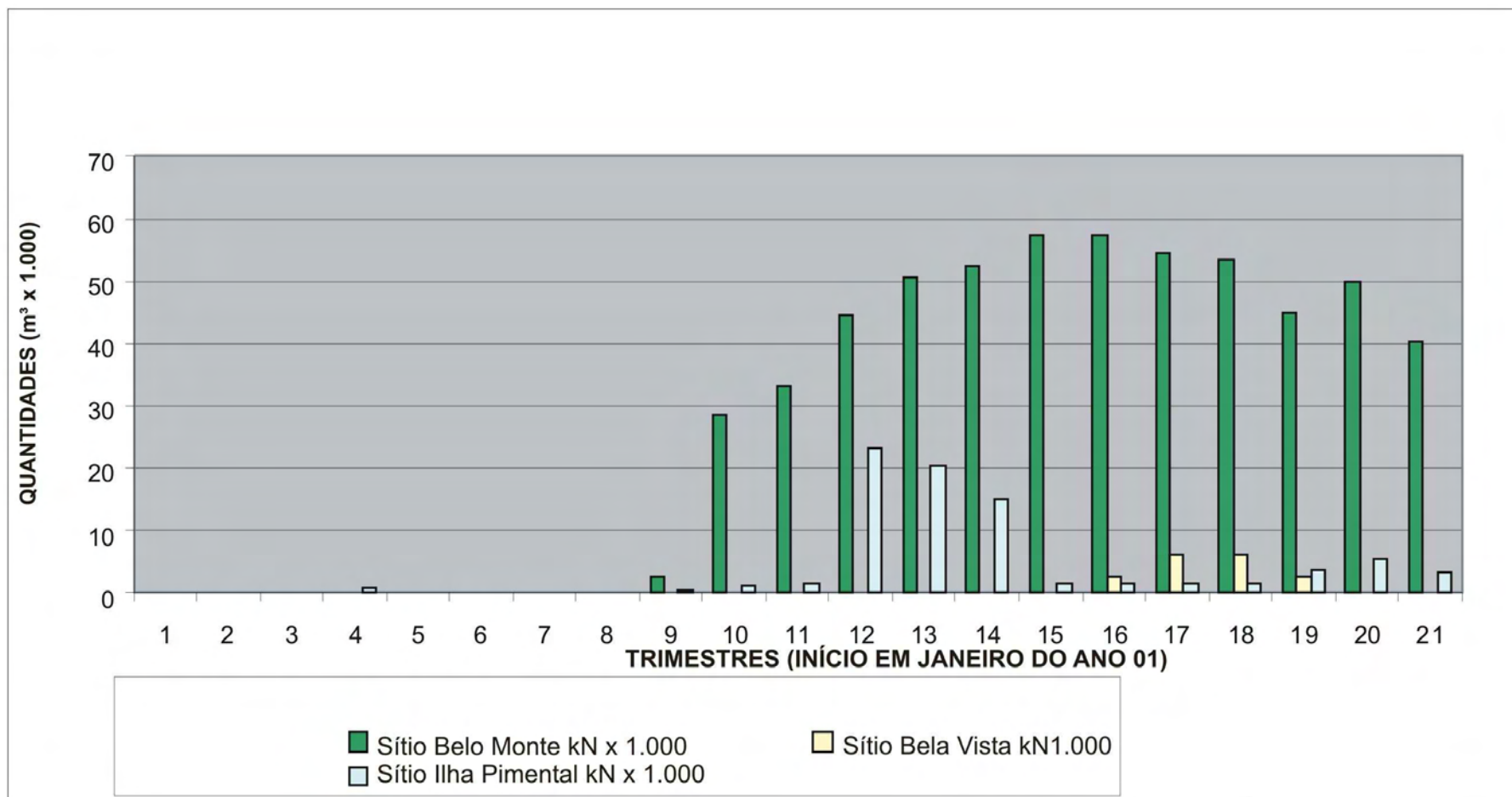
Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4- 9 - Histograma de Escavação em Rocha para a Implantação do AHE Belo Monte



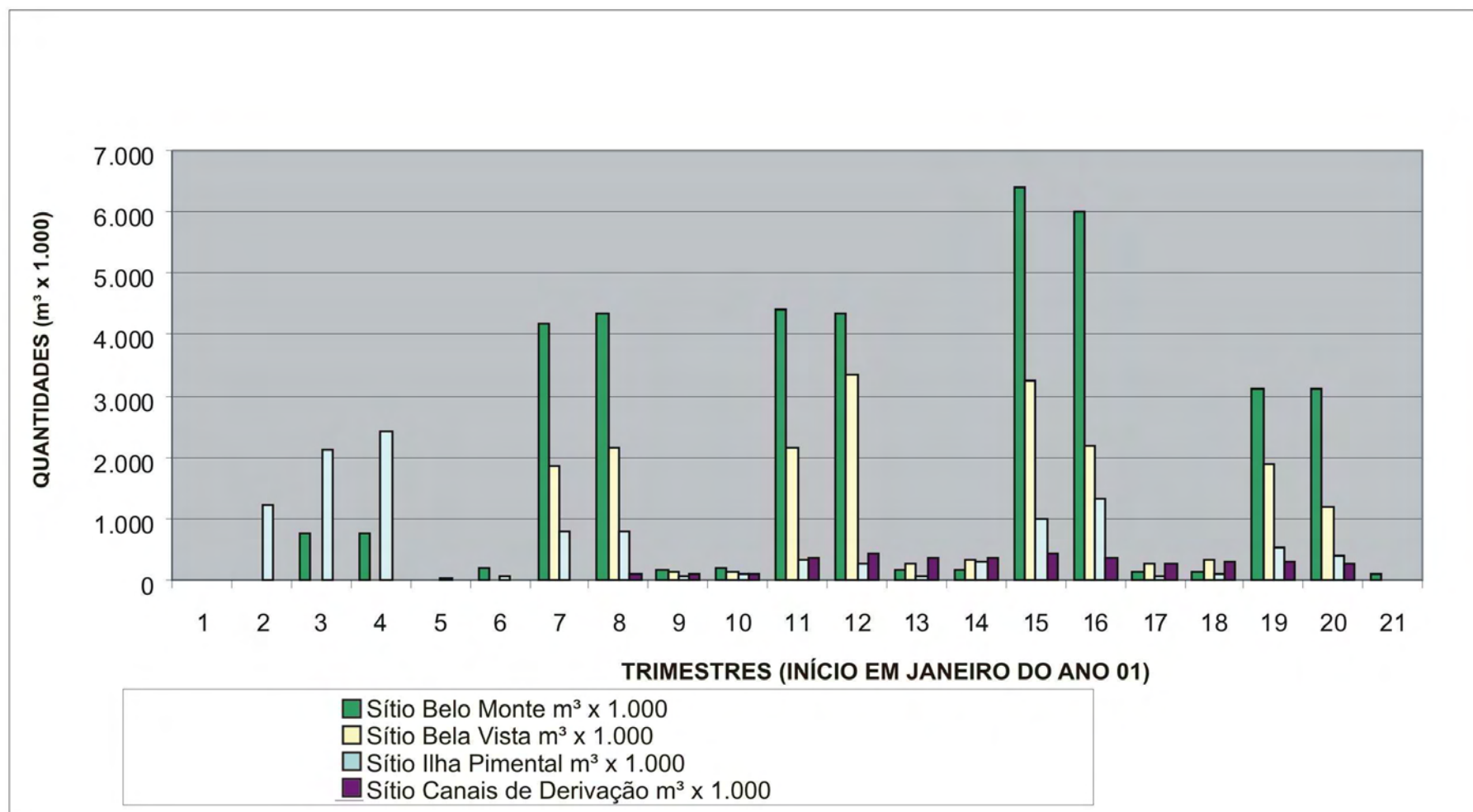
Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4- 10 - Histograma de Concreto para a Implantação do AHE Belo Monte



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4- 11 - Histograma de Montagem para a Implantação do AHE Belo Monte



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4- 12 - Histograma de Serviços de Aterro/Enrocamento para a Implantação do AHE Belo Monte

TABELA 4.2.4-6
Quantitativos de Escavação Comum para a Implantação do AHE Belo Monte

Trimestres	Sítio Belo Monte	Sítio Bela Vista	Sítio Ilha Pimental	Sítio Canais	Total
	m ³ x1.000	m ³ x1.000	m ³ x1.000	m ³ x1.000	m ³ x1.000
1	0	0	0	0	0
2	996	0	44	2.091	3.131
3	4.645	1.908	72	11.501	18.126
4	4.737	1.846	273	11.501	18.356
5	1.280	129	0	1.046	2.455
6	968	239	0	1.568	2.775
7	4.053	2.111	0	12.546	18.711
8	3.313	2.145	0	12.546	18.004
9	312	130	0	1.046	1.488
10	625	189	53	1.568	2.435
11	1.562	2.372	131	12.546	16.611
12	1.562	2.074	79	11.501	15.214
13	312	116	0	1.046	1.474
14	625	206	0	1.568	2.399
15	1.562	1.994	0	11.501	15.056
16	1.249	1.984	280	10.978	14.491
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
TOTAL	27.800	17.443	932	104.550	150.725

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-7

Quantitativos de Escavação em Rocha para a Implantação do AHE Belo Monte

Trimestres	Sítio Belo Monte	Sítio Bela Vista	Sítio Ilha Pimental	Sítio Canais	Total
	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000	m ³ 1.000	m ³ x 1.000
1	140	0	0	0	140
2	0	0	163	0	163
3	1.244	0	88	0	1.332
4	1.941	0	709	0	2.650
5	1.790	0	247	2.182	4.219
6	1.228	0	231	2.182	3.641
7	1.360	0	0	2.737	4.096
8	1.360	0	0	3.809	5.169
9	906	122	0	2.182	3.211
10	725	52	0	2.182	2.960
11	634	0	0	4.364	4.998
12	634	0	0	4.364	4.998
13	544	0	0	2.182	2.726
14	453	0	0	2.182	2.635
15	181	0	0	4.364	4.545
16	0	0	0	4.364	4.364
17	54	20	0	2.182	2.256
18	190	60	0	2.182	2.432
19	244	160	0	2.182	2.586
20	54	160	0	0	214
21	0	0	0	0	0
TOTAL	13.684	575	1.437	43.640	59.336

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-8
Quantitativos de Concreto para a Implantação do AHE Belo Monte

Trimestres	Sítio Belo Monte	Sítio Bela Vista	Sítio Ilha Pimental	Sítio Canais	Total
	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	2	0	2
4	0	0	0	0	0
5	76	0	0	0	76
6	128	0	33	0	161
7	162	0	42	0	204
8	185	0	48	0	233
9	225	0	48	57	329
10	220	0	42	57	318
11	220	8	33	111	373
12	216	8	29	111	365
13	217	8	27	111	363
14	211	8	12	111	342
15	200	8	0	111	319
16	175	8	0	111	295
17	175	8	0	83	266
18	138	8	0	83	229
19	115	0	0	83	198
20	59	0	0	83	142
21	13	0	0	0	13
TOTAL	2.737	63	314	1.113	4.228

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-9
Quantitativos de Montagem para a Implantação do AHE Belo Monte

Trimestres	Sítio Belo Monte	Sítio Bela Vista	Sítio Ilha Pimental	Sítio Canais	Total
	Kw x 1000	Kw x 1000	Kw x 1000	Kw x 1000	Kw x 1000
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	1
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	3	0	0	0	3
10	29	0	1	0	30
11	33	0	1	0	34
12	45	0	23	0	68
13	51	0	21	0	71
14	52	0	15	0	68
15	57	0	1	0	59
16	57	3	1	0	62
17	54	6	1	0	62
18	54	6	1	0	61
19	45	3	4	0	51
20	50	0	6	0	55
21	40	0	3	0	43
TOTAL	570	18	81	0	669

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-10
Quantitativos de Montagem para a Implantação do AHE Belo Monte

Trimestres	Sítio Belo Monte	Sítio Bela Vista	Sítio Ilha Pimental	Sítio Canais	Total
	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000	m ³ x 1.000
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1.222	0	1.222
3	761	0	2.138	0	2.898
4	761	0	2.420	0	3.181
5	0	0	35	0	35
6	221	0	70	0	292
7	4.171	1.866	815	0	6.852
8	4.350	2.153	815	124	7.442
9	180	144	70	99	493
10	230	144	105	99	578
11	4.411	2.153	352	381	7.297
12	4.353	3.353	281	429	8.416
13	193	264	70	390	917
14	192	335	306	390	1.223
15	6.405	3.241	1.021	429	11.096
16	5.987	2.188	1.326	379	9.881
17	155	264	89	261	769
18	155	335	116	305	911
19	3.111	1.917	532	320	5.879
20	3.123	1.198	416	291	5.026
21	118	0	0	0	118
TOTAL	38.876	19.555	12.199	3.895	74.524

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

a.2) Condicionantes e Resultados do Dimensionamento dos Canteiros

As condicionantes levadas em conta para o dimensionamento dos canteiros do Sítio Pimental, bem como o dimensionamento, propriamente dito, são objeto de abordagem detalhada no **Apêndice 4-4**.

a.3) Localização dos Canteiros

A localização dos canteiros no Sítio Pimental pode ser visualizada no **Desenho BEL-V-10-100-0021 (Apêndice 4.21 – Volume 3)**.

Como decorrência do grande volume de serviços concentrados na área do Vertedouro Principal, em especial nas estruturas de concreto, optou-se por posicionar o Canteiro Principal na Ilha Marciana, a jusante do eixo da barragem. A topografia local, contudo, não se apresenta favorável à implantação dos pátios do Canteiro. A cota do terreno a jusante da ilha Marciana é aproximadamente 86,0 m. As alternativas estudadas de execução de uma plataforma aterrada, na cota 90,0 m, indicaram a necessidade de alturas do aterro de até 5 m ou o ensecamento da área do canteiro.

Para reduzir o tamanho dessa área, foi planejada uma área a montante do eixo do Vertedouro Principal para a construção de pátios de carpintaria, armação, centrais de ar comprimido e área de pré-montagem de equipamentos.

Na margem direita foram previstas instalações auxiliares, para as operações de terraplenagem naquela margem. Foi selecionada uma área próxima, a jusante da Barragem da Margem Direita, devendo ser ocupada uma superfície de 1 ha.

a.4) Resumo das Áreas dos Canteiros

As áreas previstas para os canteiros de obras do Sítio Pimental estão relacionadas na **TABELA 4.2.4-11**.

Em síntese, se tem a área ocupada pelas instalações dos canteiros neste Sítio totalizando aproximadamente 14,2 ha, apresentando a seguinte disposição:

- Os pátios de concreto, britagem, pré-moldados e a central de ar comprimido devem ser localizados ao lado da área ensecada, visando a redução das distâncias às frentes de concretagem e escavação em rocha.
- O conjunto principal de pátios e os escritórios deverão ser construídos na parte mais a jusante da área ensecada.
- Procurou-se, dentro do possível, agrupar os pátios de produção mantendo-os isolados das áreas administrativas. Aos pátios de apoio às máquinas pesadas - oficina mecânica, abastecimento, lubrificação e estacionamento - foram garantidos acessos externos, limitando-se assim o tráfego pesado dentro dos canteiros.
- O pátio de dragagem foi localizado nas proximidades dos principais depósitos de areia.
- Foi previsto um canteiro de serviços da margem direita, com almoxarifado e oficina mecânica auxiliar e pátios de estacionamento de equipamentos. Este canteiro poderá ser usado para fornecer apoio local à operação das máquinas empregadas nas obras de terraplenagem e escavação de pedreira localizada nesta margem. A área ocupada pelas instalações é de aproximadamente 1,0 ha e se localiza a montante do eixo da Barragem do Canal Direito.

TABELA 4.2.4-11
Pátios do Canteiro – Sítio Pimental - Áreas Requeridas

Canteiro	Áreas (m ²)	
	Edificada	Total
Obras Cíveis		
- Pátio de Concreto	100	8.000
- Pátio de Britagem	50	25.000
- Pátio de Areia	90	5.000
- Central de Ar Comprimido	180	1.000
- Pátio de Pré-Moldados	120	8.000
- Oficina Mecânica Principal	500	1.000
- Pátio de Armação	1.200	3.000
- Pátio de Formas	650	6.000
- Pátio de Estruturas Tubulares	500	2.000
- Abastecimento e lubrificação de Máquinas Pesadas	60	1.000
- Almoxarifado	500	1.500
- Pátio de Sucata	-	2.000
- Pátio de Transportes/Balança e Estacionamento de carretas	40	1.500
- Área de Serviços Auxiliares	110	1.200
- Pátio de Bombas	60	1.300
- Treinamento	800	4.000
- Estacionamento de Máquinas Pesadas	-	2.000
- Pátio de Draga	120	-
- Paio de Explosivos/ Espoletas	100	2.000
- Escritório Central	500	2.000
- Escritório de Campo	200	500
- Refeitório de Campo	500	1.000
- Sistema Viário / Estacionamento	-	25.000
Sub-Total	6.380	104.000
Montagem Eletromecânica		
- Oficina Caldeira/ Estrutura/ Usinagem/ Manutenção	1.000	2.000
- Estoque de Peças Pré-Montadas/Matéria Prima	-	3.000
- Pátio de Jato de Pintura	150	2.000
- Almoxarifado	2.500	5.000
- Pátio de estocagem de Matérias e Equipamentos.	-	4.000
- Pátio de Pré-Montagem	-	1.500
- Escritório de Campo	200	500
- Sistema Viário / Estacionamento	-	4.000
Sub-Total	3.850	22.000
Empreendedor/Fiscalização		
- Escritório Central	700	2.200
- Almoxarifado	500	1.500
- Laboratório Solos/ Concreto	300	1.000
- Laboratório Eletromecânico	100	500
- Sistema Viário / Estacionamento	-	1.000
Sub-Total	1.600	6.200
Área Reservada Para Sub-Empreiteiros	-	10.000
TOTAL	11.830	142.200

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

b) Alojamentos

b.1) Premissas

Na concepção geral da infra-estrutura de apoio à construção do AHE Belo Monte, os alojamentos desempenham papel importante, não só porque abrigarão toda a população solteira empregada na obra, mas também porque servirão de ponto de apoio aos casados, instalados com suas famílias nas vilas residenciais, devido à expressiva distância das mesmas às obras.

De acordo com a filosofia de inserção regional que deverá permear a implementação do empreendimento, pretende-se o aproveitamento da infra-estrutura executada, assim como eventualmente de alguns equipamentos, mesmo após a conclusão das obras. Dessa maneira, a escolha dos locais para os canteiros já levará em consideração a sua permanência.

A tradição do setor hidrelétrico é localizar as instalações dos alojamentos junto aos canteiros de obras. Um dos aspectos relevantes desta localização é a disposição de parte do contingente de mão-de-obra em regime de relativa prontidão. Outro aspecto é o controle administrativo, beneficiando-se, em especial, da redução do absenteísmo.

Por outro lado, devem ser levados em conta, na seleção dos locais para os canteiros, fatores outros como a intenção de isolar as instalações destinadas à residência e lazer de trabalhadores das fontes geradoras dos ruídos das obras, proporcionando, ao mesmo tempo, fácil acesso e conforto ambiental.

Nesse contexto, nos Estudos de Viabilidade admitiu-se uma distância máxima de 5 km dos alojamentos aos canteiros de obras, procurando-se ainda sítios que não necessitassem de intervenções de grande ordem no relevo.

b.2) Dimensionamento dos Alojamentos

– Parâmetros para Dimensionamento

Os alojamentos são destinados a abrigar o total da mão-de-obra solteira. Dada a defasagem dos picos das diversas obras a serem executadas nos Sítios Pimental, Bela Vista, dos Canais de Derivação/Diques e de Belo Monte, foram previstas áreas de instalações de alojamentos e de equipamentos com potencial de absorção de 100% da mão-de-obra, em cada pico respectivo. Nesse sentido, para o Sítio Pimental a população solteira a ser alojada deverá ser de 6.300 habitantes.

A seguir são apresentados os parâmetros utilizados para dimensionamento dos alojamentos, sendo que o **QUADRO 4.2.4-8** mostra as principais categorias profissionais que deverão estar envolvidas na implantação do AHE Belo Monte e seus respectivos níveis funcionais, observando-se que as mesmas foram consideradas para fins de dimensionamento dos alojamentos.

QUADRO 4.2.4- 8

Caracterização dos Níveis Funcionais Envolvidos na Implantação do AHE Belo Monte

Nível	Tipo de Salário	Principais Funções
N1	Horista	Ajudante, zelador, meio oficial, servente
N2	Horista	Apontador, motorista, cozinheiro, garçon, vigia, guarda, operador de máquinas, mecânico, soldador, montador, eletricitista, carpinteiro, pedreiro, armador, mensageiro
N3	Mensalista	Feitor de turma, auxiliar administrativo, telefonista, auxiliar de laboratório, comprador, copista
N4	Mensalista	Encarregado de serviço, auxiliar técnico, escriturário, topógrafo, desenhista, secretária, almoxarife, professor de 1º grau, supervisor de segurança do trabalho
N5	Mensalista	Engenheiro, economista, psicólogo, médico, dentista, professor de 2º grau, encarregado de seção, assistente técnico, coordenador, secretária executiva
N6	Mensalista	Encarregado de setor, Assessor, Gerente de divisão, Gerente de área

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

- Habitação
 - Alojamentos para os níveis N1/N2
 - Para N1
 - ✓ Área construída de 6,0 m²/pessoa
 - ✓ Número de pessoas por quarto igual a 6 (3 beliches)
 - ✓ 1 sanitário coletivo para cada conjunto de 4 quartos e para a portaria
 - Para N2
 - ✓ Área construída de 8,0 m²/pessoa
 - ✓ Número de pessoas por quarto igual a 4 (2 beliches)
 - ✓ 1 sanitário coletivo para cada conjunto de 6 quartos e para a portaria
 - Alojamentos para os níveis N3/N4
 - Para N3
 - ✓ Área construída de 9,0 m²/pessoa
 - ✓ Número de pessoas por quarto igual a 3 (camas)
 - ✓ 1 sanitário coletivo para cada conjunto de 4 quartos, copa e portaria
 - Para N4:
 - ✓ Área construída de 10,0 m²/pessoa
 - ✓ Número de pessoas por quarto igual a 2 (camas)
 - ✓ 1 sanitário coletivo para cada conjunto de 4 quartos, copa e portaria

- Estabelecimentos Comerciais
 - Comércio Local

Para os alojamentos foi prevista uma área comercial com lojas de 20 m² destinadas ao comércio local e ocasional.

- Lavanderia Coletiva

Foi prevista a implantação de lavanderia coletiva em cada alojamento

- Refeitório e Cozinha

Foram considerados 2 m²/hab, prevendo-se 3 ciclos de utilização, devendo ser implantado em cada sítio, considerando o número de pessoas alocadas em cada conjunto de obras.

- Terminal Rodoviário

Constando de sala de administração, *box* de venda de passagens, sanitários públicos, depósito e lojas para pequeno comércio. A estação rodoviária deverá ter uma plataforma.

- Equipamentos de Educação

No conjunto de alojamentos de cada sítio é previsto um Centro para o ensino supletivo e profissionalizante, com os seguintes parâmetros de dimensionamento:

- ✓ Área construída de 2,6 m²/aluno
- ✓ Dimensionado para 0,06 alunos/população alojada

- Equipamentos de Saúde

Foi prevista a implantação de um centro de saúde em cada sítio de alojamentos.

- Administração

Deverá haver um prédio de administração em cada sítio de alojamentos, concentrando as atividades administrativas propriamente ditas, almoxarifado, oficina de manutenção etc, com salas para escritório, sanitários, vestiários, copa etc.

Além do prédio de administração, haverá uma edificação de portaria, onde se encontra o posto de segurança pública e subinspetoria do corpo de bombeiros.

Área construída de 0,5 m²/hab.

- Clube de Lazer e Integração

Os clubes de lazer e integração consistem basicamente em uma praça de esportes e uma construção com salão de uso múltiplo, onde podem ser desenvolvidas atividades sociais como palestras, projeções de filmes e outros.

Em cada sítio de alojamentos haverá uma unidade com as dimensões e equipamentos proporcionais ao número de usuários.

– **Concepção Básica**

Devido à necessidade de certo controle sobre o uso dos alojamentos propriamente ditos, tomou-se como ponto de partida, nos Estudos de Viabilidade, a disposição da área residencial em unidades agrupadas de maneira a possibilitar o acesso da população alojada aos equipamentos coletivos por meio de acessos bem definidos.

Na área central foram localizados os equipamentos sociais, as instalações comerciais, o refeitório e as unidades administrativas. O acesso deverá ser controlado por uma portaria, onde também localizar-se-ão um posto policial e uma subinspetoria do corpo de bombeiros.

As unidades residenciais poderão ser agrupadas em pequenos conjuntos do tipo "condomínio", formados pelas edificações destinadas aos dormitórios, sanitários, com uma área verde interna, áreas pavimentadas para circulação de pedestres e uma edificação destinada a um pequeno centro de vivência, abrigando portaria, zeladoria, sala de televisão e de jogos.

Nesse sentido, foram propostos agrupamentos em “condomínios” de, aproximadamente, 4.000 m², abrigando cerca de 300 pessoas dos níveis profissionais N1 e N2 (tendo em vista a defasagem dos seus turnos de trabalho e a permanência simultânea de não mais do que 200 pessoas em cada “condomínio”). Para os níveis profissionais N3 e N4 foi previsto o agrupamento em “condomínios” de 200 pessoas.

Os jardins internos a esses condomínios poderão ser equipados com quadras esportivas e áreas de lazer, prevendo-se, para os níveis N1/N2 e N3/N4, respectivamente, as relações de 2,0 m²/hab e 3,0 m²/hab.

b.3) Localização dos Alojamentos

A localização dos alojamentos no Sítio Pimental pode ser visualizada no **Desenho BEL-V-10-100-0021 (Apêndice 4.21 – Volume 3)**

Foi prevista a localização dos alojamentos do Sítio Pimental junto à estrada de Acesso do Travessão 27 km, na margem esquerda do rio Xingu, comportando um núcleo permanente de 15,0 ha, para uma população prevista de cerca de 6.300 trabalhadores.

b.4) Resumo das Áreas dos Alojamentos

As áreas previstas para os alojamentos do Sítio Pimental estão relacionadas na **TABELA 4.2.4-12**.

TABELA 4.2.4-12
Alojamentos – Sítio Pimental - Áreas Requeridas

Usos	Área Construída (m ²)	Área Terreno (m ²)	Área Construída/Área Terreno (%)
Habitação	47.000	94.000	50,00
Comércio	600	1.200	50,00
Administração/Serviços	1.484	3.406	43,57
Refeitório/Cozinha	4.200	8.400	50,00
Educação	1.000	1.667	59,99
Saúde	200	400	50,00
Clube Lazer/Áreas Verdes	1.900	24.000	7,92
Sistema Viário		14.101	
Total	56.384	147.174	38,31

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

c) Vila Residencial de Altamira

c.1) Premissas

Nos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte, as alternativas de localização da vila residencial para a implantação de todo o empreendimento se voltaram para a análise de quatro situações possíveis: Vila junto a Altamira; Vila junto ao canteiro de obras do Sítio Belo Monte; segmentação da vila residencial em várias cidades da área de influência; e segmentação da vila entre Altamira e junto ao Sítio Belo Monte.

- Vila Residencial junto a Altamira, consolidando-a como pólo regional, como resultado da ação conjunta e simultânea de três vetores:
 - A própria existência da cidade de Altamira como centro urbano expressivo no contexto da região e de grande dinamismo. A alternativa de implantação da vila residencial junto à cidade, em acordo com os Estudos de Viabilidade, levaria à obrigatória consolidação de novos equipamentos nas áreas de saúde, educação, saneamento básico, comércio, indústria e lazer para atender as demandas reprimidas da cidade, as necessidades da obra e do contingente populacional atraído pelo empreendimento;
 - A indução a considerável aporte de recursos, além da possibilidade de interação com as estruturas organizacionais já existentes e ativas; e
 - Intervenções complementares consubstanciadas, entre outras ações, em uma política de transferência das habitações à população local ou aos próprios moradores após a conclusão das obras.

Os Estudos de Viabilidade ressaltaram também que, qualquer que fosse a localização da Vila Residencial, haveria benefícios para a região, considerando, no entanto, que

com a Vila Residencial em Altamira os benefícios seriam maiores e a cidade teria seu crescimento demográfico, econômico e funcional acelerados, consolidando sua função de pólo regional. Segundo os estudos supracitados, os benefícios da implantação da Vila Residencial em Altamira decorreriam fundamentalmente de dois fatores:

- Efeitos sinérgicos sobre a cidade, ampliando as oportunidades criadas pelo empreendimento; e
 - Possibilidades de extensões das apropriações dos equipamentos, serviços sociais e urbanos pela cidade existente, antes, durante e após a obra.
- Vila Residencial junto ao canteiro de obras de Belo Monte, que pela proximidade ao empreendimento traria benefícios quanto à mobilidade de pessoal e considerando os seguintes pontos:
 - Desconcentração e maior equilíbrio da rede urbana;
 - Formação de uma “barreira” à ocupação desordenada, concentrando no novo núcleo as levas de migrantes atraídos pelo empreendimento;
 - O novo núcleo dinâmico da região ficaria separado fisicamente da cidade-sede, onde se concentram as atividades político-institucionais;
 - Haveria um núcleo de dimensão populacional muito maior que a cidade-sede, desencadeando funções e relações semelhantes com a cidade de Vitória do Xingu, dando oportunidade ao surgimento de atividades, funções e serviços mais sofisticados e diferenciados, associados à cidade de maior porte; e
 - Possibilidade de a sede administrativa ser atraída para este novo núcleo. Segundo os Estudos de Viabilidade, se esta hipótese viesse a se consolidar, Vitória de Xingu conservaria sua característica histórica, tendo um crescimento mais controlado em função das possibilidades de o município distribuir especialmente os equipamentos de saúde, saneamento básico, escolar, lazer, comércio e indústria.
 - Segmentação da Vila Residencial em diversas cidades da área de influência do empreendimento, sendo esta alternativa de pronto descartada nos Estudos de Viabilidade diante do fato de que, na região Amazônica, previa-se que grande parte da mão-de-obra a ser alocada na implantação do AHE Belo Monte seria requisitada externamente à região. Além disso, os estudos apontavam que as cidades da área de influência do empreendimento não teriam condições de absorver e garantir a qualidade de vida adequada a essa população migrante, especialmente em um empreendimento do porte do AHE Belo Monte.
 - Segmentação da Vila Residencial entre Altamira e junto ao Sítio Belo Monte, implicando na construção de 2 vilas residenciais, daí decorrendo:
 - Uma vila integrada à cidade de Altamira, pequena, que deveria integrar esta comunidade desde o primeiro momento da sua construção. Não teria administração própria e utilizaria os equipamentos e serviços desta cidade; e

- A outra vila na localidade de Belo Monte do Pontal, de maior porte, tendo uma administração própria e aspectos específicos relativos à operação e manutenção da infra-estrutura, habitações, equipamentos, assistência social e segurança, dentre outros;

Os Estudos de Viabilidade concluíram pela adoção da segmentação das vilas residenciais entre Altamira e Belo Monte do Pontal por considerar que essa alternativa conciliaria benefícios regionais e para o empreendedor. Além disso, no tocante ao desenvolvimento regional, a divisão da vila residencial entre Altamira e Belo Monte do Pontal poderia resultar numa maior internalização de benefícios para a região, com o fortalecimento da rede urbana pela viabilização de pólos regionais de maiores portes funcionais. Esta opção reforçaria a hierarquia de Altamira proporcionando condições de desconcentração urbana com apoio aos municípios de Vitória do Xingu, Anapu e Senador José Porfírio.

Para a definição do número de residências em cada localidade foi considerada a alternativa de mão-de-obra necessária, não residente na região e nos alojamentos, bem como a capacidade de absorção de população por Altamira. Assim, chegou-se à definição de que Altamira abrigaria uma vila residencial com cerca de 500 casas, representando um novo bairro na cidade. Já o novo núcleo urbano nas proximidades do Sítio Belo Monte teria 2.600 casas destinadas às famílias de empregados da obra.

Há que se destacar que já nos Estudos de Viabilidade se previa a necessidade de reforço, através de ações voltadas à inserção regional, da função que caberia à cidade de Altamira e à vila de Belo Monte como pontos de apoio e de atendimento para as múltiplas solicitações que direta ou indiretamente se estabeleceriam pela presença do empreendimento, por meio de uma injeção de investimentos, não só na infra-estrutura das áreas destinadas à implantação das vilas residenciais, mas também nos equipamentos sociais e melhoria dos serviços urbanos das cidades como um todo.

Assim sendo, as vilas residenciais propostas não consistiriam em unidades autônomas, mas sim em parte integrante de um todo, tendo efetiva participação na vida urbana de Altamira e de Belo Monte do Pontal como cidade e núcleo urbano aberto, pressupondo intervenções necessárias para adequar e capacitar essas localidades no âmbito social, econômico e político-institucional, integradas a um conjunto de ações vinculadas a uma reestruturação urbana da região.

Também já nos Estudos de Viabilidade destacava-se que a concepção físico-espacial das vilas residenciais deveria obedecer às diretrizes de reestruturação urbana por meio dos Planos Diretores por municipalidades. Dessa maneira pretendia-se alcançar a futura absorção das infra-estruturas e das vilas residenciais pela cidade de Altamira e pelo Município de Vitória do Xingu, mesmo após a desmobilização das obras.

c.2) Dimensionamento da Vila Residencial de Altamira

Ratificando o aqui anteriormente exposto, dada a concepção de uma Vila Residencial integrada à Altamira proposta como parte integrante de um todo único e harmônico e não tratada enquanto universo isolado e autônomo, os Estudos de Viabilidade ressaltavam a necessidade da formulação de um programa urbanístico compatível com o Plano Diretor de Altamira.

Assim, a proposta de organização espacial da Vila Residencial correspondia aos critérios urbanísticos a serem ditados pelo Plano em questão, no qual a concessionária do empreendimento atuasse como loteadora e construtora, cabendo aos órgãos definidos pelo Plano o estabelecimento de regras, aprovação de projetos e fiscalização. Dessa postura decorreria, como benefício direto, a viabilização de futuros repasses da infra-estrutura às administrações locais e seus órgãos competentes e/ou o repasse direto à iniciativa privada, através do que se garantiria a continua fiscalização e controle do organismo responsável pela implementação do Plano Diretor de Altamira.

Dessa forma, os estudos apontaram algumas diretrizes básicas para reger a estruturação e concepção da Vila Residencial integrada à Altamira, destacando-se:

- Em primeiro plano, a sua compatibilização com as diretrizes do Estado do Pará para a reestruturação urbana da área de influência do AHE Belo Monte;
- A necessidade de minimizar contrastes possíveis entre a cidade e a Vila Residencial, onde a concepção urbanística desta deveria ser adequada à região, atuando como elemento estruturador da cidade como um todo, respeitando-se os padrões regionais vigentes e efetivando a apropriação do espaço pelos seus usuários potenciais; e
- A correta organização espacial dos elementos da infra-estrutura, de modo a garantir níveis satisfatórios de conforto ambiental através da utilização e otimização dos recursos de aeração, assim como pela valorização e aproveitamento do potencial paisagístico e cênico, cabendo-lhe a preservação de áreas de encostas e planícies fluviais e o seu efetivo controle de uso.

Para o dimensionamento habitacional na vila residencial de Altamira foram previstas 500 casas, sendo que o critério utilizado baseou-se na composição profissional da mão-de-obra segundo a situação familiar, referente ao patamar de 18 meses.

Em atenção aos critérios urbanísticos expostos, foram admitidas variações de dimensão de lotes e de áreas construídas, conforme explicitado a seguir, de modo a garantir as condições desejadas de organização espacial do conjunto. Há que se observar que, nos Estudos de Viabilidade, a Vila Residencial de Altamira seria exclusiva para residência dos funcionários de nível superior N5/N6 (vide **QUADRO 4.2.4-8**) e constituída apenas por casas, com os seguintes parâmetros:

- Área construída de 180 m²
- Área do lote de 450 m² (15 m x 30 m)
- Taxa de ocupação máxima igual a 0,5 (possibilitando ampliação)
- Programa básico: 3 quartos, 2 banheiros (1 suíte), sala de estar, sala de jantar, sala de estudos (ou quarto), cozinha/copa, lavabo social, quarto e banheiro de empregada, varanda e abrigo para carro.

Reitera-se aqui que os estudos consideravam a obrigatória necessidade de integração da vila de Altamira ao conjunto urbano da cidade, com a utilização dos serviços e equipamentos (saúde, educação, segurança, lazer, abastecimento e outros) oferecidos pelo núcleo urbano.

c.3) Resumo da Vila Residencial de Altamira

A **TABELA 4.2.4-13** apresenta uma síntese das áreas requeridas para a Vila Residencial de Altamira.

TABELA 4.2.4-13
Áreas Requeridas para a Vila Residencial de Altamira

Usos	N. Equipamento	Área Construída (m ²)	Área Terreno (m ²)	Área Construída Área Terreno %
Habitação	N5 310Resid.	53.686	134.216	40,00
	N6 190Resid.	35.689	89.223	40,00
Sub-Total	500 Lotes	89.376	223.439	40,00
Áreas Verdes	-	-	13.406	-
Sistema Viário	-	-	62.563	-
Total	-	89.376	299.408	40,00

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

d) Infra-estrutura de Acessos

O **QUADRO 4.2.4-9** relaciona as melhorias e/ou implantação de novos acessos rodoviários para suportar a implantação das obras afetas ao Sítio Pimental.

QUADRO 4.2.4-9
Infra-Estrutura de Acessos para Suporte às Obras do Sítio Pimental

Descrição dos Acessos	Extensão (km)	Tipo de serviço
BR-158 (Transassuarini) à direita do rio Xingu	13,5	Melhoria da estrada existente
Continuação do Travessão km 27 até Canteiro Ilha Pimental	7,5	Construção de nova estrada
Ramal da BR-158 ao canteiro Margem Direita da Ilha Pimental	13,5	Construção de nova estrada
Ponte de Acesso ao canteiro da Ilha Pimental	0,4	Construção de nova ponte

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

e) Subestação e Sistema de Transmissão Associado

Os Estudos de Viabilidade consideraram que, provisoriamente, as cargas dos canteiros de obras do AHE Belo Monte serão alimentadas através de uma derivação (*tape*) na linha Tucuruí-Altamira 230 kV. Este *tape* ficará próximo à linha, conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**

Quanto da entrada em operação da Casa de Força Complementar, as cargas dos canteiros serão atendidas a partir de uma Subestação (SE) associada a esta estrutura. Nesta SE haverá, portanto, um transformador 230-34,5 kV. O esquema de manobras dessa SE em 230 kV será barra simples com seccionador de *by-pass*.

A Casa de Força Complementar se interligará ao Sistema através de uma linha em 230 kV, de cerca de 61 km, na SE Altamira.

A **TABELA 4.2.4-14** apresenta a previsão de cargas de demanda da infra-estrutura prevista para o Sítio Pimental.

TABELA 4.2.4-14

Previsão de Cargas de Infra-Estrutura de Demanda para o Sítio Pimental (MW-MVA)

Localidade	Potência (MW)	Demanda (MVA)
Alojamento	0,31	0,36
Canteiro de Obras	3,47	4,08
Vila Residencial de Altamira	0,87	1,02
Total	4,65	5,46

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

4.2.4.6.4 Logística de Abastecimento à Obra e Materiais de Construção

a) Materiais Naturais de Construção

A pesquisa dos materiais naturais de construção para o Sítio Pimental foi conduzida, nos Estudos de Viabilidade, levando-se em conta os diferentes materiais existentes, suas localizações em relação às obras e os volumes disponíveis. No **Desenho BEL-V-10-100-0025 Apêndice 4.22 – Volume 3**) estão indicadas as localizações e estimativas de volumes dessas fontes de materiais naturais de construção.

a.1) Materiais Terrosos e Arenosos

A pesquisa geológico-geotécnica realizada compreendeu a investigação do solo de alteração de migmatito e areia e argila aluvionares, conforme discriminado nos subitens a seguir.

– Solo de Alteração de Migmatito

As áreas de empréstimo de solo de alteração de migmatito estão localizadas nas ombreiras do Sítio Pimental e elevações próximas. Das áreas investigadas no sítio, a área Ia localiza-se na margem direita e a área II na margem esquerda.

As sondagens a trado de diâmetro 4" executadas no solo de alteração de migmatito foram limitadas a profundidades de até 13,0 m, muito embora sejam estimadas espessuras de até 30,0 m para este material no alto das elevações e encostas. Sua granulometria é de areia silto-argilosa a silte argilo-arenoso, pouco micáceo, em geral com fragmentos esparsos de quartzo e feldspato pouco alterado de tamanho centimétrico, vermelho e amarelo-esbranquiçado, variegado.

Nas áreas estudadas, eventualmente aparece uma cobertura superficial de coluvião não contínua e com espessura média de 1,0 m, representado, em geral, por uma argila arenosa marrom amarelada, porosa, com muitos fragmentos de quartzo e laterita de tamanho milimétrico a centimétrico. Este material foi englobado na cubagem do solo de alteração de migmatito.

Uma feição marcante no sítio é a ocorrência de blocos de migmatito (matacões) de concentrações aleatoriamente distribuídas ao longo dos morros e baixadas, cuja delimitação é de grande importância nas estimativas dos volumes e na escolha dos equipamentos a serem utilizados na exploração das áreas de empréstimo de solo.

A análise dos dados do mapeamento geológico-geotécnico permitiu a delimitação de áreas com pouca ocorrência de blocos em superfície, denominada Classe I, em relação a áreas com maiores concentrações, Classes II, III e IV. Na estimativa final dos volumes dos solos em cada área do projeto, a utilização das porções mapeadas como Classe I foi efetuada supondo-se que as feições de subsuperfície, quanto à ocorrência de blocos, sejam semelhantes às de superfície.

Nas amostras de solo de alteração de migmatito não foram programados, quando da 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, ensaios geotécnicos de laboratório, uma vez que na 1ª Etapa os solos de alteração de migmatito identificados nos Sítios Belo Monte, Bela Vista e nas regiões dos diques foram objeto de intensa campanha de ensaios laboratoriais.

– **Solo Argilo-siltoso Aluvionar**

Foram estudadas 5 áreas do material aluvionar argiloso presente nas ilhas Marciana, Pimental, do Meio, do Canteiro e do Forno, localizadas imediatamente a montante do eixo de barramento. Em todos estes locais foram executadas sondagens a trado com diâmetro de 0,1 m que atravessaram a camada de solo aluvionar, com espessuras variando de 1,5 a 4,0 m. Em cada furo foram coletadas amostras de solo de metro em metro para análise tátil-visual e classificadas quanto à sua origem geológica.

A cobertura aluvionar presente nas ilhas citadas é constituída, predominantemente, por uma camada superior de argila siltosa, cinza amarelada, com espessuras variando entre 1,5 a 2,5 m, sotoposta à camada de areia fina a média, com eventual percentagem de areia grossa, lavada. A utilização prevista é da camada superior que apresentou, no local ensaiado, características de alta plasticidade do material. No ensaio de compactação obteve-se peso específico máximo igual a 1,38 gf/cm³ e umidade ótima de 30,5%. Em bloco indeformado coletado neste solo determinou-se massa específica aparente seca de 1,32 gf/cm³, indicando o estado relativamente compacto do material em sua condição *in situ*. Como as ilhas da calha do rio Xingu sofrem inundação nos períodos de cheias, efetuou-se um acompanhamento da variação da umidade desse solo em período posterior à passagem da cheia, verificando-se que rapidamente são restabelecidas as condições para a sua utilização.

– **Areias e Cascalhos**

Para o estudo de areias e cascalhos foram investigadas e caracterizadas 7 ocorrências existentes no rio Xingu, denominadas de jazidas A a G, localizadas num raio de 4,0 km em relação ao eixo do barramento. As investigações foram realizadas através de sondagens a percussão de diâmetro de 6", visando determinar suas espessuras e coletar amostras para a execução de ensaios de laboratório.

As amostras representativas dessas jazidas foram ensaiadas quanto à granulometria e permeabilidade, e quanto à sua utilização como agregado miúdo para concreto.

Os ensaios visando o uso como agregado para concreto indicaram a boa qualidade do material, com baixos níveis de matéria orgânica, material pulverulento e de absorção. Os ensaios para a determinação da reatividade potencial, método químico, indicaram o agregado como inócuo. Os ensaios acelerados (ASTM-C-1260/94) indicaram expansões inferiores a 0,1% aos 16 dias, porém com valores de aproximadamente 0,2% aos 23 dias, o que sugere que seja recomendável a utilização de cimentos com adição de pozolana.

Já para a utilização dessas areias como filtro e transições para as obras de terra, as mesmas se apresentam com excelente qualidade, com coeficiente de permeabilidade de 8×10^{-2} cm/s quando moldados à compacidade relativa de 60 %, e granulometria predominante de areia média. Não foram observadas ocorrências significativas de cascalho na área do Sítio Pimental.

– Pedreiras

As áreas indicadas para exploração de pedreiras concentram-se prioritariamente na porção jusante da localização das estruturas de concreto, devido à necessidade da remoção da Ilha do Reinaldo, por critérios hidráulicos vide **Desenho BEL-V-10-100-0029 (Apêndice 4.23 – Volume 3)**. Dessa maneira, a pedra principal, denominada pedra 1, estará situada nesta região e, dependendo das necessidades de volume, poderá ser ampliada em áreas adjacentes.

Também foram avaliadas outras 4 áreas, todas a montante do barramento: uma na margem direita (pedreira 2), para a implantação das ensecadeiras do canal direito; a segunda na ilha Pimental/Canal do rio Xingu (pedreira 3), para utilização do material rochoso na proteção dos taludes de montante e de jusante (*rip-rap*) da Barragem de Terra Lateral Esquerda; a terceira na porção montante da Ilha da Serra (pedreira 4), para a ensecadeira da calha central; e a quarta na margem esquerda (pedreira 5) para a construção da ensecadeira do canal da margem esquerda.

Dada a relativa homogeneidade litológica e estrutural das rochas existentes na região, para a caracterização geomecânica das rochas dessas pedreiras foram aproveitados os parâmetros dos ensaios executados em testemunhos de sondagens rotativas obtidos na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade.

Todas as áreas indicadas para pedreiras situam-se no domínio dos migmatitos pertencentes ao Complexo Xingu, sendo esperada a obtenção de blocos de tamanhos variados, em função da compartimentação do maciço e do plano de fogo adotado. Blocos de grandes dimensões, destinados à utilização nas fases críticas do desvio do rio e para proteção de taludes, também poderão ser obtidos nas áreas indicadas.

b) Logística de Origem e Destino dos Materiais Naturais de Construção

Procurou-se, ao longo dos Estudos de Viabilidade, uma otimização no aproveitamento dos volumes que serão escavados obrigatoriamente, empregando-os, tanto quanto possível, como materiais de construção obras de terra. Esta otimização refletiu-se tanto na averiguação da qualidade do material escavado, quanto com relação à proximidade do local da escavação em relação àquele da construção.

TABELA 4.2.4-15 a TABELA 4.2.4-17 apresentam os resultados alcançados quanto à utilização otimizada dos materiais naturais de construção no Sítio Pimental.

TABELA 4.2.4-15
Logística de Materiais Terrosos para o Sítio Pimental

Local	Enrocamento (m ³)	Área	Volume (m ³)	Dist. Transp. (km)
Pré-ensecadeira montante ME - 1a. Fase	29.260	Jazida II	5.760.000	0,5
Pré-ensecadeira jusante ME - 1ª. Fase	27.720	Jazida II	5.760.000	0,5
Pré-ensecadeira montante ME - 2a. Fase	73.160	Jazida II	5.760.000	0,5
Pré-ensecadeira jusante ME - 2ª. Fase	69.310	Jazida II	5.760.000	0,5
Ensecadeira montante MD	177.300	Jazida I - a	2.695.000	1,0
Ensecadeira jusante MD	151.430	Jazida I - a	2.695.000	1,0
Ensecadeira jusante direita VTP	114.130	Decapé pedreira 1	469.200	0,5
		Decapé pedreira 4	165.480	0,5
Ensecadeira jusante esquerda VTP	228.500	Decapé pedreira 1	469.200	0,5
		Jazida VI / VI a	490.600	0,5
Pré-ensecadeira jusante direita VTP	34.240	Decapé pedreira 1	469.200	0,5
		Decapé pedreira 4	165.480	0,5
Pré-ensecadeira jusante esquerda VTP	68.550	Decapé pedreira 1	469.200	0,5
		Jazida VI / VI a	490.600	0,5
Ensecadeira montante VTP	89.160	Jazida VI / VI a	490.600	0,5
		Jazida VII	2.139.460	0,3
Ensecadeira montante VTP - central	171.380	Jazida VII	2.139.460	1,2
		Decapé pedreira 4	165.480	1,0
Pré-ensecadeira montante VTP	32.840	Jazida VI / VI a	490.600	0,3
		Jazida VII	2.139.460	0,3
Pré-ensecadeira montante VTP - central	67.600	Jazida VII	2.139.460	1,2
		Decapé pedreira 4	165.480	1,0
Ensecadeira do canteiro	371.680	Jazida VI / VI a	490.600	0,5
		Jazida VII	2.139.460	1,0
Barragem de terra - canal esquerdo	109.630	Jazida V	1.560.000	0,5
		Jazida VI	4.705.200	0,5
Barragem de terra	2.973.400	Jazida II	5.760.000	0,5
		Jazida V	1.560.000	0,5
		Jazida VI	4.705.200	0,5
		Remoção da pré-ensecadeiras VTP	100.000	0,5
Barragem de terra – MD	251.370	Jazida I - a	2.695.000	1,0

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Legenda:

ME: Margem Esquerda

MD: Margem Direita

VTP: Vertedouro Principal

TABELA 4.2.4-16
Logística de Materiais Pétreos para o Sítio Pimental

Local	Enrocamento (m³)	Área	Volume (m³)	Dist. Transp. (km)
Pré-ensecadeira montante ME - 1a. Fase	29.260	Pedreira 5	226.850	1,0
Pré-ensecadeira jusante ME - 1a. Fase	27.720	Pedreira 5	226.850	1,0
Pré-ensecadeira montante ME - 2a. Fase	127.400	Pedreira 3	875.000	0,5
Pré-ensecadeira jusante ME - 2a. Fase	108.940	Pedreira 3	875.000	0,5
Ensecadeira montante MD	382.500	Pedreira 2	720.000	2,2
		Remoção da pré-ensecadeiras VTP	350.000	0,5
Ensecadeira jusante MD	313.890	Pedreira 2	720.000	2,2
		Remoção da pré-ensecadeiras VTP	350.000	0,5
Ensecadeira jusante direita VTP	127.600	Escavação obrigatória do VTP	1.115.000	0,5
Ensecadeira jusante esquerda VTP	262.500	Escavação obrigatória do VTP	1.115.000	0,5
Pré-ensecadeira jusante direita VTP	51.040	Pedreira 1	1.400.000	0,5
		Pedreira 4	100.000	0,5
Pré-ensecadeira jusante esquerda VTP	175.000	Pedreira 1	1.400.000	0,5
Ensecadeira montante VTP	99.700	Escavação obrigatória do VTP	1.115.000	0,5
		Pedreira 1	1.400.000	0,5
Ensecadeira montante VTP – central	196.880	Escavação obrigatória do VTP	1.115.000	0,5
		Pedreira 1	1.400.000	0,5
Pré-ensecadeira montante VTP	39.880	Pedreira 1	1.400.000	0,5
Pré-ensecadeira montante VTP - central	78.750	Pedreira 1	1.400.000	0,5
		Pedreira 4	100.000	0,5
Barragem de terra - canal esquerdo	14.400	Pedreira 3	875.000	0,5
		Pedreira 5	226.850	1,0
Barragem de terra	225.000	Pedreira 1	1.400.000	0,5
		Escavação obrigatória do VTP	1.115.000	0,5
		Remoção da pré-ensecadeiras VTP	350.000	1,0
Barragem de terra - MD	645.750	Pedreira 2	720.000	2,2
		Remoção da pré-ensecadeiras VTP	350.000	1,0

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Legenda:

ME: Margem Esquerda

MD: Margem Direita

VTP: Vertedouro Principal

TABELA 4.2.4-17
Logística de Materiais Arenosos para o Sítio Pimental

Local	Areia (m ³)	Área	Volume (m ³)	Dist. Transp (km)
Ensecadeiras	240.520	Jazida C	175.000	1,0
		Jazida D	540.450	0,5
		Jazida G	487.430	0,5
		Escavação Obrigatória do VTC	250.000	0,5
Barragens	550.000	Jazida C	175.000	2,0
		Jazida D	540.450	2,0
		Jazida G	487.430	2,0
		Escavação Obrigatória do VTC	250.000	1,0
Estrutura de concreto	150.000	Jazida D	540.450	1,0
Canal de derivação esquerdo (concreto + transição	320.000	Jazida I	277.000	6,0
		Jazida H	827.000	7,5
Canal de derivação direito (concreto + transição	320.000	Jazida H	827.000	6,0
			827.000	6,0
Canal de derivação trecho de junção (concreto + transição	130.000	Jazida H	827.000	14,0

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Legenda:

VTC: Vertedouro Complementar

b.1) Bota-fora

A construção das barragens e demais estruturas previstas implicará na escavação de materiais que deverão ser dispostos em áreas apropriadas para este fim. Em função das dimensões dos volumes a serem escavados, e de forma a otimizar esta operação, deverão ser estudadas áreas propícias para depósito do material escavado nas proximidades dos locais de escavação.

Conforme mencionado anteriormente, pretende-se aproveitar ao máximo a utilização dos volumes escavados como material de construção. Mesmo assim, os volumes remanescentes serão dispostos em bota-fora, em áreas designadas preferencialmente nas imediações dos locais de escavação, de forma a baratear o custo com o transporte destes volumes.

Os critérios já estudados e que deverão orientar a execução de bota-fora incluem:

- ocupação preferencial de áreas que já estejam sendo utilizadas pelo empreendimento (jazidas de empréstimo, área confinada entre os Canais de Derivação, etc.);
- depósito de material a ser executado de maneira orientada; e
- construção de taludes médios mais suaves.

Os prováveis volumes a serem escavados e que serão dispostos em bota-fora, quando não forem reaproveitados como material de construção, são discriminados, para o Sítio Pimental, a seguir:

- Volume de solo previsto para disposição em bota-fora: 932.370 m³
- Volume de rocha previsto para disposição em bota-fora: 1.437.220 m³

4.2.4.7 Detalhamento das Obras e Infra-estrutura Associadas ao Compartimento Ambiental “Reservatório dos Canais”

Nos itens subseqüentes apresentar-se-á uma visão detalhada das diferentes estruturas componentes do arranjo geral do AHE Belo Monte inseridas no compartimento ambiental em pauta, incluindo os Canais de Derivação, Diques e aquelas previstas para o Sítio Bela Vista. Detalhes relativos à infra-estrutura construtiva a ser alocada na esfera de abrangência espacial definida para este compartimento, bem como dos materiais para construção a serem aí obtidos, são também aqui apresentados.

Reitera-se aqui que todas as características do empreendimento ora apresentadas são derivadas dos Estudos de Viabilidade, sempre se referenciando a desenhos originais de projeto inseridos nesses estudos e encartados neste capítulo do EIA.

4.2.4.7.1 Canais de Derivação e de Adução

a) Considerações Gerais

Uma das principais características da região amazônica é a existência de ampla rede de drenagem natural que possibilita o escoamento superficial dos volumes gerados por sua excessiva precipitação pluviométrica. Este fato não é diferente na região da Volta Grande, no rio Xingu.

Assim, a formação de um reservatório nesta região exige a contenção da rede de pequenos tributários afluentes ao rio Xingu naquele trecho. Os igarapés que serão confinados para a formação do reservatório dos canais são, conforme pode ser visualizado na **FIGURA 4.2.4-1** Igarapé Paquiçamba; Igarapé Ticaruca; Igarapé Cajueiro; Igarapé Cobal; e Igarapé São Antonio.

Para conformar o reservatório dos canais, serão dispostos diversos diques de fechamento lateral em pontos de selas topográficas e em talvegues dessas drenagens que se dirigem ao rio Xingu. Essas estruturas serão abordadas em detalhe no subitem 4.2.4.7.3.

Já para permitir a adução das águas às estruturas principais de geração e também para alargamento de vales, onde as perdas de carga devem ser minimizadas, será necessária a implantação de diversos canais para a transposição das sub-bacias existentes ao longo do trecho entre o ponto de derivação do reservatório do Xingu e a adução à Casa de Força Principal, de forma a melhorar as condições hidrodinâmicas no interior do reservatório dos canais.

Os Canais de Derivação e de Adução componentes do arranjo geral do AHE Belo Monte podem ser visualizados no **Desenho BEL-V-30-100-0042 (Apêndice 4.24 – Volume 3)**.

Os canais de adução são compostos por várias obras de escavação que serão realizadas de forma não contínua, ao longo de aproximadamente 28 km dos 60 km de adução existentes entre os Sítios Pimental e Belo Monte. Seu dimensionamento tem por objetivo garantir o escoamento da vazão máxima turbinável - 13.900 m³/s -, de forma que a perda de carga total

ao longo dos 60 km de extensão se restrinja a 1,0 m, o que explica a diferença entre o nível d'água máximo normal (El. 96,0 m) e o nível d'água máximo operativo (El. 97,0 m) para o reservatório dos canais.

Com os canais dimensionados para uma perda de carga de 1,0 m associada à máxima vazão turbinada, ocorrerão perdas menores para menores vazões em trânsito ao longo da adução. Para vazões da ordem de 1.000 m³/s, a perda de carga nos 60 km de adução é praticamente nula – inferior a 0,01 m. Caso fosse fixada a cota 96,0 m junto à Tomada d'Água Principal, independente da vazão turbinada, ter-se-ia a mesma cota no Sítio Pimental para vazões em trânsito da mesma magnitude. Isto faria com que a variação de nível na cidade de Altamira, entre os períodos de águas altas e baixas, fosse cerca de 1,0 m maior – passaria de 2,0 m para 3,0 m, considerando cheias com período de retorno de 5 anos. Por outro lado, elevando-se o nível d'água do reservatório junto à Tomada d'Água Principal nos períodos de estiagem, ganha-se 1,0 m de queda na usina principal e deixa-se de perder esse mesmo valor na usina complementar, justamente no período em que a água é mais escassa. Além disso, minimiza-se a amplitude de oscilação do nível d'água junto à Altamira. Por isso, decidiu-se manter fixo o nível d'água do reservatório junto ao Sítio Pimental, variando, conseqüentemente o nível d'água junto à Tomada d'Água Principal, em função da vazão em trânsito ao longo da adução.

A **TABELA 4.2.4-18** contém as perdas de carga associadas a diversas vazões em trânsito, além do correspondente nível d'água imediatamente a montante da Tomada d'Água Principal.

TABELA 4.2.4-18

Perda de Carga na Adução e Nível d'Água no Reservatório dos Canais, junto ao Sítio Belo Monte, em Função da Vazão Turbinada

Vazão Turbinada (m³/s)	Perda de Carga (m)	NAR no Sítio Belo Monte (m)
1.000	< 0,01	97,00
1.400	0,01	96,99
2.100	0,02	96,98
3.000	0,05	96,95
5.000	0,12	96,88
7.000	0,24	96,76
10.000	0,50	96,50
13.900	1,00	96,00

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Legenda:

NAR: Nível d'água no Reservatório dos Canais

O primeiro trecho de canal, que efetua a ligação do reservatório do Xingu com aquele dos canais foi denominado, nos Estudos de Viabilidade, de “Canais de Derivação”. Conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-30-100-0042 (Apêndice 4.24 - Volume 3)** e, mais especificamente, no **Desenho BEL-V-30-100-0043 (Apêndice 4.25 - Volume 3)**, estes englobam os trechos de canais isolados sobre os vales dos Igarapés “Galhoso” e “Di Maria”, com cerca de 12 km cada um, e o trecho da junção, no vale do Igarapé Paquiçamba, com aproximadamente 8,5 km de extensão (vide **Desenho BEL-V-30-100-0044 (Apêndice 4.26 - Volume 3)**). Neste primeiro trecho estão concentrados os maiores volumes de escavação de toda a obra do AHE Belo Monte.

A partir dessa região, outros canais serão necessários para vencer os divisores das micro bacias dos igarapés, denominados genericamente como “Canais de Adução”, e compreenderão os seguintes trechos principais:

- Transposição do Divisor entre os Igarapés Paquiçamba e Ticaruca (CTPT 1, CTPT 2 e CTPT 3) – **Desenho BEL-V-30-100-0044 (Apêndice 4.26 - Volume 3);**
- Transposição do Divisor entre os Igarapés Ticaruca e Cajueiro (CTTC) – **Desenho BEL-V-30-100-0045 (Apêndice 4.27 - Volume 3);**
- Transposição do Divisor entre os Igarapés Cajueiro e Cobal (CTCC) - **Desenho BEL-V-30-100-0045 (Apêndice 4.27 - Volume 3);**
- Transposição do Divisor entre os Igarapés Cobal e Santo Antônio (CTCS) - **Desenho BEL-V-30-100-0045 (Apêndice 4.27 - Volume 3); e**
- Canal de Aproximação à Tomada d'Água (CATA) - **Desenho BEL-V-30-100-0045 (Apêndice 4.27 - Volume 3).**

Os principais parâmetros e premissas adotados no dimensionamento otimizado dos canais foram:

- fixar que cerca de 60% da perda de carga total na adução ocorram nos 20,0 km dos Canais de Derivação, trecho onde se concentram 85% do volume total de escavação;
- impor que, fora dos trechos escavados/revestidos, seja efetuado desmatamento completo, sem realização de destocamento, da seção de escoamento;
- otimizar o traçado da diretriz de cada canal visando minimizar o volume de escavação, tendo sido adotado raio mínimo de curvatura de 1,0 km;
- utilizar, para o trecho dos Canais de Derivação, o vale das drenagens laterais como áreas preferenciais de bota-fora, até a cota 98,0 m;
- adotar coeficientes de rugosidade de Manning, calculados com base nas rugosidades relativas da natureza da calha de escoamento; e
- considerar aspectos construtivos, particularmente no trecho dos Canais de Derivação, que, entre outras imposições, geraram a necessidade de se projetar uma faixa central para drenar a praça de trabalho, condicionando a existência de declividades transversais, e fixaram a largura máxima para o trecho revestido dos taludes. Importante notar que a existência dessa faixa central drenante, no trecho dos Canais de Derivação, visa também propiciar uma saída natural para a afluência à frente de trabalho, seja de escoamento superficial, seja da contribuição do lençol freático, reduzindo sensivelmente a necessidade de utilização de bombeamento.

À exceção dos Canais de Derivação e do CTCS, que serão escavados parcialmente em rocha, todos os demais trechos serão escavados exclusivamente em solo, ou com ocorrências muito restritas de rocha. **O Desenho BEL-V-30-100-0048 (Apêndice 4.28 - Volume 3)** apresenta seções transversais típicas de trechos dos canais de adução.

As escavações em solo ficarão restritas aos 7 meses mais secos do ano – de junho a dezembro –, devendo-se estender ao longo dos 5 anos de obra. Os trechos de canal que se encontram próximos de obras de aterros – diques e barragens – estão previstos para servir como fonte de material de construção para essas obras. A partir do segundo ano, iniciam-se as escavações em rocha, nos Canais de Derivação, bem como os serviços com interferências com o lençol freático. A concretagem nos Canais de Derivação inicia-se no terceiro ano de obra e deverá estar concluída no décimo segundo mês do quinto ano, permitindo a remoção da ensecadeira construída na extremidade de montante dos Canais de Derivação, o que proporcionará o início do enchimento da parcela de jusante do reservatório dos canais.

b) Canais de Derivação

Especificamente no que tange aos Canais de Derivação, os mesmos terão seção trapezoidal com soleira variando entre as cotas 77,0 e 85,0 m. O Canal de Derivação Direito situa-se cerca de 4.500 m a montante do eixo da barragem principal, na margem esquerda do rio Xingu. O Canal de Derivação Esquerdo, também na margem esquerda do rio Xingu, situa-se a cerca de 8.900 m a montante do eixo da barragem principal.

Conforme pode ser visualizado nos **Desenhos BEL-V-30-100-0047 (Apêndice 4.29 - Volume 3)** e **BEL-V-30-100-0049 (Apêndice 4.30 - Volume 3)**, estes canais serão revestidos em concreto e possuem extensão individual de 12,5 km, com largura de base variando entre 160 m até 400 m, dependendo de sua localização, e cotas de escavação também variáveis de 77,0 m a 85,0 m. Os volumes totais de escavação atingirão cerca de 130 milhões de metros cúbicos em solo e prevê-se que cerca de 45 milhões de metros cúbicos serão de escavação em material pétreo. Estima-se que para revestimento desses canais serão utilizados cerca de 1.100.000 m³ de concreto.

Para o trecho da junção, a ser construído sobre o vale do Igarapé Paquiçamba, com uma extensão total de 8,2 km, estima-se um volume total de escavação de 33 milhões de metros cúbicos. É previsto que, na parte inicial deste trecho, com cerca de 5,3 km de extensão, o canal deverá ser revestido em concreto e a parte restante, com aproximadamente 2,9 km de extensão, deverá ser escavado em solo e revestido com material granular (enrocamento fino).

Uma das características principais do trecho revestido é a de que boa parte da fase de escavação, bem como toda a fase de execução do revestimento, serão trabalhadas abaixo do nível freático atual. Assim, além da necessidade de se efetuar a drenagem da água escoada superficialmente, ter-se-á também que drenar a contribuição do lençol freático, esta última ocorrendo de forma contínua ao longo do ano. Para possibilitar a saída constante dessas contribuições por gravidade, foi projetado um aprofundamento central na seção transversal, que terá a função de canal de drenagem (vide **Desenho BEL-V-30-100-0049 (Apêndice 4.30 - Volume 3)**). Esta faixa, concebida com 10 m de largura, não será revestida e terá declividade longitudinal de 0,03%, o que fará com que sua profundidade varie entre 0,5 m e 4,5 m. Estima-se que mais de 90% da faixa central rebaixada será escavada em rocha. Importante notar que os níveis d'água do rio Xingu na região de emboque dos Canais de Derivação condicionaram não só a cota de fundo da seção plena do trecho inicial dos canais, mas também a extensão deste trecho inicial. Assim, os primeiros 4 km dos Canais de Derivação Direito e Esquerdo têm cota de fundo relativamente elevada – 85 m – e sua faixa central tem caimento no sentido do emboque dos canais. Os restantes 16 km dos Canais de Derivação serão drenados, durante o período construtivo, para a outra vertente – vale do Igarapé Paquiçamba –, que possui cotas de saída mais baixas.

Ainda com relação ao revestimento dos Canais de Derivação, cabe salientar que o acabamento superficial da laje de concreto deverá assegurar baixa rugosidade – inferior a 0,5 mm – e boa resistência à abrasão provocada pelo possível arraste de sólidos – silte e areia. A regularidade do acabamento superficial deverá ser assegurada pelo emprego de equipamentos apropriados que permitam a obtenção de grandes produções associadas a um bom acabamento da superfície, não só com relação à rugosidade como com relação à resistência à abrasão. A laje de concreto foi projetada com espessura de 0,1 m, tanto no fundo quanto nos taludes, e deverá ser dotada de furos de drenagem, que terão como principal função evitar que a laje seja submetida a esforços de subpressão, quer no período construtivo, quer ao longo de sua vida operacional. A drenagem será efetuada por uma malha de 2 m x 2 m de furos de 2,5 cm de diâmetro. As lajes receberão armadura mínima para combater os esforços causados pela retração do concreto na fase de cura. Serão efetuadas juntas serradas, espaçadas de 15 m no sentido transversal e 15 m no sentido longitudinal ao fluxo.

O revestimento deverá estar apoiado sobre camada de regularização que também terá função drenante. A camada de regularização, com espessura de 0,15 m na base e 0,2 m nos taludes, será composta de duas subcamadas: a inferior, com 0,12 m na base e 0,15 m nos taludes, será formada por pedra britada 1 e 2; a superior, de areia, permitirá uma melhor definição geométrica da superfície e servirá de suporte para a aplicação do concreto (vide **Desenho BEL-V-30-100-0047 (Apêndice 4.29 - Volume 3)**). Neste Desenho se pode ainda verificar que nos locais onde o fundo do canal for escavado em solo, face às condições de saturação deste último, está prevista, ainda, abaixo da camada de regularização, uma camada de lastro de enrocamento fino compactado com cerca de 0,15 m de espessura. Tal camada dará condições para o tráfego dos equipamentos que executarão as camadas subseqüentes.

Na **FIGURA 4.2.4-12** apresenta-se uma visão panorâmica da região onde serão construídos os Canais de Derivação.



FIGURA 4.2.4- 12 - Visão Panorâmica da região do emboque dos Canais de Derivação

c) Canais de Adução

c.1) Transposição do Divisor dos Igarapés Paquiçamba e Ticaruca

Serão escavados três canais individuais denominados CTPT-1, CTPT-2 e CTPT-3, com previsão de revestimento com material granular (vide **Desenhos BEL-V-30-100-0044 e BEL-V-30-100-0048 (respectivamente apêndices 4.26 e 4.28 – Volume 3)**).

c.2) Transposição do Divisor dos igarapés Ticaruca e Cajueiro

O canal neste divisor (CTTC) terá a função de alargar a passagem natural ali existente, com previsão de revestimento com material granular (vide **Desenhos BEL-V-30-100-0045 e BEL-V-30-100-0048 (respectivamente apêndices 4.27 e 4.28 – Volume 3)**).

c.3) Transposição do Divisor dos Igarapés Cajueiro e Cobal

O canal neste divisor (CTCC) terá a função de alargar a passagem natural ali existente, também será revestido com enrocamento fino (vide **Desenhos BEL-V-30-100-0045 e BEL-V-30-100-0048 (respectivamente apêndices 4.27 e 4.28 – Volume 3)**).

c.4) Transposição do Divisor dos Igarapés Cobal e Santo Antônio

Com extensão total de 8 km, este trecho abrigará o canal (CTCS), escavado majoritariamente em solo, com cotas e larguras de base variadas para adequação ao formato do vale e minimização de volumes (vide **Desenhos BEL-V-30-100-0045 e BEL-V-30-100-0048 (respectivamente apêndices 4.27 e 4.28 – Volume 3)**). O volume total de escavação é da ordem de 13 milhões de metros cúbicos. Este volume de material terroso escavado deverá ser parcialmente aproveitado na construção de obras de terra (diques e barragens) nas proximidades do Sítio Belo Monte.

c.5) Canal de Aproximação à Tomada d'Água Principal

Este canal, denominado CATA, será construído numa extensão de 1 km, de forma a facilitar a adução de água ao local da Casa de Força Principal, alimentando suas turbinas (**vide BEL-V-30-100-0045 (Apêndice 4.27 – Volume 3)**).

c.6) Aspectos Construtivos Adicionais

Para todos os trechos dos Canais de Adução, as inclinações médias dos taludes foram determinadas através de avaliações de estabilidade ao deslizamento, nas quais a situação de “final de construção” mostrou-se como mais desfavorável.

Observa-se que as escavações em solo – solos residuais e de alteração dos migmatitos – deverão obedecer velocidade e planos específicos de escavação que permitam o gradual rebaixamento do lençol freático, de forma a manter os taludes em condição satisfatória de equilíbrio.

d) Resumo das Características dos Canais de Adução e de Derivação

A TABELA 4.2.4-19 sumariza as principais características dos canais a serem construídos.

TABELA 4.2.4-19
Características dos Canais a serem Implantados

Canal	Local	Extensão (km)	Solo Esc. (10 ⁶ m ³)	Largura média da base (m)	Esc. Rocha (10 ⁶ m ³)	Revestimento concreto (km)	Revestimento enrocamento (km)
Derivação esquerdo	Vale do Ig. Galhoso	12,0	42,1	240-400	16,7	12,0	-
Derivação direito	Vale do Ig. Di Maria	12,0	35,7	160-400	21,5	12,0	-
Da Junção	Vale do Ig. Paquiçamba	8,0	26,8	480	5,5	5,0	3,0
CTPT-1	Divisor entre Ig. Paquiçamba e Ig. Ticaruca	1,5	3,8	350	0,4	-	1,5
CTPT-2	Divisor entre Ig. Paquiçamba e Ig. Ticaruca	1,0	0,9	200	-	-	1,0
CTPT-3	Divisor entre Ig. Paquiçamba e Ig. Ticaruca	2,5	1,1	200	-	-	2,5
CTTC	Divisor entre Ig. Ticaruca e Ig. Cajueiro	2,0	1,0	300	-	-	2,0
CTCC	Divisor entre o Igarapé Cajueiro e Cobal	4	3,0	300	-	-	4,0
CTCS	Divisor entre Ig. Cobal e Ig. St. Antonio	8,0	13,1	400	1,4	-	8,0
CATA	Adução à Tomada d'Água	1,0	1,7	250	-	-	1,0
Total		52,0				29,0	23,0

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

4.2.4.7.2 Reservatório dos Canais

Com as águas derivadas pelos canais, será formado um reservatório situado na margem esquerda do rio Xingu, conformado pela aglutinação de 5 sub-bacias de pequenos tributários desse corpo hídrico (igarapés). Esta parte do reservatório, que possui uma área de espelho d'água de aproximadamente 134 km², desenvolve-se por um segmento de aproximadamente 60 km de extensão, no sentido Oeste-Leste, considerando-se desde o emboque dos Canais de Derivação até a Tomada d'Água Principal, no Sítio Belo Monte.

O reservatório dos canais, conforme pode ser visualizado na **FIGURA 4.2.4-7**, será confinado através da construção de diques sobre o leito desses pequenos afluentes, interceptando os vales desses igarapés que drenam para o rio Xingu, conforme será abordado, em detalhes, no subitem 4.2.4.7.3. Além desses, alguns outros diques estão previstos para construção em pontos de fuga (selas topográficas) entre as sub-bacias dos igarapés confinados.

O reservatório dos canais apresenta as seguintes características principais:

- Nível d'água máximo normal: cota 96,0 m;
- Nível d'água máximo operativo: cota 97,0 m;
- Extensão total desenvolvida na cota 97,0 m: 60 km;
- Área do reservatório na cota 97 m: 134 km²;
- Volume na cota 97,0 m: 1,89 km³;
- Perímetro na cota 97,0 m: 268 km; e
- Profundidade média para a cota 97 m: 17,6 m.

Como para a vazão máxima turbinada (13.900 m³/s) ocorre uma perda de carga de 1,0 m ao longo dos 60 km do reservatório dos canais, os níveis no seu início e no final diferem no período de cheias, sendo 97,0 m a montante do emboque dos Canais de Derivação e 96,0 m junto a Tomada d'Água Principal.

Há que se ressaltar que, pelos dados físicos dos dois setores do reservatório do AHE Belo Monte, o Reservatório dos Canais, apesar de ser responsável por apenas 25% da área total de inundação na cota 97,0 m, possui quase metade do volume total na mesma cota, mercê de sua maior profundidade média.

4.2.4.7.3 Diques

a) Considerações Gerais

Para conformar o reservatório dos canais, serão dispostos diversos diques (DIKs) de fechamento lateral em pontos de selas topográficas e em talvegues dessas drenagens que se dirigem ao rio Xingu. São diques de extensões e alturas variadas, função de sua localização, se em talvegues ou em selas topográficas. Situam-se conforme discriminado abaixo:

- DIK 01, 02, 03 e 04, situados na margem esquerda do reservatório dos canais logo a montante da Casa de Força principal;
- DIK 6A até DIK 7D, situados na borda direita do reservatório dos canais, logo a montante da Casa de Força Principal; e
- DIK 10 A até DIK 29, situados na margem direita do reservatório dos canais, entre o Sítio Belo Monte e o Sítio Bela Vista.

Para a visualização dos locais de implantação desses diques, vide **Desenho BEL-V-30-100-0042 (Apêndice 4.12 – Volume 3)**.

O **QUADRO 4.2.4-10**, a seguir, apresenta o resumo das características técnicas dessas estruturas.

QUADRO 4.2.4-10
Características Principais dos Diques de Fechamento

Nome do Dique	Sub bacia hidrográfica	Coord E	Coord. N	Comprimento (m)	Altura Máxima (m)
DIK-01	Ig. St. Antonio	406.998	9.647.789	60	6
DIK-02	Ig. St. Antonio	407.932	9.649.527	80	5
DIK-03	Ig. St. Antonio	408.725	9.651.261	170	14
DIK-04	Ig. St. Antonio	409.093	9.651.757	210	4
DIK-6A	Ig. St. Antonio	413.888	9.652.872	800	26
DIK-6B	Ig. St. Antonio	413.732	9.652.472	255	9
DIK-6C	Ig. St. Antonio	413.547	9.651.871	1.135	59
DIK-7A	Ig. St. Antonio	412.574	9.650.848	1.085	50
DIK-7B	Ig. St. Antonio	411.656	9.650.647	1.215	52
DIK-7C	Ig. St. Antonio	411.421	9.647.809	220	10
DIK-7D	Ig. Cobal	413.500	9.647.154	125	8
DIK-10A	Ig. Cobal	416.925	9.644.569	320	22
DIK-11	Ig. Cobal	417.219	9.643.119	540	10
DIK-12	Ig. Cobal	417.425	9.642.664	50	4
DIK-13	Ig. Cobal	417.282	9.641.298	1.940	59
DIK-14A	Ig. Cajueiro	417.825	9.639.994	740	24
DIK-14B	Ig. Cajueiro	418.694	9.639.703	190	11
DIK-14C	Ig. Cajueiro	418.722	9.639.150	770	59
DIK-14D	Ig. Cajueiro	417.965	9.638.379	510	44
DIK-14E	Ig. Cajueiro	417.320	9.637.949	640	22
DIK-18	Ig. Ticaruca	417.209	9.636.683	170	22
DIK-19	Ig. Ticaruca	417.007	9.635.473	1.400	47
DIK-20	Ig. Ticaruca	416.576	9.634.538	160	12
DIK-23	Vert Compl.	416.294	9.632.715	830	38
DIK-24	Vert Compl.	414.999	9.632.384	200	31
DIK-25	Vert Compl.	414.691	9.632.918	40	4
DIK-26	Vert Compl.	414.200	9.633.402	540	7
DIK-27	Ig. Ticaruca	412.749	9.633.673	430	17
DIK-28	Ig. Paquiçamba	412.050	9.632.358	1.140	32
DIK-29	Ig. Paquiçamba	411.882	9.630.902	530	18

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Todos os diques foram concebidos como maciços de terra homogêneos, aproveitando-se áreas de empréstimo próximas, com distâncias médias de até 1.000 m (vide **Desenho BEL-V-10-100-0026 (Apêndice 4.31 – Volume 3)**, ou com aproveitamento direto dos solos escavados nos canais de adução. As alturas dos diques são variáveis, entre 3 m e 35 m, no Sítio Bela Vista, e entre 3 m e 70 m, naqueles mais próximos ao Sítio Belo Monte.

Tendo em vista uma semelhança razoável para as condições de implantação dos diversos diques previstos, foi possível o agrupamento dos mesmos em função de suas alturas e condições de fundação. Buscou-se, assim, uma concepção geral, baseada nos princípios descritos a seguir.

b) Seções-tipo

A escolha de seções típicas foi orientada no sentido de se definirem inclinações variáveis, começando por taludes mais íngremes para pequenas alturas, chegando a taludes mais abatidos para as maiores. Definiu-se, assim, um "dique padrão", de tal forma que as seções nas ombreiras representam seções parciais daquela de maior altura. Associando-se este conceito às condições típicas de fundação dos diversos diques, após análises de estabilidade, chegou-se às seções típicas apresentadas no **Desenho BEL-V-13-112-0005 (Apêndice 4.32 – Volume 3)**.

O talude de montante dos diques apoiados na fundação em migmatito inicia na crista com inclinação 2H:1V, passando para 2,5H:1V abaixo da cota 79,0 m, e terminando, quando for o caso, com 3H:1V abaixo da cota 29,0 m. O talude de jusante inicia na crista com inclinação 1,5H:1V e desce, progressivamente abatido a cada 10 m, até atingir a inclinação 4,5H:1V, abaixo da cota 49,0 m. Nas cotas de variação de talude, a jusante, existem bermas de 4 m de largura.

No caso dos DIK-03 e DIK-04, que têm fundação em folhelho, o talude de montante e de jusante é de 2,5H:1V, desde a crista até a cota 93,0 m, onde passa a ter uma berma de 9 m de largura, com inclinação de 10H:1V até a cota 92,0 m, e uma inclinação de 3H:1V até cotas mais baixas (vide **Desenho BEL-V-13-112-0004 (Apêndice 4.33 – Volume 3)**).

Basicamente, todos os diques possuem sistemas de drenagem (vide **Desenho BEL-V-13-112-0005 (Apêndice 4.32 – Volume 3)**) que visam atender a dois princípios básicos:

- separar os fluxos que atravessam o maciço e a fundação do escoamento oriundo de águas pluviais incidentes sobre o talude de jusante; e
- manter todo o sistema interno de drenagem, reduzindo riscos de colmatagem.

Sucintamente, o sistema de drenagem interna pode ser caracterizado em função da altura do dique, entendendo-se como altura a diferença da cota entre a crista e o terreno natural:

- Diques com altura até 3 m não possuem sistema de drenagem interna.
- Diques com altura entre 3 m e 6 m possuem um filtro vertical de areia e altura variando entre a cota 97,0 m e a linha de escavação. Tais diques não possuem filtro horizontal nem tapete drenante, apenas drenos franceses que servem como elementos de escoamento do sistema de drenagem interna.
- Diques com altura entre 6 m e 15 m possuem filtro vertical, idêntico ao anterior, interligado a um filtro horizontal de areia que repousa sobre a linha de escavação. O filtro horizontal não é contínuo ao longo do dique; a cada 40 m ou 60 m existe um septo de aterro compactado, interceptando-o. Também no sentido transversal ao eixo do dique o

filtro não é contínuo, isto é, sua saída não é livre e sim bloqueada pelo pé do aterro compactado. A saída do sistema de drenagem interna se dá então através de drenos franceses idênticos aos já citados, localizados junto aos septos do filtro horizontal.

- Diques com altura entre 15 m e 70 m possuem filtro vertical, idêntico aos anteriores, terminando em um filtro horizontal de areia, que corre afastado de $0,15H$ da linha de escavação (onde H é a altura do dique) e têm comprimento igual à altura do filtro vertical. O filtro horizontal é ligado a um tapete drenante, constituído por dreno sanduíche de areia e pedrisco. Interligando o filtro horizontal ao tapete drenante, existe um filtro vertical de areia. O tapete drenante corre por sobre a linha de escavação, sendo bloqueado ao longo do dique por septos de aterro compactado, enquanto que no sentido transversal corre num coletor longitudinal, composto por um dreno francês, circundado por pedrisco e areia.
- Os septos que interrompem o tapete drenante também cortam o coletor longitudinal, cuja saída não é livre, sendo coberta, na sua maior parte, pelo pé do aterro compactado. Só em pontos afastados de 40 m a 60 m existem saídas transversais do sistema de drenagem. Estas saídas são compostas também por drenos franceses, com seção em brita circundada por pedrisco e areia, exceto na face exposta de jusante, onde a brita não tem cobertura.

As condições particulares de implantação de cada um dos diques são apresentadas nos **Desenhos BEL-V-13-112-0004 (Apêndice 4.33), BEL-V-13-112-0001 (Apêndice 4.34), BEL-V-13-112-0002 (Apêndice 4.35), BEL-V-13-112-0012 (Apêndice 4.36), BEL-V-13-112-0003 (Apêndice 4.37), BEL-V-13-112-008 (Apêndice 4.38), BEL-V-13-112-0009 (Apêndice 4.39), BEL-V-13-112-0006 (Apêndice 4.40), BEL-V-13-112-0015 (Apêndice 4.41), BEL-V-13-112-0014 (Apêndice 4.42) e BEL-V-13-112-0013 (Apêndice 4.43).**

c) Escavações e Tratamentos de Fundação

Considerando-se os resultados dos mapeamentos de subsuperfície e das investigações geológico-geotécnicas disponíveis para os Estudos de Viabilidade, as prováveis linhas de escavação para implantação dos diques ficam contidas no solo aluvionar ou coluvionar, ou coincidem com o topo do solo residual ou solo de alteração. A determinação desses níveis foi condicionada pelos aspectos de estabilidade, estanqueidade e deformabilidade dos materiais, e podem também ser visualizadas em seções constantes dos **Desenhos BEL-V-13-112-0004 (Apêndice 4.33), BEL-V-13-112-0001 (Apêndice 4.34), BEL-V-13-112-0002 (Apêndice 4.35), BEL-V-13-112-0012 (Apêndice 4.3), BEL-V-13-112-0003 (Apêndice 4.37), BEL-V-13-112-0008 (Apêndice 4.38), BEL-V-13-112-0009 (Apêndice 4.39), BEL-V-13-112-0006 (Apêndice 4.40), BEL-V-13-112-0015 (Apêndice 4.41), BEL-V-13-112-0014 (Apêndice 4.42) e BEL-V-13-112-0013 (Apêndice 4.43).**

Linhas de escavação contidas em materiais aluvionares não são freqüentes, restringindo-se a alguns poucos diques que fecharão regiões com presença de pequenas grotas e igarapés. Nestes casos, a escavação foi limitada à remoção do metro superior do aluvião, seja argiloso ou arenoso. A remoção de maiores espessuras depende das condições locais de ocorrência dos aluviões, em termos de condições de suporte e resistência preconizadas. As incertezas quanto a caminhos preferenciais de percolação no material aluvionar definiram a execução de uma trincheira – o denominado *cut-off* –, com remoção completa do aluvião, penetrando pelo menos 0,5 m no solo de alteração. A trincheira tem profundidade mínima de 3 m e taludes 1,5H:1,0V. A largura da base varia com a altura do dique em acordo com as especificações constantes do **QUADRO 4.2.4-11.**

QUADRO 4.2.4-11

Larguras das Trincheiras de Vedação nos Diques

Altura do Dique (m)	Largura da Base da Trincheira de Vedação (m)
< 13,0	5,0
13,0 < altura < 25,0	5,0 < largura < 10,0
> 25,0	10,0

Fonte:. Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Para os casos de linhas de escavação contidas em materiais coluvionares (solos areno-argilosos e areno-silto-argilosos, em geral porosos), as profundidades de escavação são variáveis. Assim, remoções de pequenas espessuras são necessárias para aterros de baixa altura, prevendo-se remoções de maiores espessuras, ou mesmo remoção total, para aqueles de maior altura. As espessuras de remoção variam de 0,5 m a 3 m, que é a espessura máxima esperada para o material coluvionar.

Preocupações em relação à permeabilidade das fundações, pela presença de canalículos e/ou linha de seixos na base do coluvião, levaram à inclusão de uma trincheira vedante – *cut-off* -, com 3 m de profundidade, a partir da linha de escavação. A base desta trincheira atinge sempre o solo residual, sendo sua largura função da altura do dique, variando entre o mínimo de 5 m e o máximo de 10 m. O talude de escavação para a implantação da trincheira é de 1,5H:1V.

Devido à presença de matacões associados ao solo coluvionar, foi prevista a necessidade de um tratamento superficial deste solo, consistindo na remoção total de blocos soltos. Blocos parcialmente expostos, quando esparsos, não irão requerer remoção. No caso de constatação de concentração de blocos parcialmente expostos, tratamentos específicos são recomendados, desde sua remoção total, em profundidade, ou, caso seja mais conveniente, a injeção de tais zonas, desde que constatada sua viabilidade e economia. A escolha de uma ou outra solução para o problema de concentração de blocos deverá ser feita após a inspeção da trincheira de vedação, sempre presente nestas regiões.

d) Análises de Estabilidade

No **Apêndice 4-5** apresenta-se uma abordagem detalhada dos critérios considerados para as análises de estabilidade dos diques, bem como os parâmetros geotécnicos utilizados e os resultados auferidos.

e) Vazão Residual a Jusante dos Diques

Os Estudos de Viabilidade não previram a implantação de dispositivos especiais nos diques que propiciassem a liberação de uma vazão residual ecológica a jusante dessas estruturas nos igarapés a serem barrados.

Na realidade, e conforme pode ser observado a partir da planta típica constante do **Desenho BEL-V-13-112-0005 (Apêndice 4.32 – Volume 3)**, ocorrerão valores de vazão a serem liberados, para jusante, pelas saídas do sistema de drenagem interna previsto para os maciços

dos diques. Assim, em função da localização de cada um desses maciços, pode-se estimar, por cálculos de percolação e pelas dimensões e características de permeabilidade associadas aos drenos vertical e horizontais planejados, quais as vazões a serem liberadas para jusante, comparando-as com os valores da demanda ecológica necessários em cada um dos igarapés.

Nesse sentido, foram desenvolvidas, no presente EIA, em complementação aos Estudos de Viabilidade, as análises de percolação supracitadas. Para tanto, foram consideradas as seguintes premissas:

- Diques com altura até 3 m não possuem sistema de drenagem interna e, para os mesmos, foram desconsideradas vazões de percolação a serem liberadas para jusante;
- Foram desconsideradas, na estimativa das vazões a serem liberadas para jusante pelos sistemas de drenagem interna dos diques, as contribuições de percolação pela fundação a serem captadas pelo tapete drenante horizontal, assumindo-se a eficácia do sistema de vedação representada pelos *cut-offs* previstos a título de tratamento de fundação;
- Considerou-se um coeficiente de permeabilidade equivalente do sistema de drenagem interna igual a 8×10^{-2} cm/s, dado que este é o valor apontado para as areais e cascalhos ensaiados nas jazidas possíveis de serem exploradas para construção; e
- Aplicou-se sobre as vazões calculadas através dos cálculos de percolação e considerando a permeabilidade e seção de escoamento do sistema de drenagem horizontal, uma redução correspondente a um fator de segurança igual a 10, normalmente adotado, na prática de engenharia geotécnica, para dimensionamento dos filtros e tapetes drenantes.

Assim, foi adotada a sequência de cálculo a seguir explicitada:

A partir das configurações em plantas e seções típicas dos diques apresentadas nos **Desenhos BEL-V-13-112-0004 (Apêndice 4.33), BEL-V-13-112-0001 (Apêndice 4.34), BEL-V-13-112-002 (Apêndice 4.35), BEL-V-13-112-0012 (Apêndice 4.36), BEL-V-13-112-0003 (Apêndice 4.37), BEL-V-13-112-0008 (Apêndice 4.38), BEL-V-13-112-0009 (Apêndice 4.39), BEL-V-13-112-0006 (Apêndice 4.40), BEL-V-13-112-0015 (Apêndice 4.41), BEL-V-13-112-0014 (Apêndice 4.42) e BEL-V-13-112-0013 (Apêndice 4.43)**, foram obtidos, para cada um dos diques, valores de altura da carga hidráulica atuante sobre os sistemas de drenagem horizontal (considerando-se o nível d'água máximo operacional de 97,0 m), dimensões da seção de escoamento representada por esses sistemas e, consequentemente, o gradiente hidráulico.

Com base na permeabilidade dos materiais constituintes do sistema de drenagem, da extensão em planta desses sistemas e aplicando-se a equação que traduz a lei de Darcy, obteve-se a vazão de percolação utilizada para dimensionamento dos mesmos. Sobre o valor assim obtido, aplicou-se o coeficiente de redução 0,10 (conforme acima mencionado), resultando na estimativa de vazão a ser liberada para jusante, nos igarapés a serem interceptados pelos diques.

A **TABELA 4.2.4-20** apresenta as estimativas dos valores de vazão de percolação a serem liberados para jusante por cada um dos diques.

TABELA 4.2.4-20

Estimativa das Vazões de Percolação a serem Liberadas para Jusante pelos Diques

Nome do Dique	Sub bacia hidrográfica	Vazão (l/s)
DIK-01	Ig. St. Antonio	2,0
DIK-02	Ig. St. Antonio	1,4
DIK-03	Ig. St. Antonio	3,2
DIK-04	Ig. St. Antonio	5,2
DIK-6A	Ig. St. Antonio	25,2
DIK-6B	Ig. St. Antonio	9,1
DIK-6C	Ig. St. Antonio	35,1
DIK-7A	Ig. St. Antonio	32,6
DIK-7B	Ig. St. Antonio	39,2
DIK-7C	Ig. St. Antonio	8,8
DIK-7D	Ig. Cobal	0,0 (altura inferior a 3 m)
DIK-10A	Ig. Cobal	10,8
DIK-11	Ig. Cobal	21,3
DIK-12	Ig. Cobal	0,0 (altura inferior a 3 m)
DIK-13	Ig. Cobal	55,4
DIK-14A	Ig. Cajueiro	25,9
DIK-14B	Ig. Cajueiro	9,5
DIK-14C	Ig. Cajueiro	23,9
DIK-14D	Ig. Cajueiro	17,6
DIK-14E	Ig. Cajueiro	20,6
DIK-18	Ig. Ticaruca	5,9
DIK-19	Ig. Ticaruca	40,3
DIK-20	Ig. Ticaruca	5,5
DIK-23	Vert Compl.	33,3
DIK-24	Vert Compl.	7,4
DIK-25	Vert Compl.	0,0 (altura inferior a 3 m)
DIK-26	Vert Compl.	13,0
DIK-27	Ig. Ticaruca	11,2
DIK-28	Ig. Paquiçamba	37,4
DIK-29	Ig. Paquiçamba	19,2

4.2.4.7.4 Sítio Bela Vista

a) Detalhamento do Arranjo Geral

Conforme pode ser observado no **Desenho BEL-V-10-100-0068 (Apêndice 4.44 – Volume 3)**, no Sítio Bela Vista estão localizados o Vertedouro Complementar e estruturas adjacentes de terra/enrocamento de contenção do reservatório. A escolha deste sítio para implantação do Vertedouro Complementar foi derivada, além das características locais de fundação para estruturas de concreto, de sua localização – região em que o reservatório dos canais muito se aproxima da calha natural do rio Xingu, facilitando a restituição das vazões vertidas. O Vertedouro Complementar localiza-se em uma sela natural, distante 150 m da margem esquerda do rio Xingu (**FIGURA 4.2.4-13**)



FIGURA 4.2.4-13 – Visão panorâmica do local onde está projetada a implantação do Vertedouro Complementar

Fechando a sela, à direita e à esquerda do Vertedouro Complementar, são propostas duas barragens, denominadas Barragens de Ligação Direita e Esquerda. As estruturas estão coroadas na cota 99,0 m e têm desenvolvimento total, nesta cota, de 360 m, aproximadamente. Consideram-se ainda como pertencentes ao sítio os diques 23 e 24, cujas características específicas já foram objeto de abordagem no item 4.2.4.7.3.

Reitera-se aqui que, considerando que os Canais de Derivação estão dimensionados para conduzir uma vazão de $13.900 \text{ m}^3/\text{s}$ e que a perda de carga em todo o seu desenvolvimento (desde o Sítio Pimental até o Sítio Belo Monte) é de 1,0 m, verifica-se que, a longo prazo, com todas as turbinas já instaladas na Casa de Força Principal, o excesso de vazão que ocorrer no rio Xingu deverá ser manobrado pelo Vertedouro Principal, situado no Sítio Pimental.

Em termos de concepção do projeto de engenharia, pode-se afirmar que o Vertedouro Complementar só entraria em operação raramente, uma vez que o Vertedouro Principal tem capacidade de verter vazões de até $47.000 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto os Canais de Derivação estariam conduzindo uma vazão de $13.900 \text{ m}^3/\text{s}$ em direção à Casa de Força Principal.

Apenas no caso de uma eventual queda do sistema de transmissão, e com a conseqüente paralisação da geração na usina, criar-se-á a condição favorável para a entrada em operação do Vertedouro Complementar, que teria sua vazão incrementada até um total máximo de $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

O Dique 23, com pouco mais de 800 m de comprimento de crista, barra o vale que é um prolongamento do reservatório e o Dique 24, com cerca de 180 m de extensão, fecha uma sela contígua àquela onde está posicionado o Vertedouro Complementar. Para acesso ao órgão de extravasamento, foi projetado um canal de aproximação escavado em solo e rocha. Boa parte do material proveniente de sua escavação será utilizada para execução das barragens laterais e dos diques 23 e 24.

As fundações do Vertedouro Complementar (vide **Desenho BEL-V-33-100-0056 (Apêndice 4.45 – Volume 3)**) estão posicionadas acima dos níveis d'água naturais do rio Xingu dos períodos de águas baixas e intermediárias, caracterizando a estrutura como típico vertedouro de ombreira. Conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-33-101-0057 (Apêndice 4.46 – Volume 3)**, foram projetados 4 vãos de 20 m de largura, separados por 3 pilares de 5 m de largura, para escoar a vazão de projeto de 14.600 m³/s com uma carga de 20,3 m sobre a crista vertente, posicionada na cota 76,0 m. O perfil vertente é do tipo *Creager*, com paramento de montante vertical (vide **Desenho BEL-V-33-101-0058 (Apêndice 4.47 – Volume 3)**). A jusante, existe uma laje plana horizontal com 20,1 m extensão, dotada de *cut-off* na sua extremidade de jusante, que tem a função de proteger a estrutura de eventuais erosões regressivas. Para concordância entre o perfil vertente e a laje foi projetada uma curva circular de 15 m de raio. A dissipação da energia cinética das vazões vertidas se fará na calha natural do rio Xingu, que será alcançada através de um canal de restituição, com pouco mais de 10 m de extensão, cujo fundo coincide com a superfície rochosa local (vide planta e seção no **Desenho BEL-V-33-100-0056 (Apêndice 4.45 – Volume 3)**).

O **Desenho BEL-V-33-101-0058 (Apêndice 4.47 – Volume 3)** ilustra o fato de os quatro vãos do Vertedouro Complementar serem controlados por comportas do tipo segmento com 22,2 m de altura e raio de curvatura de 19,5 m. A crista da estrutura, na cota 99,0 m, é dotada de uma ponte cujo tabuleiro, com 16,7 m de largura, é dividido em dois setores por um guarda-corpo: o mais a montante, com 7,3 m de largura, funciona como ponte rodoviária, e o outro serve como ponte de serviço e caminho para o pórtico rolante da estrutura (vide **Desenhos BEL-V-33-101-0057 (Apêndice 4.46 – Volume 3)** e **BEL-V-33-101-0058 (Apêndice 4.47 – Volume 3)**).

O encontro das Barragens de Ligação Direita e Esquerda com o Vertedouro Complementar se dá de topo, sendo as saias daquelas estruturas contidas por muros alas, a montante e a jusante, conforme pode ser visualizado, em planta, no **Desenho BEL-V-33-101-0057 (Apêndice 4.46 – Volume 3)**. Os muros de montante recebem a denominação de Muros Alas Direito (MAD) e Esquerdo (MAE) e apresentam seu paramento externo – de contato com o escoamento de aproximação – vertical (vide **Desenho BEL-V-11-101-0059 (Apêndice 4.48 – Volume 3)**). Em planta, estão posicionados formando um ângulo de 17° com o eixo escoamento para permitir uma aceleração gradual do mesmo. Os muros de jusante, denominados Muros Laterais Direito (MLD) e Esquerdo (MLE), estão divididos em quatro trechos cada, conforme também pode ser visualizado nos dois Desenhos supracitados. O trecho mais a montante possui a mesma extensão da laje plana de jusante e está posicionado, em planta, perpendicularmente ao eixo das barragens. Os demais trechos apresentam uma deflexão de 20° em relação ao alinhamento do primeiro trecho, para permitir um alargamento gradual do escoamento efluente do Vertedouro Complementar.

As Barragens de Ligação Direita e Esquerda possuem seção transversal semelhante à adotada para as demais barragens do AHE Belo Monte: trata-se de barragens homogêneas em solo, sendo que, para o encontro com a estrutura de concreto, é feita uma transição para barragem de enrocamento com núcleo impermeável. Há que se observar que essas barragens, no trecho com seção homogênea em solo, têm seção transversal idêntica à adotada para os diques 23 e 24 (**Desenho BEL-V-13-112-0015 (Apêndice 4.41 – Volume 3)**), à exceção de que, para os diques, se prevê a execução de um *cut-off*, conforme anteriormente descrito. Assim, as barragens em solo possuem crista com 10 m de largura na cota 99,0 m e talude de montante de 1(V):2(H), para alturas até 18 m. Para trechos onde a fundação das barragens esteja abaixo da cota 81,0 m, há um abatimento no talude que passa a ser 1(V):2,5(H) abaixo dessa cota.

Por jusante, o talude do aterro é 1(V):1,5(H) para alturas até 14 m. Nos locais onde a fundação das barragens esteja baixo da cota 85,0 m, há uma berma de 4 m nesta cota e o talude passa a ser 1(V):2,5(H) abaixo dela. Nos trechos onde a fundação esteja abaixo da cota 71,0 m é criada outra berma nesta cota e o talude de jusante passa a ser 1(V):3(H) abaixo dela. As barragens, assim como os diques 23 e 24, são dotadas de filtro vertical e, a partir deste, na base para jusante, um filtro horizontal que termina em um dreno de pé.

O trecho das barragens em seção mista tem seção transversal com taludes externos, de montante e de jusante, com inclinação de 1(V):1,3(H). A montante, entre o enrocamento externo e o núcleo em solo compactado, está prevista uma faixa inclinada de transição granulométrica, com 3 m de espessura, de enrocamento fino. Por jusante, após o núcleo, seguem-se camadas inclinadas de filtro vertical, de transição e de enrocamento fino, todas com espessura de 2 m. Tanto por montante como por jusante, o talude do núcleo e das transições e filtros é de 1(V):0,2(H). Assim, esta descrição para as seções mistas das BLD e BLE *vis a vis* as características geométricas da Barragem de Ligação com a Ilha da Serra (BLIS), no Sítio Pimental (**Desenho BEL-V-12-100-0089 (Apêndice 4.6 – Volume 3)**), anteriormente já objeto de abordagem, permite concluir pela identidade entre essas duas estruturas.

O canal de acesso ao Vertedouro Complementar tem seção transversal na forma trapezoidal, com 200 m de base na cota 66,0 m. Cerca de 95% da escavação será em solo, com taludes laterais de 1(V):2,5(H), com bermas de 5 m nas cotas 71,0 m e 85,0 m.

b) Obras de Terra e Enrocamento - Escavação e Tratamento de Fundação

As escavações da Barragem de Ligação Esquerda do Vertedouro Complementar (BLE) incluem o rebaixamento para a cota 66,0 m para assentar a estrutura de concreto no topo rochoso (vide seção geológico-geotécnica E-E no **Desenho BEL-V-33-190-0087 (Apêndice 4.49 – Volume 3)**). Os taludes do trecho em solo deverão ser de 2,5H:1V com bancadas de 3 m, nas cotas 71,0 m e 85,0 m. A fundação do trecho em seção mista (primeiros 50 m ao longo da crista) deverá ser tratada com concreto dental e injeções de feições permeáveis. Nas ombreiras, devido à grande escavação realizada, a execução seguirá sem tratamento especial de fundação a não ser para tratamento de eventuais feições permeáveis detectadas.

Já a Barragem de Ligação Direita do Vertedouro Complementar (BLD-VTC) será parcialmente assentada na escavação obrigatória para implantação do Vertedouro Complementar e seu canal de acesso, tanto no trecho em rocha, na cota 66,0 m, quanto no talude lateral em solo (vide seção geológico-geotécnica C-C no **Desenho BEL-V-33-190-0087 (Apêndice 4.49 – Volume 3)**). O tratamento da fundação será semelhante ao adotado para a BLE, sendo necessária, no trecho em que a barragem se assentar fora dos limites da escavação, a limpeza do terreno com remoção de 0,5 m de solo coluvionar e/ou residual com a cobertura vegetal, sem tratamento complementar.

Conforme abordado no item 4.2.4.7.4, os diques do Sítio Bela Vista encontram-se localizados em vales (Dique 23) e selas (Dique 24) e terão como tratamento a remoção das camadas superficiais de aluvião, coluvião e cobertura vegetal. A espessura média da remoção será função da altura do barramento, sendo 2 m a espessura máxima a ser removida. Será executada ainda uma trincheira de vedação de largura variável, com profundidade máxima de 3 m e mínima de 1,5 m.

c) Vertedouro Complementar

c.1) Observações Relativas às Obras Civas

O Vertedouro Complementar é uma estrutura característica de concreto armado, em função de sua esbeltez.

Os blocos têm dois semi-vãos com crista da soleira na cota 76,0 m e crista da estrutura na cota 99,0 m, sendo equipados com comportas de segmento e, a montante, com ranhuras no pilar que possibilitam a descida de comporta ensecadeira, acionada através de pórtico rolante que trafega na crista da estrutura (vide **Desenho BEL-V-33-101-0058 (Apêndice 4.47 – Volume 3)**).

Junto à fundação na cota 66,0 m, a montante da estrutura, corre longitudinalmente uma galeria onde será implantado o sistema de injeções e drenagem profunda. Esta galeria interliga-se no pilar extremo direito do Vertedouro Complementar à outra galeria que corre paralelamente ao fluxo até atingir o muro direito, onde é feito o acesso na cota 68,5 m pela saia da Barragem de Ligação Direita, e onde as águas coletadas são drenadas para o poço de drenagem no próprio muro (vide **Desenho BEL-V-11-101-0059 (Apêndice 4.48 – Volume 3)**).

c.2) Condições, Tratamentos de Fundação e Estudos de Estabilidade

No **Apêndice 4-6** apresenta-se uma abordagem detalhada das condições e tratamentos de fundação do Vertedouro Complementar.

No mesmo Apêndice são apresentados os critérios adotados para os estudos de estabilidade dessa estrutura frente a diferentes condições de carregamento, bem como os resultados das análises efetuadas.

c.3) Equipamentos Eletromecânicos Principais e Auxiliares

O Vertedouro Complementar é composto por uma estrutura isolada com 4 comportas de segmento, comporta ensecadeira, pórtico rolante e equipamentos auxiliares necessários ao seu funcionamento.

No **Apêndice 4-7** apresenta-se uma abordagem detalhada das características dos equipamentos eletromecânicos principais e auxiliares projetados para a estrutura em questão.

d) Muros

d.1) Observações Relativas às Obras Civas

Conforme abordagem anterior, os muros de concreto do barramento no Sítio Bela Vista fazem a transição entre o Vertedouro Complementar e as Barragens de Ligação Direita e Esquerda. Estes muros, aqui denominados são estruturas simétricas do tipo gravidade (vide **Desenho BEL-V-33-101-0057 (Apêndice 4.46 – Volume 3)**).

A estrutura do Muro Ala é composta de um único bloco de gravidade posicionada a montante do Vertedouro Complementar. Esta estrutura destina-se, por um lado, a guiar o fluxo d'água e, por outro, a conter a saia de enrocamento da barragem de terra.

Os Muros Laterais Direito e Esquerdo são compostos por 4 blocos de gravidade cada. Os Muros Laterais Direito-1 e Esquerdo-1 têm a finalidade de direcionar o fluxo vertente, além de conter parte da saia de jusante da barragem de terra; já os Muros Laterais Direito-2/3/4 e Esquerdo-2/3/4 têm a finalidade hidráulica de guiar o fluxo vertente até o canal principal.

O Muro Ala tem sua fundação na cota 66,0 m e crista na cota 94,0 m. Esta estrutura tem paramento vertical na face contígua ao Vertedouro Complementar, paramento inclinado em 0,7H:1V na face em contato com a barragem e inclinação da crista igual a 1,3H:1V no sentido de caimento da barragem de terra (vide **Desenho BEL-V-11-101-0059 (Apêndice 4.48 – Volume 3)**). Este muro tem um defletor, a partir do qual é definida uma direção tangente ao mesmo e que forma com a linha de centro da Barragem um ângulo de 73°.

Os Muros Laterais Direito-1 e Esquerdo-1 têm paramento vertical na face em contato com o fluxo vertente, e paramento com inclinação de 0,5H:1V na face em contato com o enrocamento. Sua crista possui 1 m de largura e varia da cota 80,5 m até a cota 71,0 m, onde encontra a crista dos MLD-2 e MLE-2. A fundação está na cota 65,0 m e têm 20,15 m de comprimento. No Muro Lateral Direito-1 existe uma ligação com a barragem lateral direita na cota 68,5 m que dá acesso ao poço de drenagem, de onde parte uma galeria na cota 66,0 m paralelamente ao fluxo que permite o acesso de pessoas e equipamentos à galeria de drenagem a montante do Vertedouro Complementar.

Os Muros Laterais Direito-2/3/4 e Esquerdo-2/3/4 possuem a crista na cota 71,0 m com 1 m de largura, e paramentos verticais nas faces em contato com o fluxo vertente. O MLD-2 e o MLE-2 estão fundados na cota 65,0 m com 2,35 m de base e 29 m de comprimento; o MLD-3 e o MLE-3 estão fundados na cota 61,5 m com 5,25 m de base e também 29 m de comprimento; e os MLD-4 e MLE-4 estão fundados na cota 57,0 m com 9,4 m de base e 26 m de comprimento.

d.2) Condições, Tratamento de Fundação e Estudos de Estabilidade

No **Apêndice 4-6** apresenta-se uma abordagem detalhada das condições e tratamentos de fundação dos muros projetados para o Sítio Bela Vista.

No mesmo Apêndice são apresentados os critérios adotados para os estudos de estabilidade dessas estruturas frente a diferentes condições de carregamento, bem como os resultados das análises efetuadas.

4.2.4.7.5 Construções Especiais – Sistema de Transposição de Desnível no Reservatório dos Canais para Navegação Fluvial

a) Considerações Gerais

No âmbito do projeto do AHE Belo Monte foram consideradas especiais duas obras que, apesar de afetas à implantação do empreendimento, não estão relacionadas diretamente à geração de energia: o sistema de transposição de desnível para navegação fluvial e a escada para peixes, esta última já abordada neste EIA quando do compartimento ambiental “reservatório do Xingu”.

O sistema de transposição, previsto para localização no compartimento ambiental “reservatório dos canais”, permitirá vencer o desnível entre o estirão do rio Xingu, a jusante da localidade de Belo Monte, e o futuro reservatório.

O rio Xingu, no local de implantação do empreendimento, tem sua navegabilidade hoje limitada pela presença de inúmeras corredeiras e cachoeiras no trecho de sua Volta Grande. O trecho de jusante, que se estende da foz no rio Amazonas até a localidade de Belo Monte, apresenta facilidades para a navegação, que hoje é processada até atingir a cidade de Vitória do Xingu, cerca de 50 km a jusante do Canal de Fuga da Casa de Força Principal projetada para o AHE Belo Monte, e as instalações da Petrobrás, junto à localidade de Belo Monte, já a montante do futuro Canal de Fuga. A partir de Belo Monte, estendendo-se até a região da foz do rio Bacajá, o rio Xingu tem sua navegação impraticável, exceto por pequenas embarcações, em trechos localizados e sob condições hidrológicas favoráveis. O trecho entre o rio Bacajá e Altamira tem navegabilidade restrita a embarcações de pequeno e médio porte (máximo de 8 toneladas), com restrições significativas nos períodos de estiagem.

Com a implantação do AHE Belo Monte e seu respectivo reservatório, criar-se-á uma condição favorável para o estabelecimento de uma hidrovia no rio Xingu, que teria de ser complementada pela implantação de um sistema de transposição de desnível na região do compartimento do reservatório dos canais e pela construção de barramentos subsequentes a montante de Altamira, com seus respectivos sistemas de transposição, de forma a viabilizar a navegação em grande extensão, uma vez que, segundo os Estudos de Viabilidade, a navegabilidade apenas até Altamira não se mostraria viável pela baixa relação benefício-custo do sistema de transposição.

O sistema de transposição de desnível se constitui em um conjunto de obras formado por três câmaras de eclusas e trechos de canais, constituídos ora por escavação, ora pela construção de diques laterais, interligando as câmaras e servindo de acesso ao rio e ao reservatório. Nos Estudos de Viabilidade foram desenvolvidas análises, em termos de anteprojeto, que procuraram definir eixos que permitissem a implantação das obras a qualquer tempo, sem interferir diretamente com a produção de energia do complexo. Apresenta-se, a seguir, os resultados dos mesmos em acordo com o constante dos Estudos de Viabilidade.

b) Critérios para Implantação do Sistema

Buscou-se, nos Estudos de Viabilidade, estudar alternativas de posicionamento do sistema de transposição de desnível que permitissem a sua implantação futura, com o atendimento às seguintes premissas:

- causar a menor interferência com a operação da usina; e
- posicionar as estruturas da transposição de desnível em locais com condições geológico-geotécnicas e topográficas favoráveis, de forma a não onerar o empreendimento futuro.

Para tanto, foram efetuados estudos considerando as informações cartográficas disponíveis, que referem-se a restituições aerofotogramétricas em escala 1:25.000 além de levantamentos topográficos em pontos localizados, e dados geológico-geotécnicos obtidos dos estudos de posicionamento dos diques e canais de adução do Complexo. Após discussões técnicas com o Departamento de Hidrovias do Ministério dos Transportes à época do desenvolvimento dos Estudos de Viabilidade, foram lançadas três alternativas de atendimento que consideram os

seguintes parâmetros para o comboio-tipo:

- Comprimento (m):	200,0
- Largura (m):	24,0
- Calado máximo (m):	2,5

Como consequência, as câmaras das eclusas foram pré-dimensionadas para garantir folgas de 10,0 m de comprimento em cada extremidade, 0,5 m nas laterais e 0,5 m sob o comboio, resultando:

- Comprimento (m):	220,0
- Largura (m):	25,0
- Lâmina d'água mínima (m):	3,0

A largura mínima do canal deveria ser de no mínimo 4 vezes a largura do comboio, arredondada para 100 m. O raio de curvatura do canal deveria situar-se na faixa de 2.000 m (10 vezes o comprimento do comboio) para não exigir sobrelargura. Para atendimento a situações topográficas muito desfavoráveis o raio poderia ser reduzido até um mínimo de 1.500 m, situação na qual deveria ser provida sobrelargura ao canal, com adicional mínimo de:

$$S_L = \frac{L^2}{2R}$$

onde:

S_L sobrelargura em metros;

L comprimento do comboio em metros, e

R raio de curvatura do canal, em metros.

As câmaras deveriam ser dotadas de muros guias retilíneos, alinhados com um dos muros ala da câmara, a montante e a jusante. Os comprimento dos muros guias seriam de no mínimo 2/3 do comprimento do comboio, adotados como 135 m. As câmaras das eclusas deveriam ser dimensionadas para atender desnível individual médio de 31,7 m que, para três câmaras, iriam perfazer um desnível total de 95 m, que corresponde ao diferencial entre o nível d'água máximo do reservatório (cota 97,0 m) e o nível d'água mínimo no rio Xingu (cota 2,0 m). O **Desenho BEL-V-36-100-0060 (Apêndice 4.52 – Volume 3)** apresenta um perfil esquemático pelo eixo do canal, com a posição relativa das eclusas.

c) Alternativas de Transposição Avaliadas nos Estudos de Viabilidade

As três alternativas então estudadas consideram as seguintes concepções:

- Alternativa 1 (**Desenho BEL-V-36-100-0057 (Apêndice 4.53 – Volume 3)**): Implantada ao sul do reservatório dos canais, considera a construção de uma primeira câmara próxima

à margem do rio, em condição favorável para a aproximação, sendo a segunda e terceira câmaras posicionadas cerca de 8km a montante, com um intervalo de 1km entre estas duas. A câmara 3 está posicionada em local sabidamente apropriado para a sua implantação, sob o ponto de vista geológico-geotécnico, graças à informações obtidas de sondagens rotativas executadas nas imediações. São esperadas condições geológico-geotécnicas também satisfatórias para a implantação das outras câmaras, seguramente no domínio das rochas do embasamento cristalino (vide mapa geológico local no **Desenho BEL-V-13-190-0063 (Apêndice 4.54 – Volume 3)**, elaborado à época dos Estudos de Viabilidade).

- Alternativa 2 (**Desenho BEL-V-36-100-0058 (Apêndice 4.55 – Volume 3)**): Implantada também ao Sul do reservatório dos canais, esta alternativa caracteriza-se pela disposição das duas primeiras câmaras no seu trecho inicial, deixando um lago intermediário de maior extensão até o local de implantação da terceira câmara. As câmaras ficarão implantadas no domínio das rochas do embasamento cristalino, sendo que as vantagens técnicas entre esta alternativa e a anterior somente poderão ser melhor avaliadas com o conhecimento mais detalhado da topografia local, além do melhor levantamento das condições geológico-geotécnicas, a ocorrer quando do Projeto Básico de Engenharia do AHE Belo Monte.
- Alternativa 3: Localizada ao Norte do reservatório dos canais, possui a câmara 3 posicionada em região de ocorrência de rochas do embasamento cristalino. Para as câmaras 1 e 2 estudos mais detalhados deverão ser efetuados posteriormente, tendo em vista que rochas sedimentares ocorrem na região (vide mapa geológico local no **Desenho BEL-V-13-190-0063 (Apêndice 4.54 – Volume 3)**, elaborado à época dos Estudos de Viabilidade), capeando as rochas do cristalino, apresentando mergulho na direção dessas estruturas, sendo possível a sua ocorrência nos níveis de fundação das câmaras ora citadas).

Para as três alternativas citadas, as obras de implantação da câmara 3 (mais a montante) poderiam ser desenvolvidas sem interferência com a operação do AHE Belo Monte, uma vez que, com pequenos ensecamentos, poderão ser criadas as condições favoráveis para a sua implantação.

4.2.4.7.6 Infra-estrutura para Construção Relacionada ao Compartimento Ambiental “Reservatório dos Canais”

O **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)** apresenta a localização dos elementos de infra-estrutura previstos, nos Estudos de Viabilidade, para dar suporte à implantação das obras projetadas para o AHE Belo Monte, sendo que o **Desenho BEL-V-10-100-0020 (Apêndice 4.56 – Volume 3)** permite a visualização, em maiores detalhes, dos alojamentos, canteiro e sub-estação planejados para a região dos Canais de Derivação.

a) Canteiros de Obras

a.1) Dimensionamento dos Canteiros

- Obras a serem Construídas

Os canteiros de obras do compartimento ambiental “reservatório dos canais” foram

concebidos para fornecer o apoio necessário à construção das estruturas previstas nos sítios dos Canais de Derivação, dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista (vide **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**):

- No Sítio dos Canais de Derivação:
 - ✓ Canal de Derivação Esquerdo
 - ✓ Canal de Derivação Direito
 - ✓ Canal de Derivação Trecho da Junção
- No Sítio dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista:
 - ✓ Diques da Margem Esquerda (DIK-10A, DIK-11, DIK-12, DIK-13, DIK-14A e DIK-14B, DIK-14C, DIK-14D, DIK-14E, DIK-18, DIK-19A, DIK-19B, DIK-20 e DIK-23)
 - ✓ Diques da Margem Direita (DIK-24, DIK-24A, DIK-25, DIK-26, DIK-27, DIK-28 e DIK-29)
 - ✓ Canais de Transposição (Adução) – CTPT1, CTPT2, CTPT3, CTTC e CTCC
 - ✓ Vertedouro Complementar e o seu Canal de Adução
 - ✓ Barragem Lateral Direita
 - ✓ Barragem Lateral Esquerda
 - ✓ Muros
- Condicionantes e Dimensionamento dos Canteiros

As condicionantes levadas em conta para o dimensionamento dos diferentes canteiros supracitados, bem como os resultados desse dimensionamento, constam do **Apêndice 4-8**.

a.2) Localização dos Canteiros

- Sítio dos Canais de Derivação

Em consonância com a seqüência construtiva e o acesso viário estabelecido, as principais instalações do Canteiro de Obras foram dispostas na margem direita do Canal de Derivação Direito, ao lado do Travessão km 27, na margem esquerda do rio Xingu (vide **Desenho BEL-V-10-100-0020 (Apêndice 4.56 – Volume 3)**).

- Sítio dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista

Em consonância com a seqüência construtiva e o acesso viário estabelecido, as principais instalações do Canteiro de Obras foram dispostas na margem esquerda da estrutura do Vertedouro Complementar, a jusante da Barragem Lateral Esquerda, na margem esquerda do

rio Xingu (vide **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**).

a.3) Resumo das Áreas dos Canteiros

- Sítio dos Canais de Derivação (**TABELA 4.2.4-21 e TABELA 4.2.4-22**)

TABELA 4.2.4-21
Pátios do Canteiro – Sítio Canais de Derivação - Áreas Requeridas

		Continua	
Canteiro		Áreas (m²)	
		Edificada	Total
Obras Cíveis			
✓	Pátio de Concreto	100	8.000
✓	Pátio de Britagem	50	25.000
✓	Pátio de Areia	90	10.000
✓	Central de Ar Comprimido	180	1.000
✓	Oficina Mecânica Principal	500	1.000
✓	Abastecimento e lubrificação de Máquinas Pesadas	200	5.000
✓	Almoxarifado	500	1.500
✓	Pátio de Sucata	-	2.000
✓	Área de Serviços Auxiliares	110	5.000
✓	Pátio de Bombas	60	1.300
✓	Treinamento	200	1.000
✓	Estacionamento de Máquinas Pesadas	-	20.000
✓	Paio de Explosivos/ Espoletas	100	2.000
✓	Escritório Central	500	2.000
✓	Escritório de Campo	200	500
✓	Refeitório de Campo	500	1.000
✓	Sistema Viário / Estacionamento	-	30.000
	Sub-Total	3.290	116.300
EMPREENDEDOR/FISCALIZAÇÃO			
✓	Escritório Central	700	2.200
✓	Almoxarifado	500	1.500
✓	Laboratório Solos/ Concreto	300	1.000

TABELA 7.2.4-21
Pátios do Canteiro – Sítio Canais de Derivação - Áreas Requeridas

Canteiro		Áreas (m ²)		Conclusão
		Edificada	Total	
✓	Laboratório Eletromecânico	100	500	
✓	Sistema Viário / Estacionamento	-	1.000	
Sub-Total		1.600	6.200	
Área Reservada Para Sub-Empreiteiros		-	15.000	
Total		4.890	137.500	

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-22
Pátios do Canteiro – Sítio Canais de Derivação – Canteiros Provisórios ao Longo dos Canais - Áreas Requeridas

Canteiro		Áreas (m ²)	
		Edificada	Total
Obras Cíveis			
✓	Pátio de Concreto/Britagem/Areia	50	2.000
✓	Oficina Mecânica Principal	100	1.000
✓	Abastecimento e lubrificação de Máquinas Pesadas	40	1.000
✓	Almoxarifado	100	500
✓	Pátio de Bombas	20	300
✓	Estacionamento de Máquinas Pesadas	-	10.000
✓	Paiol de Explosivos/ Espoletas	40	500
✓	Escritório Central	100	500
✓	Escritório de Campo	50	500
✓	Refeitório de Campo	100	500
✓	Sistema Viário / Estacionamento	-	10.000
Sub-Total		600	26.800
Área Reservada Para Sub-Empreiteiros		-	5.000
Total		600	31.800

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Em suma, se tem que as instalações do canteiro de obras para o Sítio dos Canais de Derivação foram agrupadas em diferentes locais, totalizando uma área líquida de aproximadamente 13,8 hectares e observando-se que os locais disponíveis nas proximidades da obra mostram-se com relevo bastante regular.

Em linhas gerais, o canteiro que pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0020 (Apêndice 4.56 – Volume 3)** ficou assim disposto: o principal conjunto de pátios e edificações foi posicionado na margem direita do Canal de Derivação Direito, junto ao Travessão km 27; e o pátio de areia foi localizado também na margem esquerda do rio Xingu.

- Sítio dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista (**TABELA 4.2.4-23**)

As instalações do canteiro foram agrupadas em diferentes locais, totalizando uma área líquida de aproximadamente 3,3 hectares.

Os locais disponíveis nas proximidades da obra mostram-se em geral com relevo bastante irregular.

Em linhas gerais o canteiro de obras do sítio em questão, que está mostrado no **Desenho BEL-V 10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**, ficou assim disposto: o principal conjunto de pátios e edificações foi posicionado na margem esquerda do rio Xingu, junto ao Travessão km 55; e o pátio de areia foi localizado também na margem esquerda do rio Xingu.

TABELA 4.2.4-23
Pátios do Canteiro Sítio Bela Vista/Diques/Canais de Adução Áreas Requeridas

Continua		
Canteiro	Áreas (m ²)	
	Edificada	Total
Obras Cíveis		
✓ Pátio de Concreto	40	500
✓ Pátio de Britagem	-	1.500
✓ Central de Ar Comprimido	20	100
✓ Oficina Mecânica Principal/Lubrificação	200	1.000
✓ Pátio de Armação	100	1.000
✓ Pátio de Formas/estruturas tubulares	100	1.000
✓ Almoxarifado Principal	200	500
✓ Pátio de Sucata	-	1.000
✓ Pátio de Transporte/ Balança/Estacionamento Carretas/Abastecimento	40	1.500
✓ Treinamento	100	500
✓ Estacionamento de Máquinas Pesadas	-	3.000
✓ Paíol de Explosivos/ Espoletas	20	1000
✓ Escritório Central/Áreas de Serviços auxiliares	200	1.000
✓ Escritório de Campo	50	500
✓ Refeitório de Campo	500	1.000
✓ Sistema Viário / Estacionamento	-	4.200
Sub-Total	1.570	19.300

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-23
Pátios do Canteiro Sítio Bela Vista/Diques/Canais de Adução Áreas Requeridas

		Conclusão	
		Áreas (m²)	
Canteiro		Edificada	Total
Montagem Eletromecânica			
✓	Almoxarifado Central	200	500
✓	Oficinas	200	500
✓	Escritório Central	50	500
✓	Pátio de Jato de Pintura	50	100
✓	Área de Comportas	-	3.000
✓	Pátio de Sucata/Pré-montagem	-	1.000
✓	Sistema Viário / Estacionamento	-	2.300
Sub-Total		500	7.900
Empreendedor / Fiscalização			
✓	Escritório Central	400	1.500
✓	Laboratório Solos/ Concreto/Eletromecânico	100	500
✓	Sistema Viário / Estacionamento	-	600
Sub-Total		500	2.600
Área Reservada Para Sub-Empreiteiros		-	3.000
Total		2.570	32.800

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

b) Alojamentos

Conforme abordado anteriormente, os alojamentos são destinados a abrigar o total da mão-de-obra solteira. Dada a defasagem dos picos das diversas obras a serem executadas nos Sítios Pimental, Bela Vista, dos Canais de Derivação/Diques e de Belo Monte, foram previstas áreas de instalações de alojamentos e de equipamentos com potencial de absorção de 100% da mão-de-obra, em cada pico respectivo. Nesse sentido, para os sítios dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista que compõem o compartimento ambiental “reservatório dos canais”, a população solteira a ser alojada deverá ser de 1.000 habitantes, observando-se que na população de 6.300 habitantes prevista para o Sítio Pimental também já está incluso o contingente de mão-de-obra necessário à implantação dos Canais de Derivação.

Há ainda, nesse sítio, a previsão de implantação de 7 acampamentos, a exemplo do modelo adotado para a construção de estradas, dada a extensão espacial das obras dos diques e de conformação do reservatório dos canais. Esses acampamentos se constituem em soluções práticas para o alojamento provisório de mão-de-obra.

São válidos, aqui, todas as premissas e parâmetros de dimensionamento considerados para a concepção básica dos alojamentos apresentados, anteriormente, para o Sítio Pimental.

b.1) Localização dos Alojamentos

O alojamento do Sítio Bela Vista desempenhará funções de serviço de apoio temporário aos trabalhadores solteiros que prestarão serviços na área do Vertedouro Complementar, barragens e diques. Conforme abordado anteriormente, a população a ser alocada para as obras dos Canais de Derivação ficará concentrada nos alojamentos planejados para o Sítio Pimental.

A localização do alojamento prevista para o Sítio Bela Vista pode ser visualizada no **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**.

b.2) Resumo das Áreas dos Alojamentos

As áreas previstas para os alojamentos inseridos no compartimento ambiental “reservatório dos canais” estão relacionadas na **TABELA 4.2.4-24**.

TABELA 4.2.4-24
Alojamentos – Sítio dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista - Áreas Requeridas

Usos	Área Construída (m ²)	Área Terreno (m ²)	Área Construída/Área Terreno (%)
Habitação	7.400	14.800	50,00
Comércio	360	720	50,00
Administração/Serviços	639	1.770	36,10
Refeitório/Cozinha	600	1.200	50,00
Educação	750	1.250	60,00
Saúde	150	300	50,00
Clube Lazer/Áreas Verdes	500	10.000	5,00
Sistema Viário		3.963	
Total	10.399	34.003	30,58

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

c) Infra-estrutura de Acessos

O **QUADRO 4.2.4-12** relaciona as melhorias e/ou implantação de novos acessos rodoviários para suportar a implantação das obras afetas aos Sítios dos Canais de Derivação (vide **Desenho BEL-V 10-100-0020 (Apêndice 4.56 – Volume 3)** e Diques/Canais de Adução/Bela Vista (vide **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**).

QUADRO 4.2.4-12

Infra-Estrutura de Acessos para Suporte às Obras dos Sítios dos Canais de Derivação e Diques/Canais de Adução/Bela Vista

Descrição dos Acessos	Extensão (km)	Tipo de Serviço
Travessão km 55 da BR-230	15,0	Melhoria da estrada existente
Travessão km 45 da BR-230	8,5	Melhoria da estrada existente
Travessão km 27 da BR-230 até Canais de Derivação	37,5	Melhoria da estrada existente
Travessão km 27 da BR-230 – Ramal do Canteiro Ilha Pimental	7,5	Melhoria da estrada existente
Travessão km 27 da BR-230 – Ramal até rio Xingu	10,0	Melhoria da estrada existente
Travessão km 40 da BR-230 p/ a cidade Vitória do Xingu	35,0	Melhoria da estrada existente
Relocação do Travessão km 55 da BR-230- Ligação Bela Vista	13,0	Construção de nova estrada
Ligação do Travessão km 55 com o Travessão Km 27	18,0	Construção de nova estrada
Ramais do Travessão km 45 aos diques da Margem Esquerda	4,5	Construção de nova estrada
Travessão km 52 contornando os diques da Margem Direita	8,0	Construção de nova estrada
Travessão km 52 – Ramal p/ diques da Margem Direita	4,0	Construção de nova estrada

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

d) Subestação e Sistema de Transmissão Associado

Os Estudos de Viabilidade consideraram que, provisoriamente, as cargas dos canteiros de obras em todos os sítios construtivos do AHE Belo Monte serão alimentadas através de uma derivação (*tape*) na linha Tucuruí-Altamira 230 kV. Este *tape* ficará próximo à linha, conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**. Este seccionamento da linha será configurado através da construção de uma subestação abaixadora 230/34,5/13,8 KV.

A **TABELA 4.2.4-25** apresenta a previsão de cargas de demanda da infra-estrutura prevista para os Sítios dos Canais de Derivação e dos Diques/Canais de Adução/Bela Vista, observando-se que aquelas referentes ao alojamento a ser utilizado para as obras dos Canais de Derivação já foram anteriormente abordadas em conjunto com o Sítio Pimental.

TABELA 4.2.4-25

Previsão de Cargas de Infra-Estrutura de Demanda para os Sítios dos Canais de Derivação e Diques/Canais de Adução/Bela Vista (MW-MVA)

Localidade	Potência (MW)	Demanda (MVA)
Alojamento no Sítio Bela Vista	0,04	0,05
Canteiro de obras no Sítio Bela Vista	0,90	1,06
Canteiro de obras nos Canais de Derivação	6,06	7,13
Total	7,00	8,24

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Também conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**, a partir da subestação que seccionará a linha de transmissão de 230 KV – Tramo Oeste, será construída uma linha de transmissão em 34,5 kV, interligada ao Sítio Bela Vista, ao Sítio dos Canais de Derivação e ao Sítio Pimental. Detalhando-se essa configuração, ter-se-á:

- A partir da subestação de Belo Monte será construída a linha de transmissão até a subestação abaixadora de 34,5/13,8 KV no sítio de Bela Vista;
- A partir da subestação abaixadora de Bela Vista, será construída a linha de transmissão em 13,8 kV até o canteiro de obras e derivando para os alojamentos;
- A partir da subestação de Bela Vista será construída a linha de transmissão em 34,5 kV até a subestação abaixadora em 34,5/13,8 kV do canteiro dos Canais de Derivação;
- A partir da subestação de Canais de Derivação será construída a linha de transmissão em 34,5 kV até a subestação abaixadora em 34,5/13,8 kV do canteiro do Ilha Pimental; e
- A partir da subestação abaixadora de Ilha Pimental, será construída a linha de transmissão em 13,8 kV até o canteiro de obras e derivando para os alojamentos.

4.2.4.7.7 Logística de Abastecimento à Obra e Materiais de Construção

a) Materiais Naturais de Construção

a.1) Sítio dos Canais de Derivação

Os materiais terrosos e pétreos a serem utilizados nos Canais de Derivação serão obtidos das suas escavações obrigatórias.

Os materiais granulares (areia) a serem empregados localizam-se na calha do rio Xingu em duas áreas, situadas nas imediações da entrada dos canais. Ocupam extensas áreas superficiais e não foram investigadas por meio de sondagens mecânicas nos Estudos de Viabilidade, sendo os seus volumes apenas estimados, remetendo-se, para a fase de Projeto Básico, as suas investigações em subsuperfície para a caracterização e cubagem dos materiais ali existentes.

Areias artificiais, obtidas no processo de britagem do migmatito, também poderão ser empregadas no preparo do concreto e como material de filtro e dreno.

Para subsidiar a análise da alternativa de revestimento com solo-cimento que poderia ser utilizado no piso dos canais, foram investigados os materiais terrosos de alteração do migmatito e os sedimentos arenosos da Formação Maecuru. Os resultados obtidos nos ensaios realizados indicaram um bom comportamento dos materiais para emprego em misturas de solo-cimento, sendo que a escolha da alternativa de revestimento depende de outros parâmetros de análise, principalmente aqueles relacionados ao processo executivo (condições de praça, umidades, etc.) e de desempenho hidráulico da superfície (rugosidade e durabilidade).

a.2) Sítios Bela Vista/Diques/Canais de Adução

A pesquisa de materiais naturais de construção para as obras do Sítio Bela Vista foi conduzida levando-se em conta os diferentes materiais existentes no sítio, suas localizações em relação às obras, os volumes disponíveis e alguns estudos efetuados na 1ª Etapa do Projeto de Viabilidade.

Para a pesquisa de areias e cascalhos foi selecionada a jazida estudada na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade (mesma apontada para o Sítio dos Canais de Derivação). As investigações para instalação de pedreiras, baseada em mapeamento geológico de superfície, concentraram-se nas áreas próximas à margem esquerda do rio Xingu. O local escolhido foi denominado pedreira “PDK-I”, conforme mostrado no **Desenho BEL-V-10-100-0026 (Apêndice 4.31 – Volume 3)**. Além disso, outras três áreas foram identificadas.

Os estudos referentes à pesquisa de materiais naturais de construção para os diques foram dirigidos: (i) para a investigação de áreas de empréstimo de solos e as escavações obrigatórias advindas dos estudos da alternativa canais, contemplada na 2ª Etapa de Viabilidade; (ii) para a seleção de locais favoráveis para a implantação de pedreiras; e (iii) para a localização de depósitos de materiais granulares.

Durante as investigações de campo realizadas foi efetuado reconhecimento geológico de campo que permitiu a localização de pontos favoráveis para a implantação de pedreiras, apresentados no **Desenho BEL-V-10-100-0026 (Apêndice 4.31 – Volume 3)**. Esses locais deverão ser investigados através de sondagens geofísicas e rotativas, na fase de Projeto Básico, para a caracterização física e tecnológica das rochas.

No reconhecimento geológico de campo, constatou-se também a inexistência, próximo aos diques, de depósitos de materiais granulares exploráveis, prevendo-se, assim, a utilização dos depósitos pesquisados para as obras do Sítio Belo Monte.

As áreas de empréstimo de solo foram delimitadas nas encostas dos morros próximos aos locais de implantação de diques, tanto a montante quanto a jusante, tendo sido investigadas através de sondagens a trado espaçadas de 200 m a 400 m, distribuídas em malha aproximadamente regular, complementando-se com mapeamento geológico de superfície. As sondagens a trado foram programadas para atingir profundidade máxima de 10 m, sendo paralisadas antes dessa profundidade, em razão da ocorrência de solos impenetráveis ao trado ou presença de lençol freático.

Nessas sondagens foram coletadas, a cada metro perfurado, amostras de 10 kg de material para a realização de ensaios de caracterização e compactação. O material amostrado foi classificado como pertencente a um dos 3 seguintes horizontes geológico-geotécnicos: colúvio, solo residual e solo de alteração. Nas amostras típicas foram executados, no laboratório de solos da ELETRONORTE, em Altamira, ensaios de caracterização, compactação e determinação de umidade natural.

Foram ainda executados no laboratório de solos da ELETRONORTE, ensaios de determinação de umidade natural em todas as amostras coletadas especialmente para esse fim.

– Diques Próximos ao Sítio Belo Monte

Os levantamentos geológicos de campo mostraram que as áreas de empréstimo de solo estudadas para os diques próximos ao Sítio Belo Monte estão situadas em 2 regiões geologicamente distintas.

Conforme pode ser observado no mapa geológico local constante do **Desenho BEL-V-13-190-0063 (Apêndice 4.54 – Volume 3)**, na região compreendida entre os diques DIK-3 e DIK-4, predominam as rochas sedimentares, onde foram investigados colúvios e solos residuais de arenitos inconsolidados da Formação Alter do Chão, de arenitos friáveis da Formação Maecuru e de folhelhos/ritmitos da Formação Trombetas.

Nas áreas que envolvem os diques DIK-6 A, DIK-6B, DIK-6C e DIK-7A, ocorre a presença de rochas sedimentares, conforme descritas acima, somente nas ombreiras e, na maioria das vezes, representadas por uma cobertura superficial sobre o solo de alteração do migmatito.

Na região que se estende dos diques DIK-7B ao DIK-20, ocorrem as rochas do embasamento cristalino onde foram pesquisados colúvios, solos residuais e de alteração de migmatitos, de granitos porfíricos, e em menor escala, de cataclasitos e granitos equigranulares.

O **Desenho BEL-V-10-100-0026 (Apêndice 4.31 – Volume 3)** apresenta a localização das áreas de empréstimo consideradas, nos Estudos de Viabilidade, como fontes de matérias terrosos para a construção dos diques.

Os colúvios representam cerca de 10% do volume total disponível nas áreas de empréstimo situadas na região das rochas migmatíticas e graníticas. Nas sondagens a trado executadas, esse material apresentou espessuras de até 2 m, estando ausente em alguns furos. Nas áreas A/10A e A/19, esse material tem espessura média pouco mais desenvolvida, representando de 20 a 25% do volume total disponível nesses empréstimos. Durante a limpeza superficial, o colúvio existente nas áreas de empréstimos C/8, E/8, A/13 e B/14D será quase que totalmente removido. Nas áreas A/7 e D/8, situadas nas zonas de contato entre o arenito Maecuru e os migmatitos, e na área A/3, investigada sobre o arenito Alter do Chão, o colúvio representa 30% do volume total disponível, com espessura média variando de 1,7 a 2 m. Nas áreas B/3 e C/3, implantadas sobre folhelhos e migmatitos, o colúvio representa de 40 a 50% do volume total disponível nesses empréstimos, com espessura média oscilando de 1,6 a 2 m.

Os solos residuais, que representam entre 35 a 50% do volume total disponível de cada empréstimo, apresentaram espessuras variáveis de 2 a 5 m nas sondagens a trado executadas. A espessura média determinada para esse material oscila entre 2,3 a 3,6 m. Em algumas áreas, esse horizonte é mais significativo, chegando a representar entre 60 a 70% do volume total

disponível nos empréstimos, com espessuras médias de até 4 m.

Os solos de alteração, responsáveis por 30 a 55% do volume total disponível em cada empréstimo, apresentaram maior variação de espessura nas sondagens a trado executadas, em razão da presença do lençol freático e impenetrabilidade ao trado. A espessura média determinada para esse horizonte oscila entre 1,5 a 5 m.

Partindo-se da premissa de que todos os materiais investigados são utilizáveis, destaca-se que os empréstimos estudados para os menores diques (volume de aterro de até $0,9 \times 10^6 \text{ m}^3$) poderão ser otimizados na fase de Projeto Básico de Engenharia, pesquisando-se áreas menores onde ocorram os materiais mais adequados à construção dessas obras. Para os diques maiores (volume de aterro acima de $2,0 \times 10^6 \text{ m}^3$), o estudo de materiais de empréstimo também poderá ser otimizado, selecionando-se áreas ou trechos de áreas onde ocorram solos geotecnicaamente mais adequados e que apresentem condições mais favoráveis para exploração em termos de distância de transporte e possível inundação com o fechamento do dique.

As escavações obrigatórias a serem realizadas nos Canais de Adução também poderão constituir as fontes preferenciais para a obtenção de solo (e também de rocha) para os diques.

Destaca-se que as zonas aluvionares foram excluídas da área explorável dos empréstimos. Ressalta-se, também, que as zonas de ocorrência de blocos, levantadas durante o reconhecimento geológico de campo, foram descontadas na quantificação dos volumes.

– Diques do Sítio Bela Vista

Na região onde serão implantados os diques do Sítio Bela Vista, denominados DIK23 a DIK29, ocorrem as rochas do embasamento cristalino, como pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-13-190-0063 (Apêndice 4.54 – Volume 3)**. Apenas para os diques DIK23 e DIK28, de maior porte, foram realizadas investigações geológico-geotécnicas para pesquisa de material terroso. Para os demais diques, considerando-se a pequena altura desses barramentos, envolvendo reduzidos volumes de solo, as suas áreas de empréstimo de material terroso deverão ser investigadas em etapas posteriores do projeto.

O material terroso (coluvião e solo de alteração de migmatito), produto das escavações obrigatórias para implantação do Vertedouro Complementar e dos Canais de Adução, poderá ser utilizado na construção dos diques previstos para este sítio, conforme mostrado **Desenho BEL-V 10-100-0026 (Apêndice 4.31 – Volume 3)**. No caso do DIK23 sua implantação coincide parcialmente com as áreas de empréstimos A e B. Para o dique DIK28 e, eventualmente, o DIK29, caso haja necessidade de complemento de volume, em relação às escavações obrigatórias, foi investigada uma área de empréstimo, através de três sondagens a trado (ST-652, 653 e 654). Neste local, ocorre superficialmente um coluvião silte argilo-arenoso, com espessura média de 1,5 m. Abaixo, até a profundidade de 5,5 m (limitação adotada para a investigação), ocorre o solo de alteração de migmatito silte areno-argiloso. Foi estimado um volume de $1.600.000 \text{ m}^3$ para esta área de empréstimo. Para as Barragens de Ligação Direita e Esquerda do Vertedouro Complementar, serão utilizados os solos resultantes das suas escavações obrigatórias.

b) Logística de Origem e Destino dos Materiais Naturais de Construção

As **TABELA 4.2.4-26** a **TABELA 4.2.4-29** apresentam os resultados alcançados quanto à utilização otimizada dos materiais naturais de construção nos diferentes sítios componentes do compartimento ambiental dos reservatórios dos canais.

TABELA 4.2.4-26
Logística de Materiais Terrosos para os Diques

Continua

Local Aplicação	Volume (m³)	Área Empréstimo	Volume (m³)	Dist. Transp. (km)
DIK - 1	5.240	Escavação obrigatória CTCS	13.100.000	2,0
DIK - 2	2.180	Escavação obrigatória CTCS	13.100.000	2,0
DIK - 3	22.990	C – 3	506.500	0,5
DIK - 4	14.160	C – 3	506.500	0,5
DIK - 6A	1.055.720	Escavação obrigatória CATA	2.420.000	0,7
DIK - 6B	25.950	Escavação obrigatória CATA	2.420.000	1,0
DIK - 6C	4.752.160	E	13.665.000	1,0
DIK - 7A	2.472.520	E	13.665.000	1,0
DIK - 7B	1.779.020	Escavação obrigatória CTCS	13.100.000	1,5
DIK - 7C	13.700	Escavação obrigatória CTCS	13.100.000	1,5
DIK - 7D	5.200	C – 8	2.727.900	0,5
DIK - 10A	221.620	A – 10A	502.900	0,5
DIK - 11	58.250	A – 13	2.801.100	0,5
DIK - 12	2.060	A – 13	2.801.100	0,5
DIK - 13	6.775.070	A – 13	2.801.100	1,0
		Escavação obrigatória CTCS	5.430.900	0,5
DIK - 14A	431.610	A -14 ^a	2.128.500	0,5
DIK - 14B	15.610	A -14C	2.384.800	0,5
		A -14C	2.384.800	0,5
DIK - 14C	2.285.610	B – 14C	157.000	0,5
		A -14D	1.867.000	1,0
DIK - 14D	528.800	A -14D	1.867.000	0,5
DIK - 14E	747.440	Escavação obrigatória CTCS	2.104.000	1,0
DIK - 18	30.600	A – 18	601.000	0,5
		A – 18	601.000	0,5
DIK - 19	3.471.620	A – 19	2.294.900	0,8
		B – 19	2.555.500	0,5
DIK - 20	41.210	A – 20	285.000	0,5

TABELA 4.2.4-26
Logística de Materiais Terrosos para os Diques

				Conclusão
Local Aplicação	Volume (m³)	Área Empréstimo	Volume (m³)	Dist. Transp. (km)
DIK - 23	880.030	Escavação obrigatória VTC	3.260.000	0,5
DIK - 24	165.930	Escavação obrigatória VTC	3.260.000	0,7
DIK - 24A	31.690	Escavação obrigatória VTC	3.260.000	0,5
DIK - 25	1.310	Escavação obrigatória VTC	3.260.000	1,0
DIK - 26	27.760	Escavação obrigatória VTC	3.260.000	2,0
DIK - 27	17.050	Escavação obrigatória CTPC - 3	1.100.000	1,0
DIK - 28	1.177.900	Escavação obrigatória CTPC - 3	1.100.000	2,0
		Escavação obrigatória CTPC - 2	850.000	2,5
		A - 28 (volume estimado)	3.000.000	0,5
DIK - 29	1.105.790	A - 28 (volume estimado)	3.000.000	0,8

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-27
Logística de Materiais Terrosos para as Barragens

Local Aplicação	Volume (m³)	Área Empréstimo	Volume (m³)	Dist. Transp. (km)
BLD - VTC	76.200	Escavação obrigatória VTC	3.260.000	1,0
BLE - VTC	67.500	Escavação obrigatória CTC	3.260.000	1,0

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-28
Logística de Materiais Pétreos para os Diques

				Continua
Local Aplicação	Volume (m³)	Área Empréstimo	Volume (m³)	Dist. Transp. (km)
DIK - 1	1.090	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	2,5
DIK - 2	260	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	2,5
DIK - 3	3.610	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	3,0
DIK - 4	2.290	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	3,0
DIK - 6A	17.350	Escavação obrigatória tomada d'água	1.009.000	1,2
DIK - 6B	3.960	Escavação obrigatória tomada d'água	1.009.000	1,5

TABELA 4.2.4-28
Logística de Materiais Pétreos para os Diques

Continuação

Local Aplicação	Volume (m³)	Área Empréstimo	Volume (m³)	Dist. Transp. (km)
DIK - 6C	26.530	Escavação obrigatória tomada d'água	1.009.000	2,0
DIK - 7A	23.170	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	4,0
DIK - 7B	23.980	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	3,5
DIK - 7C	2.800	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	1,5
DIK - 7D	7.260	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	3,5
DIK - 10A	8.640	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	8,0
DIK - 11	190	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	8,5
DIK - 12	41.140	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	9,0
DIK - 13	15.840	Escavação obrigatória CTCS - 2	542.900	9,5
DIK - 14A	3.260	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	9,5
DIK - 14B	17.160	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	10,0
DIK - 14C	11.000	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	10,0
DIK - 14D	11.000	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	9,0
DIK - 14E	21.300	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	8,0
DIK - 18	3.520	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	8,0
DIK - 19	29.920	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	7,5
DIK - 20	3.520	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	7,5
DIK - 23	16.500	Escavação obrigatória VTC	174.710	0,8
DIK - 24	4.400	Escavação obrigatória VTC	174.710	0,7
DIK - 25	630	Escavação obrigatória VTC	174.710	1,0
DIK - 26	6.120	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	5,5
DIK - 27	3.600	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	4,0
DIK - 28	23.100	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	4,0
DIK - 29	13.200	Escavação obrigatória CTPT -1	400.000	5,0

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-29
Logística de Materiais Pétreos para as Barragens

Local aplicação	Volume (m ³)	Área empréstimo	Volume (m ³)	Dist. Transp. (km)
BLD - VTC	50.800	Pedreira I	250.000	1,0
BLE - VTC	45.000	Pedreira I	250.000	1,0

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

b.1) Execução de Bota-Fora

Os grandes volumes de escavação em solo e em rocha a serem realizados notadamente para os Canais de Derivação Esquerdo, Direito e Trecho da Junção exigirão cuidados especiais na sua disposição nos bota-fora, tendo em vista que constituirão novos elementos importantes na paisagem local. Os volumes de disposição estimados são da ordem de $430 \times 10^6 \text{ m}^3$, superiores aos volumes de escavação local - $148 \times 10^6 \text{ m}^3$ - (Canais de Derivação).

A localização dos bota-fora foi prevista, nos Estudos de Viabilidade, de forma a minimizar as distâncias de transporte e áreas de desapropriação, que refletem no custo direto da obra, assegurando, entretanto, uma obra ambientalmente adequada. O **Desenho BEL-V-30-100-0018 (Apêndice 4.57 – Volume 3)** apresenta as áreas com potencialidade para a constituição de bota-fora, em acordo com os Estudos de Viabilidade, bem como as origens e destinos dos materiais a serem neles dispostos.

Os critérios gerais adotados nos Estudos de Viabilidade para a constituição dos bota-fora, e que deverão ser considerados e detalhados na etapa de projeto básico, correspondem a:

- Minimizar as distâncias de transporte;
- Reduzir as áreas de desmatamento àquelas estritamente necessárias à execução dos bota-fora;
- Reservar os volumes dos solos superficiais (“camada vegetal”) escavados em obras diversas para reutilização nas camadas superficiais dos bota-fora, em acordo com reabilitação vegetal prevista para os mesmos (vide **Desenho BEL-V-30-100-0091 (Apêndice 4.58 – Volume 3)**);
- Evitar o lançamento de aterros em drenagens atuais que impeçam a saída da água, resultando reservatórios isolados e sem renovação;
- Dar preferência para a criação de bota-fora na área localizada entre os dois Canais de Derivação, pela sua condição resultante de isolamento;
- Priorizar a preservação de áreas com vegetação nativa; e
- Criação de relevo integrado à região, com cobertura vegetal e rede de drenagem apropriadas.

Sob o aspecto de engenharia, a disposição dos materiais e os acabamentos superficiais (vide **Desenho BEL-V-30-100-0091 (Apêndice 4.58 – Volume 3)** deverão garantir:

- Taludes estáveis, obtidos pela conjugação adequada de sua inclinação com as características de resistência ao cisalhamento dos materiais constituintes do bota-fora e da fundação, e com o novo regime hidrogeológico que será estabelecido no local. Para tanto, é previsto o lançamento de materiais em ponta de aterro limitados à altura máxima de 10,0 m, com conformação posterior de taludes externos com inclinação de 1(V):2,5 (H), utilizando-se tratores de esteira e retro-escavadeiras, e a implantação de bermas de forma a permitir a implantação de dispositivos de drenagem superficial e acesso. Observa-se que estes parâmetros vêm ao encontro do previsto na Norma da ABNT específica (NBR 10.026) para a disposição de materiais estéreis em bota-fora;
- Superfície do terreno estável, onde os recalques superficiais apresentem tendências estabilizantes, em decorrência de camadas espalhadas em espessuras apropriadas;
- Núcleos dos bota-fora estáveis, obtidos pelo emprego de critérios de transicionamento granulométrico nas superposições de camadas de granulometria diferenciada, evitando-se processos de erosão interna;
- Criação de elementos na superfície (bacias de acumulação, canais de retenção e condução do escoamento superficial - “curvas de nível” – calhas protegidas com enrocamento nos pontos de acumulação nos novos talvegues, recorrendo-se a degraus nos locais com maiores declividades, etc.) que permitam a retenção, coleta e condução apropriada da água de escoamento superficial até as drenagens naturais ou o próprio canal de adução;
- Cobertura vegetal que propicie estabilização superficial ao terreno e maior retenção da água pluvial.

Os prováveis volumes a serem escavados e que serão dispostos em bota-fora quando não forem reaproveitados como material de construção são discriminados pelos diferentes sítios componentes do compartimento ambiental “reservatório dos canais”, conforme as **TABELA 4.2.4-30** e **TABELA 4.2.4-31**, a seguir. Estes resumem as estimativas preliminares dos volumes de material escavado comum e em rocha.

TABELA 4.2.4-30

Volumes de Escavação Comum no Sítio Bela Vista/Diques/Canais de Adução e no Sítio Canais de Derivação a serem Dispostos nos Bota-fora

Descrição do Sítio	Unidade	Quantidade total
Sítio Bela Vista	m ³	17.442.790
Sítio Canais de Derivação	m ³	104.550.000
Volume total de escavação comum	m ³	121.992.790

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-31

Volumes de Escavação em Rocha no Sítio Bela Vista/Diques/Canais de Adução e no Sítio Canais de Derivação a serem Dispostos nos Bota-fora

Descrição do Sítio	Unidade	Quantidade total
Sítio Bela Vista	m ³	574.710
Sítio Canais de Derivação	m ³	43.640.000
Volume total de material pétreo	m ³	44.214.710

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

4.2.4.8 Compartimento Ambiental “Trecho de Vazão Reduzida - TVR”

4.2.4.8.1 Características Físicas e Hidrológicas do Trecho

O trecho do rio Xingu compreendido entre a Casa de Força Complementar, no Sítio Pimental, e o ponto de restituição de vazões turbinadas na Casa de Força Principal, no Sítio Belo Monte, conforma um compartimento ambiental com características especiais e que sofrerá redução de vazão quando da entrada em operação do AHE Belo Monte.

A área de drenagem desse trecho é de 31.717 km² em uma extensão de 100 km, com um desnível de 84,0 m. Os principais afluentes ao rio Xingu neste trecho são os rios Itatá, Bacajá e Bacajá, pela margem direita. O rio Bacajá é o mais importante deles, com área de drenagem de 23.070 km². Sua confluência com o rio Xingu situa-se 46,6 km a jusante do local do eixo do barramento, no Sítio Pimental.

Todos esses tributários apresentam uma contribuição muito pouco significativa no trecho durante o período de estiagem. Tal fator é atribuído à formação geológica da bacia, constituída por terrenos cristalinos e, portanto, sem capacidade de armazenamento e de manutenção de descargas de base. O restante da contribuição entre o local do barramento e o da Casa de Força Principal, pela margem esquerda, se deve a pequenos córregos (igarapés) situados na Volta Grande. Esta é quase inexpressiva em questão de vazão e em drenagem superficial direta.

O perfil do rio Xingu no estirão de jusante desenvolve-se de duas formas distintas. O primeiro trecho apresenta uma declividade média de 0,248 m/km, considerado desde o local da Barragem Principal até 16 km a jusante da foz do rio Bacajá. O segundo trecho, considerado após este ponto, possui uma declividade média de 1,276 m/km. É importante assinalar tal distinção, pois as características fisiográficas desses locais impõem distribuição de velocidades muito diferenciadas nos diversos canais existentes e, conseqüentemente, modificam as condições hidrodinâmicas e os usos da água nesses dois trechos.

No primeiro trecho, a variação das velocidades é muito mais suave, propiciando a pesca, navegação, abastecimento de comunidades, atividades de lazer etc. No segundo trecho, as declividades bastante pronunciadas – cachoeiras, rápidos e corredeiras – o tornam proibitivo para a convivência, navegação, lazer ou outros usos. A **FIGURA 4.2.4-14** apresenta as características mencionadas acima.

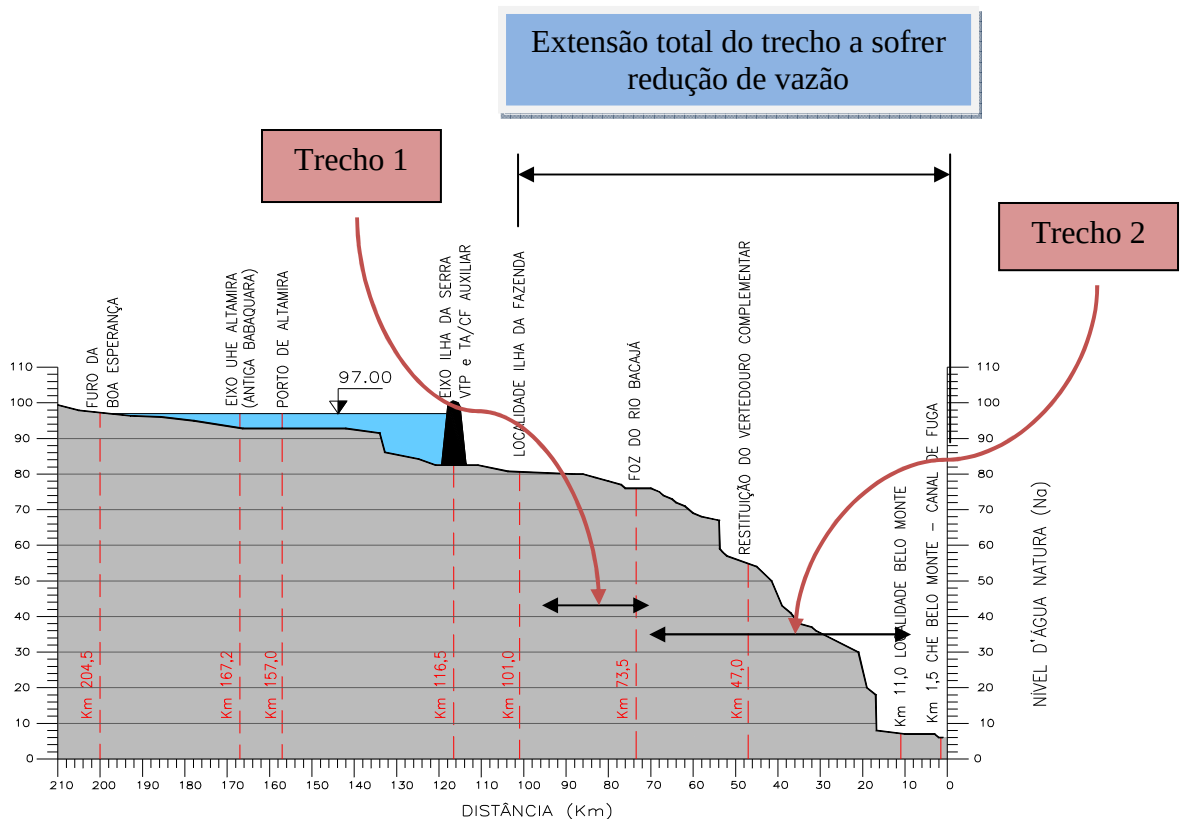


FIGURA 4.2.4-14 - Perfil do rio Xingu na Área a ser Diretamente Afetada pelo AHE Belo Monte

No trecho compreendido entre o local do Eixo Ilha da Serra e a foz do rio Bacajá, com uma extensão de aproximadamente 44 km, foram levantadas 18 seções topobatimétricas, sendo 13 no período 2000 a 2001 no âmbito dos Estudos de Viabilidade- (ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002) e 5 seções em março de 2008.

A **FIGURA 4.2.4-15** apresenta a localização das seções topobatimétricas realizadas para caracterizar o compartimento ambiental “Trecho a Sofrer Redução de Vazão”, observando-se que aquelas indicadas como “seções nova” correspondem aos resultados dos levantamentos topobatimétricos realizados em 2007/2008 para subsidiar o presente EIA.

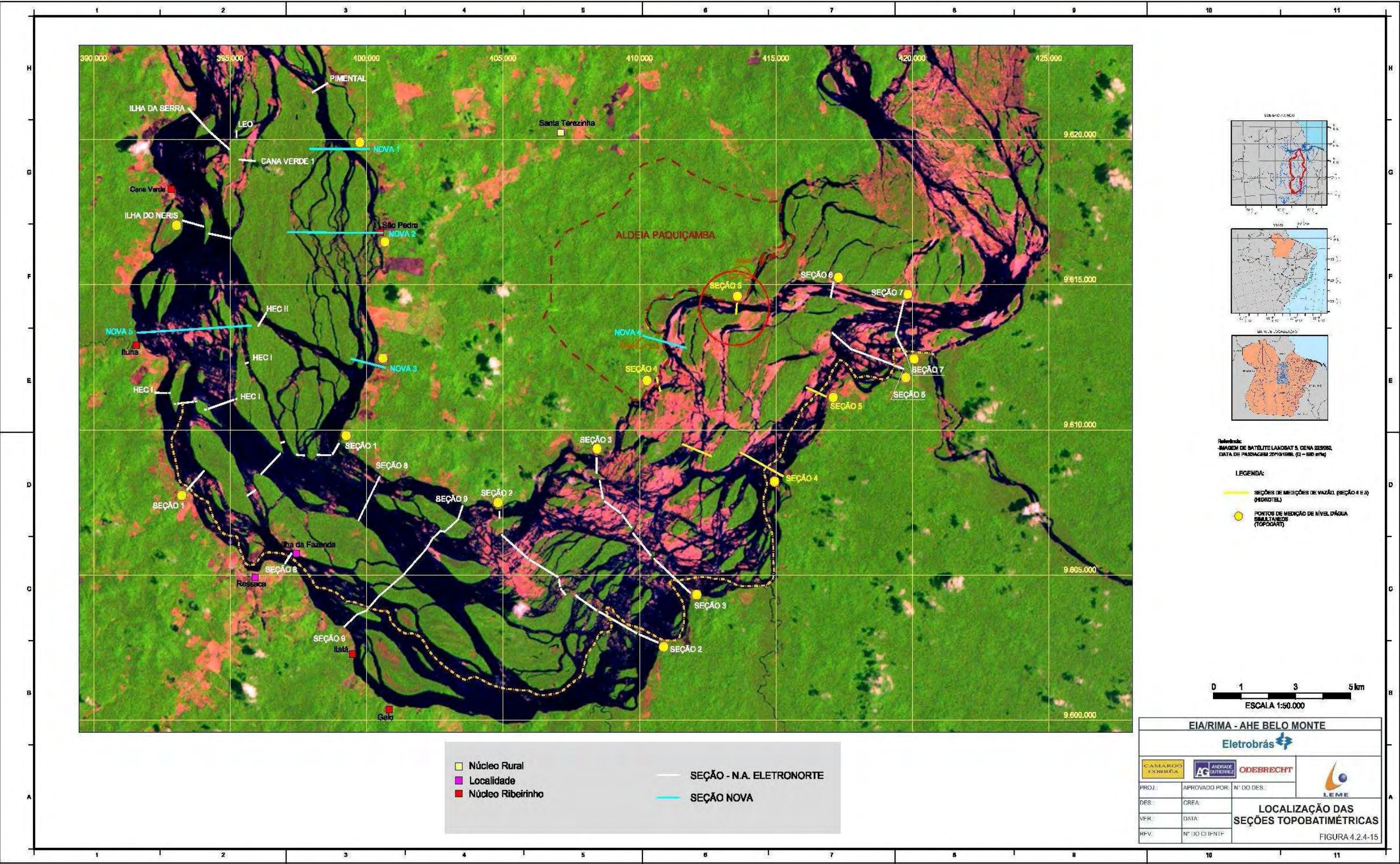


FIGURA 4.2.4-15 - Localização das Seções Topobatimétricas

De acordo com esses levantamentos, e em conjunto com o perfil longitudinal batimétrico também levantado nessas ocasiões, foi possível caracterizar um canal preferencial de escoamento (vide **FIGURA 4.2.4-6** e item 4.2.4.2 – a2).

Observa-se, na **FIGURA 4.2.4-6**, que o rio Xingu, entre o local do Sítio Pimental até um pouco a jusante da foz do rio Bacajá, apresenta um canal preferencial pela margem direita, passando então para a margem esquerda e depois se perdendo entre os pedrais, onde a declividade é mais acentuada.

Durante o período de estiagem de 2001, foram realizadas medições de descarga líquida no canal do rio que passa nas imediações da Aldeia Paquiçamba. Esse levantamento teve o intuito de fundamentar prospecções futuras a respeito da circulação das águas no estirão de jusante na etapa de operação da usina. Outras medições foram realizadas em 2007 e 2008.

As seções levantadas apresentam características variáveis com as vazões afluentes. As **TABELA 4.2.4-32** e **TABELA 4.2.4-33** apresentam as características obtidas em cada uma das seções para as vazões de 700 m³/s.

TABELA 4.2.4-32
Seções para as vazões de 700 m³/s - Margem Direita

MARGEM DIREITA																
Seção (Vide nota)	Q (m ³ /s)	Cota do fundo mínima (m)	Cota do fundo máxima (m)	Cota na Margem (m)		Profundidade Máxima (m)		Profundidade Mínima (m)		Profundidade Média (m)			Largura da Seção (m)	Velocidade (m/s)	Declividade	
				Direita	Esquerda	Profundidade	Distancia da margem direita	Profundidad e	Distância da margem direita	Direita	Meio	Esquerda			Direita	Esquerda
CANA																
VERDE I	637	61,8	81,8	82,1	82,1	20,3	460	0,3	520	10,6	8,7	-	2.660	0,07	0,00	0
I. DO																
NERIS	637	67,8	81,8	82,0	82,0	14,2	1.450	0,2	445	5,9	4,4	6,0	1.860	0,07	0,22	0,00
NOVA 5 +																
HEC II	637	73,5	81,0	81,3	81,3	7,8	4.700	0,3	790	5,6	2,7	4,6	4.685	0,3	0,25	0,22
HECS	637	73,5	80,6	80,7	80,7	7,2	5.950	0,1	1900	3,5	1,2	3,6	5.920	0,12	0,03	0,25
SEÇÃO 1	700	75,0	80,0	80,6	80,6	5,6	180	0,6	700	3,2	2,6	3,9	5.940	0,17	0,01	0,03
SEÇÃO 8	700	63,9	78,5	80,6	80,6	16,7	240	2,1	500	9,8	-	11,0	4.470	0,11	0,00	0,01
SEÇÃO 9	700	70,9	81,5	81,6	81,6	10,7	150	0,1	400	4,5	3,3	4,6	6.450	0,08	0,22	0,00
SEÇÃO 2	700	71,0	79,0	79,2	79,2	8,2	390	0,2	1350	3,2	1,4	3,6	8.350	0,14	0,25	0,22
SEÇÃO 3	700	73,0	78,3	78,4	78,4	5,3	815	0,1	2000	3,0	4,8	0,8	5.650	0,11	0,53	0,25
04 MD	665	69,8	75,3	75,4	75,4	5,6	548	0,1	510	2,9	1,2	0,8	1.710	0,43	0,49	0,53
05MD	665	46,0	73,8	73,8	73,8	27,8	545	0,1	790	4,6	22,6	4,2	745	0,12	0,45	0,49
06MD	665	66,2	72,0	72,8	72,8	6,6	550	0,8	2150	2,9	0,9	3,2	2.630	0,35	0,48	0,45
7	700	62,0	71,6	71,7	71,7	9,7	320	0,1	540	5,0	4,3	1,6	2.010	0,15	0,00	0,48

Nota: Para localização das seções, vide figura 4.2.4-15

TABELA 4.2.4-33
Seções para as vazões de 700 m³/s – Margem Esquerda

MARGEM ESQUERDA																
Seção (Vide nota)	Q (m ³ /s)	Cota do fundo mínima (m)	Cota do fundo máxima (m)	Cota na Margem (m)		Profundidade Máxima (m)		Profundidade Mínima (m)		Profundidade Média (m)			Largura da Seção (m)	Velocidade (m/s)	Declividade	
				Direita	Esquerda	Profundidade	Distância da margem direita	Profundidade	Distância da margem direita	Direita	Meio	Esquerda			Direita	Esquerda
PIMENTAL	62,7	81,2	82,8	82,9	82,9	1,67	250	0,1	210	0,7	0,7	0,57	403	0,2	0,03	0
NOVA 1	62,7	80,5	82,7	82,8	82,8	2,3	1.020	0,1	1.100	1,1	0,7	1,48	1.070	0,11	0,01	0,03
NOVA 2	62,7	78,7	82,7	82,8	82,8	4,07	3.390	0,1	640	1,4	0,7	1,8	3.370	0,1	0,22	0,01
NOVA 3	62,7	79,2	81,7	81,8	81,8	2,57	110	0,1	300	1,2	0,1	0,67	755	0,53	0,22	0,22
SEÇÃO 1	700	74	80,4	80,6	80,6	6,6	5.840	0,2	5.600	3,2	2,6	3,9	5.940	0,17	0,01	0,22
SEÇÃO 8	700	71,2	80,0	80,6	80,6	9,36	3.620	0,6	3.120	9,8	-	11,0	4.470	0,11	0,00	0,01
SEÇÃO 9	700	75,5	80,0	80,6	80,6	5,06	6.150	0,6	4.650	4,5	3,3	4,6	6.450	0,08	0,22	0,00
SEÇÃO 2	700	73,8	79,1	79,2	79,2	5,39	6.700	0,1	5.600	3,2	1,4	3,6	8.350	0,14	0,25	0,22
SEÇÃO 3	700	71,8	78,2	78,4	78,4	6,55	5.620	0,2	5.200	3,0	4,8	0,8	5.650	0,11	1,07	0,25
04 ME	35	72,9	73,2	-	74,2	1,28	3.700	1,0	3.770	-	-	1,0	2.960	0,24	0,67	1,07
NOVA 4	35	70,6	72,0	72,1	72,1	1,49	890	0,1	170	0,2	-	0,6	880	0,17	0,10	0,67
05 ME	35	69,5	71,7	71,8	71,8	2,29	198	0,1	40	0,6	1,6	1,2	400	0,08	0,00	0,10
06 ME	35	67	71,0	71,8	71,8	4,79	190	0,8	540	3,7	2,6	1,39	535	0,03	0,00	0,00
7	700	62,0	71,6	71,7	71,7	9,7	320	0,1	540	5,0	4,3	1,6	2.010	0,15	0,00	0,00

Nota: Para localização das seções, vide figura 4.2.4-15

Conforme esperado, os estudos mostram que, no período de estiagem acentuada, a vazão que escoar no canal do rio que passa em frente à aldeia Paquiçamba, ou seja, no leito esquerdo do trecho do estirão de jusante, representa somente 5% da vazão do rio Xingu com velocidades muito baixas, variando entre 0,20 m/s e 0,003 m/s.

Diante dessas condições de escoamento observadas naturalmente, infere-se que, com a entrada em operação do AHE Belo Monte e com a conseqüente diminuição das vazões naturais naquele trecho, o intervalo de variação das velocidades no estirão de jusante deverá diminuir, limitando-se as possibilidades de renovação das águas no referido trecho. Com isso, serão criadas condições favoráveis para a formação de poças e/ou de trechos com águas estagnadas, principalmente na margem esquerda. Ainda que esteja prevista a manutenção de uma descarga remanescente no estirão de jusante, esta deverá circular no canal preferencial de escoamento, situado no leito direito do rio Xingu. Para o segundo trecho do estirão, as condições de escoamento deverão ser favorecidas devido ao aumento da declividade e à contribuição, ainda que modesta, da afluição rio Bacajá.

Para atender às necessidades ambientais, o Estudo de Viabilidade considerou que parte da vazão natural afluyente ao AHE Belo Monte seria desviada para o trecho da Volta Grande, compreendido entre o barramento principal, no Sítio Pimental, e o Canal de Fuga da Casa de Força Principal.

4.2.4.8.2 Estudos da Vazão Remanescente Realizados na Etapa de Viabilidade de Engenharia

A primeira série estudada para a vazão de jusante foi fundamentada na norma DNAEE nº 02, integrante do conjunto das “Normas para Apresentação de Estudos e de Projetos de Exploração de Recursos Hídricos para Geração de Energia Elétrica”, aprovada pela portaria nº 125 de 17 de agosto de 1984, que estabelece, em seu item 3.7, que:

“...na concepção do Projeto Básico deverá ser considerado que a vazão remanescente no curso d’água, a jusante do barramento, não poderá ser inferior à 80% (...) da vazão mínima média mensal, caracterizada com base na série histórica de vazões naturais com extensão de pelo menos 10 (...) anos”.

Esta norma previa, então, a adoção de um valor constante a ser mantido na calha do rio, em torno de 80% da menor vazão dentre as mínimas médias mensais da série histórica local. Cumpre lembrar que a portaria citada foi revogada pela Resolução da ANEEL nº 394 de 04/12/1998 e que, atualmente, a vazão remanescente é definida no processo de licenciamento considerando as orientações da Agência Nacional das Águas (ANA).

No caso do AHE Belo Monte, a vazão mínima média mensal observada em outubro de 1968 no posto base de Altamira, considerando o período de 1931 a 2000, e portanto 70 anos de dados, foi 444 m³/s. Com base nesse valor, aplicando a metodologia supracitada, chega-se ao valor de 350 m³/s.

Essa afluição seria constante nos meses de julho a dezembro. No restante do ano, a vazão sugerida por esta alternativa resultou do excedente entre as médias mensais do histórico e as vazões turbinadas pela Casa de Força Principal, o que conduziu a valores nunca inferiores aos 350 m³/s, como pode ser observado na linha de mínimos na **TABELA 4.2.4-34** de valores propostos considerando-se esta hipótese.

Num segundo momento, considerou-se, nos Estudos de Viabilidade, que a vazão mínima a ser liberada para o estirão de jusante poderia ser substituída, com vantagens, pela proposta de um hidrograma que simularia as variações naturais das vazões, conforme a sazonalidade do regime fluvial do rio Xingu, baseado na constatação de que a manutenção da sazonalidade do regime fluvial é muito relevante para a manutenção de certos ecossistemas da região e, sem dúvida, representa um papel importante no que diz respeito às condições de geomorfologia fluvial, além de contemplar aspectos sociais e econômicos regionais.

Dessa forma, o hidrograma de vazões proposto nesta segunda alternativa inclui, dentro de seu mecanismo modelador, não apenas a preocupação com o módulo da vazão que será provida para o estirão de jusante, mas também a reprodução do ciclo de oscilação das águas que se verifica ao longo do ano hidrológico.

A sugestão de manutenção de um ciclo sazonal das vazões na calha do rio (denominada de “alternativa do hidrograma mínimo”) passou então a considerar a simulação dos valores de vazões que melhor representassem a sazonalidade do regime fluvial da região, sem contudo prejudicar significativamente o desempenho da usina quanto à sua capacidade de geração (energia firme) e também sua reflexão nos custos finais da produção hidroenergética.

O hidrograma mínimo foi investigado simulando-se algumas alternativas de vazão relacionadas com a vazão média de longo termo registrada no histórico do posto de Altamira. Assim, foram simuladas vazões mensais que guardassem, em seu bojo, relações com o volume anual associado à vazão de longo termo regional, distribuindo-o ao longo do ano.

O hidrograma de vazões mínimas resultante dessas simulações é apresentado na **TABELA 4.2.4-34** já mencionada anteriormente. A **TABELA 4.2.4-35** apresenta a série selecionada do hidrograma mínimo em conjunto com os coeficientes que correlacionam as variações mês a mês, obtidos com base na série de vazões médias mensais em Altamira no período estudado. Cumpre lembrar que a série de vazões naturais utilizada nestas simulações foi a mesma adotada nos dimensionamentos energéticos da usina.

TABELA 4.2.4-34
Série de Vazões Simuladas no Estirão de Jusante

Critério	Vazão (m³/s)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Máx.	Mín.
Norma DNAEE	Média	590	2.446	6.793	8.617	5.113	390	350	350	350	350	350	350	2.171	10.084	350
	Máxima	6.198	13.334	18.683	17.806	15.902	1769	350	350	350	350	350	350	4.785	18.683	350
	Mínima	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	504	2.202	350
Hidrograma Mínimo	Média	740	3.093	7.872	10.192	6.020	590	300	250	225	200	250	325	2.505	11.463	200
	Máxima	6.348	13.984	19.833	19.456	16.852	1969	300	250	225	200	250	325	5.135	19.833	200
	Mínima	500	1.000	1.500	2.000	1.300	550	300	250	225	200	250	325	854	3.352	200

Nota: Valores em m³/s.

Fonte: Estudos de Viabilidade – CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-35
Série de Vazões Médias Mensais Simuladas no Estirão de Jusante

Série	Vazão (m³/s)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Vazões Observadas Período 1931 a 2000	Médias	7.790	12.876	18.123	19.942	15.959	7.216	2.903	1.559	1.068	1.121	1.891	3.766
	Máximas	17.902	24.831	30.129	29.258	27.370	13.396	4.710	2.353	1.557	2.140	4.036	9.752
	Mínimas	2.516	5.653	9.561	9.817	6.587	2.872	1.417	908	477	444	605	1.167
	K médias	7,3	12,1	17,0	18,7	14,9	6,8	2,7	1,5	1,0	1,0	1,8	3,5
	K máximas	11,5	15,9	19,4	18,8	17,6	8,6	3,0	1,5	1,0	1,4	2,6	6,3
	K mínimas	5,7	12,7	21,5	22,1	14,8	6,5	3,2	2,0	1,1	1,0	1,4	2,6
Hidrograma Mínimo	Vazão	500	1.000	1.500	2.000	1300	550	300	250	225	200	250	325
	K	2,50	5,00	7,50	10,00	6,50	2,75	1,50	1,25	1,13	1,00	1,25	1,63

Nota: “k” indica quantas vezes um determinado valor de vazão contém o valor mínimo anual. Vazões em m³/s.

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Verifica-se na **TABELA 4.2.4-35** que nos meses de setembro e outubro, quando se inicia o ano hidrológico, há pouca variabilidade entre um mês e outro. Isto se deve ao fato de que em certos anos o período de chuvas na região da bacia do rio Xingu pode ser antecipado e em outros anos retardado, dentro de uma faixa temporal que corresponde ou compreende o período destes 2 meses. Então, admitiu-se, nos Estudos de Viabilidade, que os coeficientes destes meses são os mais próximos possível dos ocorridos na série natural.

A partir de outubro inicia-se o período de cheias e os níveis do rio sobem até o mês de abril, onde se registram as maiores cheias na região. Há um crescimento acentuado das cheias que transitam do mês de fevereiro para março e uma recessão também acentuada quando segue de abril para maio, mês que caracteriza a transição para o período de águas baixas. Assim, considerou-se que um modelo adequado do regime fluvial na região deverá representar da melhor forma possível essas variações.

Em síntese, sob o ponto de vista hidrológico, a série selecionada e denominada, nos estudos de engenharia então realizados, “Hidrograma Mínimo” procura reproduzir o ciclo de variações naturais de vazões.

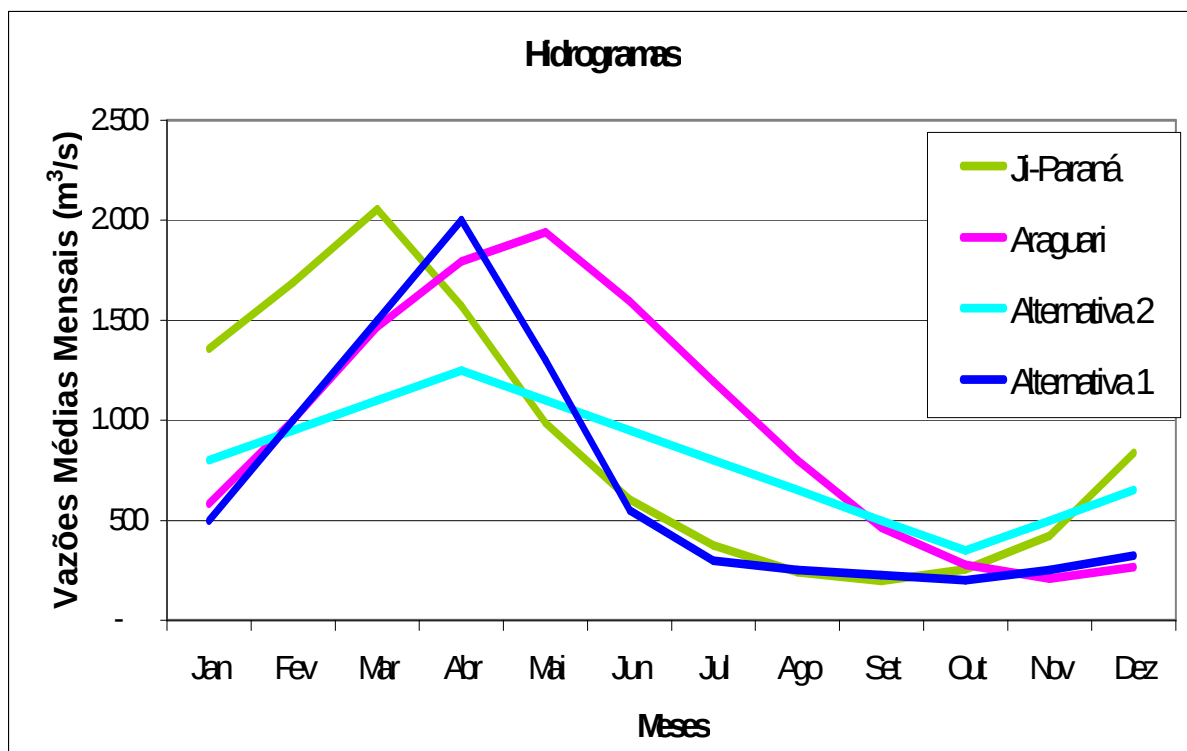
O **GRÁFICO 4.2.4-13** apresenta graficamente algumas das alternativas das vazões mínimas então estudadas, através das quais concluiu-se, nos Estudos de Viabilidade, que o hidrograma resultante da alternativa de hidrograma mínimo selecionada (Alternativa 1), apresentava correspondência ao ciclo sazonal hidrológico natural observado no rio Xingu. Os valores numéricos das séries estudadas podem ser observados na **TABELA 4.2.4-36** adiante, ressaltando-se que, no mesmo, são apresentados hidrogramas naturais de outros rios da região Norte do Brasil, a partir dos quais concluiu-se, nos Estudos de Viabilidade, pela boa aderência da alternativa selecionada (Hidrograma Mínimo – Alternativa 1) ao padrão de comportamento hidrológico sazonal dentre os rios da região Norte.

TABELA 4.2.4-36
Comparativo de Vazões de Hidrogramas Estudados

Série	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Alternativa 1	500	1.000	1.500	2.000	1.300	550	300	250	225	200	250	325
Alternativa 2	800	950	1.100	1.250	1.100	950	800	650	500	350	500	650
Ji Paraná	1.358	1.687	2.054	1.574	988	604	375	241	197	254	421	837
Araguari	584	1.002	1.467	1.793	1.939	1.595	1.195	801	463	275	208	264

Nota: Valores em m³/s.

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

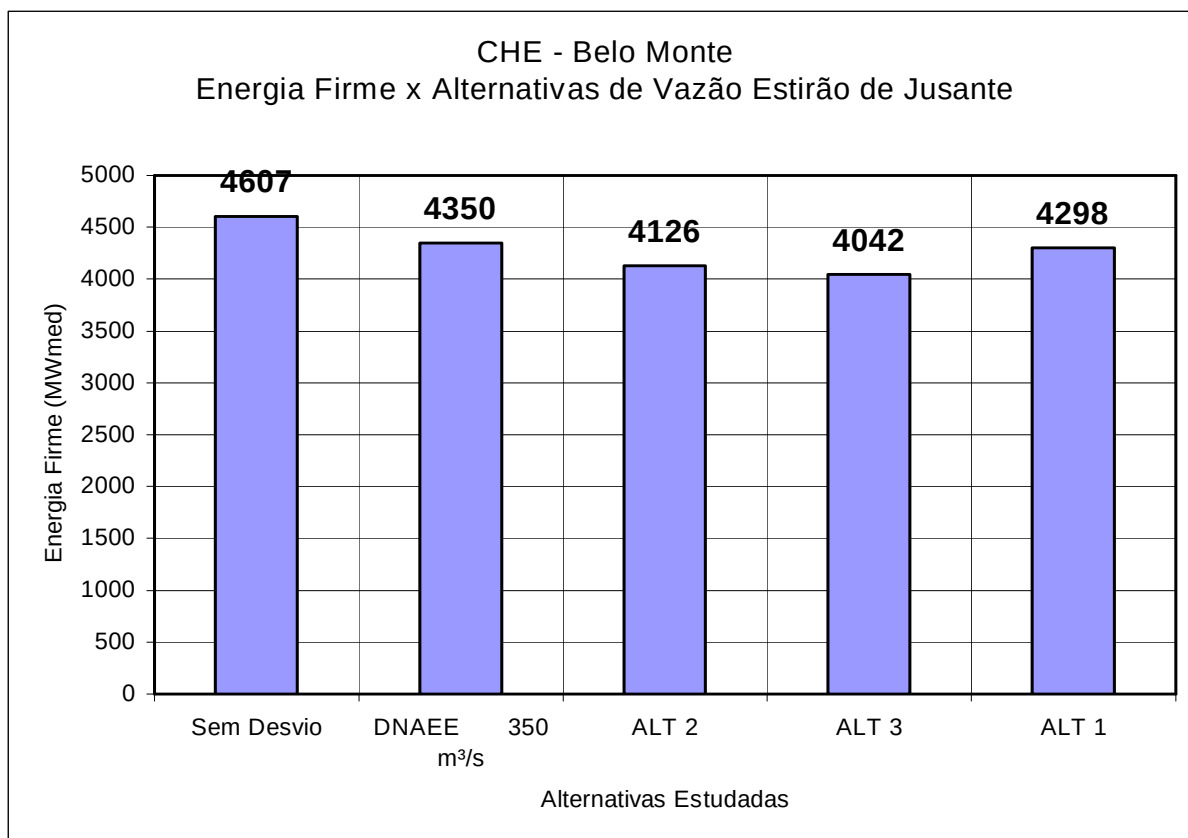
GRÁFICO 4.2.4-13 - Comparativo de Hidrogramas em Rios da Região Norte e o Hidrograma Mínimo Proposto para a Volta Grande do Xingu nos Estudos de Viabilidade

Após as simulações realizadas para a definição dos valores mensais da vazão remanescente no estirão de jusante na Volta Grande, verificou-se, nos Estudos de Viabilidade, quais seriam as possíveis implicações na geração hidroenergética do AHE Belo Monte causadas pela adoção desses hidrogramas em termos de desempenho energético. Assim, foram então avaliadas as perdas energéticas (energia firme) decorrentes da aplicação de cada série estudada (Alternativa 1, Alternativa 2 e vazão norma DNAEE) e suas reflexões nos respectivos custos de geração.

O **GRÁFICO 4.2.4-14** apresenta, para as alternativas de vazões remanescentes estudadas, o valor médio da energia firme produzida pela usina utilizando-se o histórico de vazões médias mensais (1931 – 2000) e considerando a usina interligada ao sistema elétrico brasileiro. As simulações realizadas sobre as perdas energéticas relativas ao vertimento de três opções estudadas de hidrograma mínimo foram confrontadas com a geração média de energia considerando-se o desvio total de vazões para a Casa de Força Principal. Além disso, foi também analisado o descarte de uma vazão constante baseada na norma DNAEE.

Do exame dos dados apresentados, depreende-se que a diferença entre a energia média gerada considerando-se o descarte de vazões representadas pelo Hidrograma Mínimo selecionado (Alternativa 1) e aquela baseada na Norma DNAEE é de 52 MW médios, o que corresponde à geração de uma usina de porte médio. Ainda que, sob o aspecto de geração hidroenergética, a série baseada na norma do DNAEE fosse a mais atraente, optou-se então pela seleção da Alternativa 1 (baseada na série hidrológica mínima já apresentada anteriormente) para a manutenção de um escoamento mínimo no estirão de jusante. Há que se observar, no entanto,

que o presente EIA reavaliou o hidrograma de vazões mínimas a ser liberado para o Trecho de Vazão Reduzida à luz dos fatores identificados no EIA como determinantes da qualidade ambiental no referido trecho e da avaliação dos impactos que seriam aí gerados se mantido o hidrograma proposto nos Estudos de Viabilidade. O detalhamento dos estudos realizados consta do Item 9.5 do Volume 25 deste EIA.



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

GRÁFICO 4.2.4-14 - Energia Firme Gerada no AHE Belo Monte versus Alternativas de Hidrogramas Mínimos a serem Vertidos para o Trecho a Sofrer Redução de Vazão

4.2.4.9 Compartimento Ambiental “Trecho de Restituição de Vazões - TRV”

Nos itens subseqüentes apresentar-se-á uma visão detalhada das diferentes estruturas componentes do arranjo geral do AHE Belo Monte inseridas no compartimento ambiental em pauta, comportando aquelas componentes do sítio construtivo Belo Monte. Detalhes relativos à infra-estrutura construtiva a ser alocada na esfera de abrangência espacial definida para este compartimento, bem como dos materiais para construção a serem aí obtidos, são também aqui apresentados.

Reitera-se aqui que todas as características do empreendimento ora apresentadas são derivadas dos Estudos de Viabilidade concluídos em 2002, sempre se referenciando a desenhos originais de projeto inseridos nesses estudos e encartados no volume 3 deste EIA.

4.2.4.9.1 Sítio Belo Monte

a) Detalhamento do Arranjo Geral

O arranjo das estruturas localizadas no Sítio Belo Monte envolve basicamente três barramentos, todos com crista na cota 99,0 m, conforme pode ser visualizado nos **Desenhos BEL-V-10-100-0073 (Apêndice 4.59 – Volume 3)** e **BEL-V-10-100-0074 (Apêndice 4.60 – Volume 3)**.

O barramento central engloba a Tomada d'Água Principal, do tipo gravidade, constituída de 20 blocos de 33 m de largura, com fundação variando entre as cotas 28,5 m (lado esquerdo) a montante e 43,5 m (lado direito) a jusante, dos quais partem os condutos forçados em igual número, expostos e paralelos entre si, sendo um para cada unidade geradora. A Casa de Força Principal, situada cerca de 100 m a jusante da Tomada d'Água Principal, é do tipo abrigada, com comprimento total de 660 m mais um prolongamento de 148,5 m à esquerda, correspondente à Área de Montagem.

O fechamento do vale central é completado por duas barragens: Barragem Lateral Esquerda e Barragem Lateral Direita, ligadas à Tomada d'Água por muros de transição denominados Muro de Transição Esquerdo e Muro de Transição Direito.

A restituição das águas turbinadas ao rio Xingu é feita por um Canal de Fuga escavado em solo e rocha, com 1.150 m de comprimento e largura variável entre 660 m e 400 m.

Complementam o conjunto de obras do Sítio Belo Monte barragens e diques que fecham os vales situados à direita e à esquerda daquele onde estão localizadas as estruturas de adução e geração. Em talvegues e selas do vale da direita, onde corre uma das vertentes formadoras do igarapé Aturiá, encontram-se os diques 6A, 6B e 6C, que foram criados em substituição à Barragem do Aturiá (vide **Desenhos BEL-V-30-100-0042 (Apêndice 4.24 – Volume 3)** e **BEL-V-13-112-0001 (Apêndice 4.34 – Volume 3)**). No vale da esquerda situa-se a Barragem de Santo Antônio, que barra o igarapé de mesmo nome.

Observa-se aqui que no presente item será também tratada a caracterização da Barragem de Santo Antônio, ressaltando-se que os diques supracitados foram objeto de abordagem no item “Compartimento Ambiental Reservatório dos Canais”.

Ressalta-se ainda, com relação às características do arranjo geral do Sítio Belo Monte, que as condicionantes geológico-geotécnicas que influíram na concepção de suas obras, principalmente as da usina e da barragem de Santo Antônio, foram as condições locais de fundação e a grande disponibilidade de solos e rochas de escavações obrigatórias em condições para uso como material de construção em seções de barragens.

Os fatores principais na escolha das seções das barragens estão, entretanto, associados a aspectos de custos e de cronograma construtivo, tendo-se utilizado nas barragens laterais e nos diques próximos todo o grande volume de escavação obrigatória em rocha para a implantação das estruturas de concreto e para o Canal de Fuga.

O uso extensivo de enrocamento buscou ainda abrir diversas frentes independentes de lançamento, objetivando não obstruir o fluxo das escavações obrigatórias para essas obras de concreto.

b) Considerações Adicionais sobre as Obras de Terra e Enrocamento

b.1) Ensecadeira do Canal de Fuga

Conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-24-100-0075 (Apêndice 4.61 – Volume 3)**, a ensecadeira do Canal de Fuga desenvolve-se por 1.650 m de comprimento e tem altura máxima de 21 m.

A seção-tipo envolve aterros com solos em dois tipos de consistência: solos lançados submersos e solos compactados, ambos materiais que propiciam facilidade na sua remoção.

Com a construção desta ensecadeira viabiliza-se o aproveitamento dos solos e rocha objeto de escavação obrigatória na área do Canal de Fuga. Como a ensecadeira se desenvolve no local onde deverá haver dragagens obrigatórias para implantação do Canal de Fuga, além do esquema aqui apresentado pode-se estudar sua implantação diretamente sobre o topo rochoso isento de solos e aluviões numa escavação antecipada. Não há tratamentos de fundação previstos.

b.2) Barragem do Santo Antônio (BSA)

– Seções-tipo

Conforme abordado anteriormente, as seções-tipo para este barramento foram influenciadas pelas condições locais de fundação e pelo interesse econômico em se utilizar um grande volume de enrocamento resultante das escavações obrigatórias para implantação das estruturas de concreto.

A BSA pode ser visualizada, em planta, no **Desenho BEL-V-12-100-0076 (Apêndice 4.62 – Volume 3)**, enquanto que suas seções típicas constam do **Desenho BEL-V-12-100-0077 (Apêndice 4.63 – Volume 3)**.

A seção principal, no fundo do vale, com cerca de 550 m de extensão, é do tipo enrocamento com núcleo de solo (vide seção B-B - **Desenho BEL-V-12-100-0077 (Apêndice 4.63 – Volume 3)**). O núcleo é inclinado para montante, em solo compactado, com largura média de 0,5H (sendo H a carga hidráulica) e possui um alargamento na base para cerca de 1,0H, que tem por objetivo criar um tapete interno em contato com os solos de fundação. Os espaldares de enrocamento compactado têm inclinação de 1,6H:1V e 1,3H:1V a montante e a jusante, respectivamente. A transição núcleo-enrocamento de montante é constituída de camada única de enrocamento com finos de granulometria ampla, até a cota 89,0 m, acima da qual está prevista uma transição múltipla na zona de oscilação do nível d'água a montante. A jusante prevê-se a execução de um filtro inclinado com três camadas, concordante com a inclinação de jusante do núcleo, até uma cota correspondente a 0,15H. Segue-se um filtro horizontal também com três camadas, seguido de um filtro inclinado a 45° de forma a encontrar a fundação, mantendo um contato núcleo-fundação com largura de 1,0H. Por se tratar de fundação em solo de alteração, torna-se necessário levar o filtro e as transições até o pé de jusante da barragem. Esta condição de fundação em solo de alteração condiciona a estabilidade dos espaldares, e por isso foi necessária a inclusão, na seção estudada, de bermas estabilizantes que resultam em dois patamares nos taludes dos enrocamentos, compreendidos, respectivamente, entre as alturas correspondentes a 0,3H e 0,2H. Os taludes médios dos espaldares ficam então reduzidos a 2,3H:1V e 2,2H:1V para montante e jusante, respectivamente.

A seção-tipo escolhida para ambas as ombreiras é em função de a fundação ser de baixa resistência, exigindo uma seção de barragem com taludes abatidos. Adotou-se solo compactado do tipo homogêneo, com filtro inclinado de areia, seguido de filtro horizontal também em areia. Os taludes de montante e jusante são de inclinação decrescente, objetivando reduzir os volumes das barragens em ambas as ombreiras. A jusante estão previstas bermas nas cotas 71 m e 85 m. Estudos de estabilidade condicionados pelas baixas resistências dos folhelhos e ritmitos das fundações conduziram à necessidade de se incluírem bermas estabilizantes, reduzindo os taludes médios de montante e jusante para 3H:1V e 3,8H:1V, respectivamente. As bermas são geradas no corpo da barragem pelas funções diferentes que estes elementos desempenham. Propiciam eventual uso de enrocamento de menor custo, uma vez que este é produto das escavações obrigatórias para a implantação das estruturas de concreto.

As transições da seção de enrocamento da baixada para a seção homogênea das ombreiras (vide seções A-A, C-C e D-D - **Desenho BEL-V-12-100-0077 (Apêndice 4.63 – Volume 3)**) serão feitas de forma independente para os taludes de montante e jusante, em razão da topografia local, partindo-se do princípio de máximo aproveitamento do enrocamento disponível.

– Escavação e Tratamentos de Fundação

Conforme pode ser depreendido a partir do mapa geológico local para o Sítio Belo Monte, apresentado no **Desenho BEL-V-10-190-0062 (Apêndice 4.64 – Volume 3)** e da planta de escavação para a BSA (**Desenho BEL-V-12-100-0078 (Apêndice 4.65 – Volume 3)**), para a implantação da barragem de enrocamento com núcleo deverão ser escavados integralmente o aluvião e o coluvião. Sob a zona do núcleo será escavada uma trincheira exploratória e de tratamento com 10 m de largura e 4 m de profundidade, a partir da escavação do coluvião, com taludes 1,5H:1V (vide também seção B-B **Desenho BEL-V-12-100-0077 (Apêndice 4.63 – Volume 3)**). As superfícies das escavações sob o enrocamento não sofrerão tratamento superficial, a não ser a disposição de uma camada de transição entre o enrocamento de jusante e a fundação.

Nas regiões onde, em profundidade, se encontra o migmatito cataclasado, estão previstas injeções de cimento na rocha, em uma única linha, com profundidade mínima de 40 m, localizada dentro da trincheira. Também nessas regiões serão executados poços de alívio no pé do talude de jusante. Como estes serviços são eventuais, não estão incorporados nas seções-tipo.

Para as duas ombreiras haverá remoção dos coluviões nas regiões sobre solos de folhelho. Escavações obrigatórias serão também necessárias, buscando-se a obtenção de uma superfície horizontalizada para apoio das barragens sempre que o terreno natural apresentar inclinação desfavorável.

Devido à desagregabilidade dos folhelhos e ritmitos quando expostos ao ar, foi prevista a proteção dos taludes imediatamente após a escavação, o que pode ser feito pela construção do próprio aterro ou por uma camada de solo compactado com no mínimo 1,0 m de espessura, evitando efeitos da expansibilidade destes materiais. Esta camada protetora e os solos de alteração remanescentes deverão ser escarificados nas zonas em contato com o solo compactado da barragem. Não são previstos tratamentos profundos.

Na região do arenito existente na ombreira esquerda, acima da cota 85,0 m, a escavação consistirá na remoção de todo solo coluvionar, expondo-se o solo residual que possui resistência elevada. Neste solo residual será executada uma trincheira de tratamento com 3 m de profundidade por 10 m de largura, ligeiramente a montante do eixo. A partir dessa trincheira será verificada a conveniência ou não de cortinas de injeção até o contato arenito/folhelho. A jusante da barragem é prevista a instalação de drenos e medidores de nível d'água.

b.3) Barragem Lateral Esquerda (BLE)

– Seções-tipo

A BLE pode ser visualizada, em planta, no **Desenho BEL-V-12-100-0079 (Apêndice 4.66 – Volume 3)**, enquanto que suas seções típicas constam do **Desenho BEL-V-12-100-0080 (Apêndice 4.67 – Volume 3)**.

O comprimento da crista é de cerca de 1.185 m, com altura máxima da barragem de 79 m. Três fatores foram condicionantes na escolha das seções-tipo: a presença de solos de baixa resistência derivados dos folhelhos e ritmitos na ombreira, a disponibilidade de enrocamento próximo e de baixo custo, e a necessidade de transicionar a seção-tipo para o encontro com o Muro de Transição Esquerdo (TEM), que também pode ser visualizado, em planta, no **Desenho BEL-V-12-100-0079 (Apêndice 4.66 – Volume 3)**.

A seção-tipo da área da baixada é em tudo semelhante à da BSA, para o trecho do fundo do vale (vide seção B-B - **Desenho BEL-V-12-100-0080 (Apêndice 4.67 - Volume 3)**). Consta de um núcleo central inclinado de solo compactado, com base alargada no contato com a fundação; espaldares de enrocamentos com talude de 1,6H:1V e 1,3H:1V para montante e jusante respectivamente; e bermas de equilíbrio em enrocamento. Os taludes médios externos resultam em 2,3H:1V a montante e 1,8H:1V a jusante. Este último é mais íngreme que o da BSA devido à menor altura local, sendo o sistema de drenagem interno idêntico ao daquela barragem.

Na ombreira esquerda, com fundação em folhelhos e ritmitos, a seção é do tipo homogênea em solo (vide seção D-D - **Desenho BEL-V-12-100-0080 (Apêndice 4.67 – Volume 3)**).

A seção A-A, também constante do **Desenho BEL-V-12-100-0080 (Apêndice 4.67 – Volume 3)**, mostra a seção de encontro ao MTE, na qual o núcleo apresenta localmente uma inclinação para jusante, visando ao encontro frontal com o muro de gravidade em seções transversais semelhantes.

– Escavação e Tratamentos de Fundação

As escavações para implantação da barragem de enrocamento com núcleo em solo são as mesmas preconizadas para a BSA, bem como os tratamentos superficiais, porém sem necessidade de tratamentos profundos já descritos, exceto junto ao muro MTE. Também para a implantação da barragem homogênea em solo, as escavações e os tratamentos superficiais serão idênticos àqueles nas ombreiras da BSA (vide planta de escavação no **Desenho BEL-V-12-100-0082 (Apêndice 4.68 – Volume 3)**).

Conforme pode ser visualizado no desenho supracitado, situação especial configura-se no trecho em que a BLE se liga ao MTE. Neste trecho a escavação consistirá na remoção integral dos solos sobrejacentes até exposição do topo rochoso natural em migmatito. Na zona de contato do núcleo com a rocha, esta deverá ser limpa, retirando-se materiais soltos e realizando tratamento superficial, como preenchimento de fendas por calda de cimento e regularização de depressões com concreto dental. Nesta região deverá haver uma cortina de injeção que, além de proteger a fundação contra o fluxo d'água, deverá se interligar com a cortina proveniente da Tomada d'Água e MTE, através de um leque de compatibilização. A remoção dos solos nesta região permite adotar taludes íngremes de 1,3H:1V para a barragem, aumentando as praças de trabalho próximas à área de montagem.

b.4) Barragem Lateral Direita (BLD)

– Seções-tipo

A BLD pode ser visualizada, em planta, no **Desenho BEL-V-12-100-0079 (Apêndice 4.66 – Volume 3)**, enquanto que suas seções típicas constam do **Desenho BEL-V-12-100-0081 (Apêndice 4.69 – Volume 3)**.

A Barragem Lateral Direita tem comprimento de 820 m e altura máxima de 50 m junto ao muro de contato com as estruturas de concreto (MTD), podendo este muro ser visualizado, em planta, no **Desenho BEL-V-12-100-0079 (Apêndice 4.66 – Volume 3)**.

A condição de fundação em rochas sedimentares brandas constitui o principal condicionamento da seção proposta. Trata-se de uma barragem mista de solo compactado no núcleo e no espaldar de jusante, e enrocamento no espaldar de montante, constituindo uma berma de equilíbrio (vide seções A-A e B-B - **Desenho BEL-V-12-100-0081 (Apêndice 4.69 – Volume 3)**). O emprego de enrocamento a montante é vantajoso pelo excesso de rocha das escavações obrigatórias. Os taludes médios de montante e jusante são 5H:1V e 3,5H:1V. A adoção desses taludes é imposta pela baixa resistência da fundação, sobretudo o de montante, agravado por uma inclinação desfavorável da superfície de apoio. Para evitar um prolongamento excessivo do talude de montante nos dois trechos de talvegues, optou-se pela escavação das formações de solos e rochas sedimentares até o migmatito, onde será executada uma trincheira resistente (chaveta) de enrocamento compactado (vide seção A-A - **Desenho BEL-V-12-100-0081 (Apêndice 4.69 – Volume 3)**). No contato enrocamento montante/solo residual de folhelho está prevista uma camada de enrocamento fino de transição. A transição entre o enrocamento e o núcleo compactado deverá ser feita em camada única de granulometria ampla, sendo a base do núcleo de largura igual a 1,5H.

O sistema interno de drenagem é constituído de um filtro de areia vertical, seguido de um filtro horizontal, também de areia, que se estende até um dreno de pé. A outra seção-tipo desenvolve-se junto ao muro de contato da Tomada d'Água, onde a seção transversal foi modificada para garantir o contato frontal do núcleo em seção integral com o último bloco do MTD. Os espaldares passam a ser ambos de enrocamento com taludes externos de 1,3H:1V, buscando-se deixar livre o fluxo para o primeiro bloco da Tomada d'Água e para o aumento da área de trabalho a jusante.

– Escavação e Tratamentos de Fundação

Conforme pode ser observado no **Desenho BEL-V-12-100-0082 (Apêndice 4.68 – Volume 3)**, a escavação para implantação da barragem mista consistirá na remoção parcial da camada coluvionar, deixando-se um mínimo deste material como proteção contra efeitos erosivos dos solos residuais de folhelho e ritmito.

Em dois vales a montante é prevista a remoção localizada dos solos de folhelho e migmatito até o migmatito de baixa alteração, para a fundação dos enrocamentos de chavetas resistentes. Junto ao MTD, para sustentar os taludes íngremes da barragem de enrocamento com núcleo de argila, é necessário fundá-la em migmatito são. As escavações nessas áreas consistem na remoção total do ritmito e se prolongam, em forma de trincheiras, uma a montante e outra a jusante, para fundação dos espaldares da barragem no trecho de transição.

No trecho do núcleo assente sobre rocha sã, prevê-se tratamento com concreto dental e uma cortina de injeção em continuação à cortina proveniente de Tomada d'Água e MTD (vide seção C-C - **Desenho BEL-V-12-100-0081 (Apêndice 4.69 – Volume 3)**).

b.5) Escavações Obrigatórias – Canal de Fuga

A seguir descrevem-se as escavações para o Canal de Fuga em toda sua extensão, desde a parede de jusante da Casa de Força Principal até o atual leito do rio, que podem ser visualizadas, em planta, no **Desenho BEL-V-16-100-0008 (Apêndice 4.70 – Volume 3)**.

O canal de restituição das vazões turbinadas até a calha do rio Xingu será escavado em solo e rocha, possuindo cerca de 1.300 m. O Canal de Fuga se inicia na cota – 23,0 m, passando em seguida para a cota – 7,0 m, com inclinação 6 H:1 V. Sua largura inicial de 660 m reduz-se para 400 m e mantém-se constante, até atingir o leito natural do rio. Observa-se que as condições geométricas de largura, cota e desenvolvimento do traçado em planta foram ditadas por considerações hidráulicas, pois a ótima qualidade das rochas cristalinas do fundo e paredes do canal permite utilizar velocidades de fluxo superiores aos valores adotados, que foram ditados por considerações econômicas relacionadas às perdas de carga.

A inclinação dos taludes de 1H:10V nas rochas cristalinas foi estabelecida como viável em termos construtivos e vantajosa por diminuir os custos de quaisquer obras de transposição, quer por pontes rodoviárias, quer por linhas de transmissão, e, principalmente, por conduzir ao menor volume possível de escavação em rocha.

Os taludes em folhelhos/ritmitos foram definidos com inclinação 2,5H:1V. Os taludes em solo de migmatito têm inclinação 2H:1V e são protegidos com enrocamento (*rip-rap*) abaixo da cota 14,0 m.

Em ambos os lados, acima ou no topo rochoso natural, mas em cota 2,5 m acima do nível d'água mínimo, foi deixada uma estrada de serviço que atende às finalidades de inspeção e reparos nos taludes remanescentes e/ou seus sistemas de proteção e drenagem.

b.6) Estudos de Estabilidade para as Obras de Terra e Enrocamento

No **Apêndice 4-9** apresenta-se uma abordagem detalhada dos estudos de estabilidade realizados, no âmbito dos Estudos de Viabilidade, para as obras de terra e enrocamento

previstas para o compartimento ambiental “TRV”.

c) Considerações Adicionais sobre as Obras de Concreto

c.1) Tomada d'Água Principal e Condutos Forçados

– Características Geométricas

Conforme pode ser observado no **Desenho BEL-V-10-100-0074 (Apêndice 4.60 – Volume 3)**, a Tomada d'Água Principal localiza-se entre as Barragens de Ligação Esquerda e Direita. Essa estrutura está ligada às barragens laterais através dos muros de Transição Esquerdo - MTE e Direito - MTD. Projetada como estrutura de gravidade, foi verificada para nível d'água do reservatório na cota 97,0 m, correspondente ao nível máximo normal de operação da usina. As vazões captadas na Tomada d'Água serão conduzidas às unidades geradoras por meio de condutos forçados aparentes, paralelos entre si, ancorados nas curvas e com apoios de concreto nos trechos retos (vide corte transversal no **Desenho BEL-V-10-101-0035 (Apêndice 4.71 – Volume 3)**).

A Tomada d'Água Principal apresenta as seguintes características básicas:

• tipo de estrutura	gravidade
• comprimento total (m)	660,00
• cota da crista (m)	99,00
• cota da soleira (m)	64,55
• largura da crista (m)	17,00
• número de blocos	20
• altura mínima sobre as fundações (m)	58,00
• altura máxima sobre as fundações (m)	70,50
• vazão máxima unitária do circuito hidráulico (m ³ /s)	695,00

Na cota 77,0 m, uma passarela desenvolve-se por todos os blocos da Tomada d'Água, ligando os muros laterais MTE e MTD, sendo que a cada dois blocos um poço de escadas interliga essa passarela ao acesso para inspeção das comportas na cota 65,0 m. Junto à fundação, em cota que varia de 44,0 m a 31,5 m, a montante da estrutura, corre longitudinalmente uma galeria onde se encontram implantados os sistemas de injeções e drenagem. Na cota 16,0 m, um túnel escavado no maciço rochoso estende-se no mesmo plano vertical dessa galeria. O acesso a partir da crista à passarela na cota 77,0 m, à galeria de drenagem e ao túnel é realizado através de dois poços com escada e elevador, localizados nos muros de transição contíguos à estrutura da Tomada d'Água. Duas torres com escadas, dispostas equidistantes dos muros de transição, interligam a crista com a passarela e a galeria de drenagem.

Também com base nesse Desenho, visualiza-se que os blocos da estrutura da Tomada d'Água têm paramento de montante com inclinação 0,2H:1V e jusante com 0,65H:1V. O portal de entrada tem seção retangular, tendo sua borda superior na cota 90,0 m e a inferior na cota 61,55 m. Para apoio das grades estão previstos dois pilares intermediários com 2,4 m de espessura máxima. A redução das seções do emboque para uma seção retangular única e a transição desta para a seção circular do conduto forçado, que tem 11,2 m de diâmetro, são realizadas através de curvas circulares e elípticas.

Os condutos forçados desenvolvem-se a céu aberto, tendo os trechos superiores engastados na estrutura da Tomada d'Água. O desenvolvimento do eixo de cada conduto no plano vertical tem uma curva com raio 33,6 m e com ponto de inflexão do eixo da cota 43,0 m, passando de uma inclinação 32°21'28'' para 45°. Abaixo da cota 15,5 m, os condutos são revestidos por concreto e fazem nova curva para entrarem horizontalmente na estrutura da Casa de Força com os eixos na cota -3,0 m (vide corte transversal constante do **Desenho BEL-V-20-101-0003 (Apêndice 4.72 – Volume 3)**).

– **Condições, Tratamento de Fundação e Estudos de Estabilidade**

No **Apêndice 4-10** apresenta-se uma abordagem detalhada das condições e tratamento de fundação previstos, nos Estudos de Viabilidade, para o conjunto Tomada d'Água Principal/Condutos Forçados.

Os critérios e parâmetros adotados para os estudos de estabilidade, bem como os resultados dos mesmos, também constam do referido Apêndice.

– **Equipamentos Mecânicos Principais e Auxiliares**

No **Apêndice 4-11** apresenta-se uma abordagem detalhada dos equipamentos mecânicos principais e auxiliares projetados para o conjunto Tomada d'Água Principal/Condutos Forçados.

c.2) Casa de Força Principal

– **Características Geométricas**

A Casa de Força Principal foi dimensionada visando a instalação de 20 unidades geradoras e a abrigar a Área de Montagem, a galeria da Subestação Elevadora/Manobra, e, no prolongamento desta, o Edifício de Comando.

O acesso dos equipamentos da Casa de Força Principal se dá pela extremidade esquerda da Área de Montagem, no piso externo, elevação 15,5 m, existindo mais dois acessos de pessoas pelo mesmo piso: um no Edifício de Comando e outro no bloco da unidade 20.

As características básicas da Casa de Força Principal são as seguintes:

• comprimento total (m)	808,00
• comprimento dos blocos da Casa de Força (m)	660,00
• comprimento da área de montagem (m)	148,00

• número de blocos	20
• largura do bloco (m)	33,00
• altura máxima da estrutura (m)	76,70
• cota mínima de fundação (m)	-32,00

A subestação está situada em uma galeria na cota 26,5 m. As saídas de linha e os transformadores auxiliares estão localizados na laje da cota 43,0 m, que serve de cobertura para a Subestação. A cobertura da Casa de Força Principal, com 30 m de vão, é constituída de vigas tipo calha, pré-moldadas, em concreto pretendido.

Junto à fundação, na cota -29,5 m, a montante da estrutura, corre longitudinalmente uma galeria onde serão implantados os sistemas de injeção e de drenagem. Para o esvaziamento do tubo de sucção e da caixa espiral estão previstos dois poços de esvaziamento localizados de tal forma que a distância de uma unidade qualquer ao poço mais próximo seja de no máximo 150 m. Os poços estão interligados entre si, podendo ser utilizados simultaneamente.

– **Condições, Tratamento de Fundação e Estudos de Estabilidade**

No **Apêndice 4-10** apresenta-se uma abordagem detalhada das condições e tratamento de fundação previstos, nos Estudos de Viabilidade, para a Casa de Força Principal.

Os critérios e parâmetros adotados para os estudos de estabilidade, bem como os resultados dos mesmos, também constam do referido Apêndice.

– **Área de Montagem Principal**

Em continuação ao piso principal da elevação 11,5 m da Casa de Força Principal, na extremidade esquerda, localiza-se a Área de Montagem (AM), composta por quatro blocos com 33 m de largura e um bloco de descarga, na elevação 15,5 m, com 16,5 m de largura. Esta dimensão foi definida prevendo-se uma motorização de quatro unidades por ano.

Os equipamentos a serem montados chegarão através do piso externo na elevação 15,5 m, sendo introduzidos na Área de Montagem através do bloco de descarga, de onde serão manobrados através da Ponte Rolante da Casa de Força Principal. O bloco AM-4 se comunica com o piso 11,5 m do Edifício de Comando, e, através de escadas, atinge-se as oficinas elétrica e mecânica situadas no piso 5,5 m, abaixo da Área de Montagem, ocupando, além desse bloco, a metade do bloco AM-3.

– **Edifício de Comando**

Em continuação à galeria da Subestação, à esquerda, localiza-se o Edifício de Comando, que foi concebido de maneira a permitir comunicação com algumas galerias e pisos da Casa de Força Principal e Área de Montagem, ocupando, em certos pisos, os blocos AM-4 e AM-3.

Foi previsto um elevador de cargas e, para a circulação de pessoas, um elevador e um bloco de escadas, que atendem desde a elevação -10,0 m até a plataforma dos equipamentos de saídas de linhas na elevação 43,0 m, facilitando assim o manuseio de cargas e a circulação de pessoal, tanto na Casa de Força Principal como no próprio Edifício de Comando.

Da elevação –10,0 m até a elevação 11,5 m, as galerias da Casa de Força Principal estendem-se até o bloco do Edifício de Comando, localizando-se nos diversos pisos alguns equipamentos e facilidades da usina, tais como: Estação de Tratamento de Esgoto - ETE, oficina de pequenos reparos, laboratório, almoxarifado, salas de pessoal, sala de arquivo e desenho, copa, etc. Na elevação 15,5 m o Edifício de Comando se comunica com o pátio externo da Casa de Força Principal, onde se localizam o estacionamento e os acessos à Casa de Força e Edifício de Comando. A portaria e a recepção localizam-se na elevação 17,0 m. Na elevação 21,5 m localizam-se as salas dos equipamentos auxiliares elétricos, dos equipamentos de telecomunicações, de baterias e uma área de distribuição de cabos. A sala de comando centralizado da usina, a sala do centro de operação regional, a sala do computador e a sala de treinamento se situam na elevação 26,5 m, que se comunica com o piso da galeria da Subestação blindada em SF6. Os pisos nas elevações 31,5 m e 36,5 m estão reservados para a administração da usina. Na elevação 43,0 m foram previstas salas de auditório e projeção, além do acesso à plataforma dos equipamentos de saídas de linhas.

Para conforto do pessoal da usina, foram distribuídos em diversos pisos instalações sanitárias e vestiários, tanto masculinos como femininos. Foi previsto para o Edifício de Comando um sistema centralizado de ar condicionado, sendo os diversos condicionadores distribuídos nos pisos onde as salas são climatizadas. No teto do Edifício de Comando, elevação 50,0 m, localizam-se as salas de máquinas dos elevadores de carga e de pessoas, as torres e bombas do sistema de ar condicionado centralizado e as caixas de distribuição de água tratada da Casa de Força Principal.

– Equipamentos Eletromecânicos Principais e Auxiliares

No **Apêndice 4-11** apresenta-se uma abordagem detalhada dos equipamentos mecânicos principais e auxiliares projetados para o conjunto Casa de Força Principal/Área de Montagem/Edifício de Comando.

c.3) Muros de Concreto

– Características Geométricas

Conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0073 (Apêndice 4.59 – Volume 3)**, os muros de concreto do Sítio Belo Monte fazem a transição entre a estrutura da Tomada d'Água Principal e as barragens laterais Esquerda e Direita. Os muros são estruturas tipo transição denominados Muro de Transição Esquerdo (MTE) e Muro de Transição Direito (MTD). O eixo dos muros é coincidente com o eixo das barragens laterais e estes formam com a linha base da Tomada d'Água Principal ângulos de 30° (MTE) e 60° (MTD), voltados para montante.

O MTE é uma estrutura composta de quatro blocos gravidade, separados entre si por juntas de contração em planos perpendiculares ao eixo do bloco; o MTD é composto de três blocos com as mesmas características. A crista dos muros de transição está situada na cota 99,0 m. Em cada muro, junto à fundação, desenvolve-se uma galeria (na cota 28,0 m no MTE e na cota 46,5 m no MTD) que se interliga com a galeria existente na Tomada d'Água Principal, onde estão implantados os sistemas de injeção e drenagem. O acesso a essas galerias se dá por dois poços existentes nos muros de transição, providos de escada e elevador de carga, que interligam as cotas 59,0 e 16,0 m.

As estruturas dos muros de transição têm paramento de montante com inclinação 0,2H:1V e de jusante com 0,65H:1V; o paramento de encosto do núcleo impermeável da barragem de enrocamento tem inclinação de 0,1H:1V.

– **Condições, Tratamento de Fundação e Estudos de Estabilidade**

No **Apêndice 4-10** apresenta-se uma abordagem detalhada das condições e tratamento de fundação previstos, nos Estudos de Viabilidade, para os muros de concreto.

Os critérios e parâmetros adotados para os estudos de estabilidade, bem como os resultados dos mesmos, também constam do referido Apêndice.

4.2.4.9.2 Infra-estrutura para Construção Relacionada ao Compartimento Ambiental “Trecho de Restituição de Vazões”

O **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)** apresenta a localização dos elementos de infra-estrutura previstos, nos Estudos de Viabilidade, para dar suporte à implantação das obras projetadas para o AHE Belo Monte, sendo que o **Desenho BEL-V-10-100-0023 (Apêndice 4.74 – Volume 3)** permite a visualização, em maiores detalhes, para o canteiro, alojamentos, vila residencial de Belo Monte, portos, acessos e subestação/sistemas de transmissão planejados para a região da ria do Xingu, com destaque para o Sítio Belo Monte.

a) Canteiro de Obras

a.1) Dimensionamento do Canteiro

- Obras a serem Construídas

O canteiro de obras do Sítio Belo Monte, que pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0023 (Apêndice 4.74 – Volume 3)**, foi concebido para fornecer o apoio necessário à construção das obras previstas neste sítio que, resumidamente, são as seguintes:

- Tomada d’Água Principal;
- Casa de Força Principal;
- Canal de Fuga;
- Barragem Lateral Direita;
- Barragem Lateral Esquerda;
- Barragem de Santo Antônio;
- Diques da Margem Esquerda do Sítio Belo Monte (DIK-1, DIK-2, DIK-3 e DIK-4);
- Diques da Margem Direita do Sítio Belo Monte (DIK-6A, DIK-6B, DIK-6C, DIK-7A, DIK-7B, DIK-7C e DIK-7D);

- Canais de Adução para Tomada d'Água Principal (CATA e CTSC); e
- Ensecadeira do Canal de Fuga.
- Condicionantes e Dimensionamento dos Canteiros

As condicionantes levadas em conta para o dimensionamento do canteiro, bem como os resultados desse dimensionamento, constam do **Apêndice 4-12**.

a.2) Localização do Canteiro de Obras

Em consonância com a seqüência construtiva e o acesso viário estabelecido, as principais instalações do canteiro de obras foram dispostas na margem esquerda, a jusante da Barragem Lateral Esquerda e nas proximidades da Casa de Força Principal e Canal de Fuga. As instalações do Canteiro foram agrupadas em diferentes locais, totalizando uma área líquida de aproximadamente 64,5 hectares, conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0023 (Apêndice 4.74 – Volume 3)**.

O conjunto principal das áreas do canteiro foi posicionado junto à rodovia Transamazônica. Sendo uma via de acesso já existente, a Rodovia, devidamente alargada e alteada, será incorporada ao sistema viário do canteiro.

Em linhas gerais o Canteiro ficou assim disposto:

- Conforme abordado anteriormente, o principal conjunto de pátios e edificações deve ser posicionado na margem esquerda, junto à Rodovia Transamazônica;
- Os pátios de concreto e britagem devem posicionar-se em locais onde pode-se reduzir as distâncias de transporte de concreto e rocha bruta;
- Os pátios de lubrificação e abastecimento devem posicionar-se de modo a minimizar os conflitos de tráfego na área interna do Canteiro;
- Os escritórios centrais devem posicionar-se próximos à entrada da obra, restringindo assim o ingresso de visitantes ao interior do Canteiro;
- As áreas destinadas à montagem eletromecânica devem ser centralizadas em um canteiro único, que deverá ser segregado da parte civil e situado junto ao acesso principal;
- As áreas destinadas à administração, fiscalização e aos subempreiteiros devem ser distribuídas na área externa aos canteiros civis e de montagem;
- O sistema viário deverá ter o traçado procurando-se direcionar os fluxos de veículos pesados, em consonância com a origem-destino dos materiais principais, e dos ônibus destinados ao transporte de mão-de-obra;
- O pátio de areia deverá ser localizado também na margem esquerda, na faixa existente entre as linhas de transmissão e o rio Xingu; e

- A localização do pátio de dragagem deverá ser implantada em local apropriado, na margem do rio, de preferência próximo às áreas de dragagem.

a.3) Resumo das Áreas do Canteiro

As áreas previstas para o canteiro de obras do Sítio Belo Monte estão relacionadas na **TABELA 4.2.4-37**.

TABELA 4.2.4-37
Pátios do Canteiro – Sítio Belo Monte - Áreas Requeridas

Canteiro	Áreas (m ²)	
	Edificada	Total
Obras Cíveis		
✓ Pátio de Concreto	150	23.900
✓ Pátio de Britagem	50	91.300
✓ Pátio de Areia	90	47.300
✓ Central de Ar Comprimido	500	2.800
✓ Pátio de Pré-Moldados	400	20.000
✓ Oficina Mecânica Principal	2.550	21.200
✓ Pátio de Montagem e Manutenção	1.700	16.000
✓ Pátio de Armação	3.700	17.400
✓ Pátio de Formas	1.900	16.000
✓ Pátio de Estruturas Tubulares	1.200	11.200
✓ Abastecimento e lubrificação de Máquinas Pesadas	120	13.200
✓ Abastecimento de Veículos Leves	-	1.300
✓ Almoxarifado	1.500	10.000
✓ Pátio de Sucata	-	4.700
✓ Pátio de Transportes	40	3.000
✓ Área de Serviços Auxiliares	340	3.400
✓ Pátio de Bombas	120	2.600
✓ Treinamento	1.600	10.900
✓ Estacionamento de Máquinas Pesadas	-	12.600
✓ Pátio de Draga	120	2.400
✓ Paol de Explosivos/ Espoletas	450	2.500
✓ Escritório Central	2.650	9.300
✓ Balança e Estacionamento de Carretas	40	3.700
✓ Escritório de Campo	1.000	2.000
✓ Refeitório de Campo	1.000	1.500
✓ Pátio de Embutidos	50	5.800
✓ Sistema Viário / Estacionamento	-	91.200
Subtotal	21.270	447.200
Montagem Eletromecânica		
✓ Oficina Caldeira/ Estrutura./ Usinagem/ Manutenção.	2.000	3.300
✓ Estoque de Material Prima	-	2.800
✓ Estoque de Peças Pré-Montadas	-	8.400
✓ Pátio de Sucata	-	1.500
✓ Pátio de Jato de Pintura	400	6.000
✓ Almoxarifado	7.500	9.000
✓ Depósito de Inflamáveis	600	3.000
✓ Pátio de estocagem de Matérias e Equipamento	-	60.000
✓ Pátio de Pré-Montagem	-	2.200
✓ Escritório Central	500	3.700
✓ Escritório de Campo	750	1.500
✓ Sistema Viário / Estacionamento	-	37.400
Subtotal	11.750	138.800
Empreendedor /Fiscalização		
✓ Escritório Central	1.500	4.000
✓ Almoxarifado	1.500	3.000
✓ Laboratório Solos/ Concreto	700	4.600
✓ Laboratório Eletromecânico	200	2.000
✓ Anfiteatro	600	900
✓ Sistema Viário / Estacionamento	-	4.500
Subtotal	4.500	19.000
Área Reservada Para Sub-Empreiteiros	-	40.000
TOTAL	37.520	645.000

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

b) Alojamentos

b.1) Dimensionamento dos Alojamentos

Para o sítio de Belo Monte a população solteira a abrigar será de cerca de 8.700 habitantes. A distribuição do pessoal a ser alojado discriminado por nível funcional é apresentada a seguir:

Nível N1	3.315
Nível N2	4.288
Nível N3	684
Nível N4	373
Nível N5	31
Nível N6	10

A descrição dos níveis funcionais e de todas as premissas adotadas para o dimensionamento dos alojamentos válidas para o Sítio Belo Monte são aquelas apresentadas anteriormente para o Sítio Pimental.

b.2) Localização dos Alojamentos

A exemplo da estratégia adotada para a localização dos canteiros, também para os alojamentos buscou-se a previsão de sua implantação às margens da Rodovia Transamazônica, conforme pode ser observado no **Desenho BEL-V-10-100-0023 (Apêndice 4.74– Volume 3)**.

b.3) Resumo das Áreas dos Alojamentos

As áreas previstas para os alojamentos do Sítio Belo Monte estão relacionadas na **TABELA 4.2.4-38**.

TABELA 4.2.4-38
Alojamentos – Sítio Belo Monte - Áreas Requeridas

Usos	Área Construída (m ²)	Área Terreno (m ²)	Área Construída Área Terreno (%)
Habitação	63.404	126.807	50,00
Comércio	900	1.800	50,00
Administração/Serviços	2.506	5.723	43,79
Lavanderia Industrial	2.300	4.600	50,00
Refeitório/Cozinha	5.600	11.200	50,00
Educação	1.500	2.500	60,00
Saúde	300	600	50,00
Clube Lazer/Áreas Verdes	2.550	30.500	8,36
Sistema Viário		16.678	
Total	79.060	200.408	39,45

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

c) Vila Residencial de Santo Antônio de Belo Monte

c.1) Considerações Gerais

No conceito de apoio urbano ao AHE Belo Monte adotado nos Estudos de Viabilidade de 2001, foi proposto o assentamento da mão-de-obra casada e dos seus familiares no núcleo urbano de Santo Antônio de Belo Monte, a exemplo do critério adotado também com relação à cidade de Altamira. Dessa forma pretendeu-se o reforço da função que caberá à cidade nas atuações de pontos de apoios e de atendimentos para as múltiplas solicitações que direta ou indiretamente se estabelecerão pela presença do empreendimento, por meio de uma injeção de investimentos, não só na infra-estrutura da área destinada à implantação da vila residencial, mas também nos equipamentos sociais e melhoria dos serviços urbanos do núcleo como um todo.

Assim sendo, a vila residencial proposta não consistiria em uma unidade autônoma, mas sim em parte integrante de um todo, tendo efetiva participação na vida urbana de Santo Antônio de Belo Monte como cidade e núcleo urbano aberto, o que pressupõe as intervenções necessárias para adequar e capacitar essas localidades no âmbito social, econômico e político-institucional por meio de ações vinculadas a uma reestruturação urbana da região.

Os Estudos de Viabilidade apontavam que a concepção físico-espacial da vila residencial de Santo Antônio de Belo Monte deveria obedecer às diretrizes de reestruturação urbana por meio do Plano Diretor Municipal, de forma a se alcançar a futura absorção das infra-estruturas e da vila residencial pelo Município, mesmo após a desmobilização das obras.

c.2) Dimensionamento da Vila Residencial

– Premissas Básicas

Devido à necessidade de o núcleo urbano apresentar condição de absorver o contingente populacional atraído pelas obras do AHE Belo Monte, da Subestação e da infra-estrutura viária, o seu dimensionamento foi estimado de acordo com as projeções populacionais ao longo do tempo e conforme o cronograma dessas obras.

Assim, para o dimensionamento habitacional na vila residencial de Santo Antônio de Belo Monte foram previstas inicialmente 2.600 casas, sendo que o critério utilizado nos Estudos de Viabilidade baseou-se na composição sócio-profissional da mão-de-obra segundo a situação familiar, referente ao patamar de 18 meses. Desse montante de 2.600 residências, 2.500 deverão abrigar os funcionários de níveis N2, N3 e N4, enquanto que 100 casas deverão ser destinadas aos relocados da Vila de Santo Antônio.

Foi previsto um decréscimo populacional significativo após o pico das obras, implicando na consolidação e permanência de apenas uma parte do núcleo urbano (aproximadamente 65% do ano pico).

Os Estudos de Viabilidade consideraram que, em princípio, o desenvolvimento desse Núcleo Urbano deveria se ater aos seus principais referenciais, ou seja, o vínculo com o rio Xingu a jusante do barramento de Belo Monte, portanto em sua parte navegável, as rodovias com as suas atividades específicas e a existência da transposição do rio Xingu.

A concepção básica do núcleo urbano de Santo Antônio de Belo Monte consistiu na combinação de um núcleo permanente, passível de expansão, e áreas de ocupação temporária destinadas a abrigar o grande contingente populacional atraído durante a época das obras civis da usina hidrelétrica de Belo Monte.

A concepção apresentada nos Estudos de Viabilidade procurou dotar o núcleo permanente de todos elementos de infra-estrutura e de equipamentos sociais recomendados para garantir as condições satisfatórias de vida urbana com receitas antecipadas das “compensações financeiras” a serem repassadas futuramente pelo AHE Belo Monte, sendo que os equipamentos das áreas de ocupação temporária poderiam ser adotados outros padrões, como por exemplo construções em madeira, pré-fabricados etc., removíveis e reutilizáveis.

Foi previsto ainda um pequeno aglomerado urbano na margem esquerda do rio Xingu, junto ao local de transposição, com funções de receber atividades de apoio ao transporte rodoviário na direção Marabá - Altamira.

Em acordo com esse contexto, e adotando-se o critério de uma densidade bruta da ordem de 100 hab/ha, os Estudos de Viabilidade apontaram a seguinte demanda de áreas para o núcleo urbano de Santo Antônio de Belo Monte:

- Núcleo permanente, de comércio, serviços e uso residencial para uma população de 12.000 hab. após a conclusão das obras no ano 2.012, com uma demanda de aproximadamente 120 ha.
- Expansão do núcleo permanente, correspondendo à época em que esse aglomerado começará a receber novo incremento populacional condicionado pelas atividades urbanas aí desenvolvidas, ocupando novamente e consolidando gradativamente parte das áreas ocupadas.

Especificamente para o núcleo permanente, foram consideradas as seguintes premissas básicas para o seu dimensionamento:

- Uso residencial - Área arruada e loteada com provisão de equipamentos para 2.500 lotes de 300 m².
- Uso comercial e de serviços - Área arruada e loteada com provisão de equipamentos para lotes de 300 m², compreendendo:
 - Comunicações - correios e telefone;
 - Pequeno Comércio - padaria, farmácia, papelaria, armarinho, vestuário etc; e
 - Pequenos serviços - sapataria, marcenaria, eletricista etc.
- Uso comercial e de serviços - Área arruada e loteada com provisão de equipamentos para lotes de 500 m², compreendendo:
 - Estação Rodoviária;
 - Feira Livre;

- Serviços e Comércio de grande porte - posto de gasolina, oficinas de reparo e manutenção, materiais de construção, mobiliário, armazenamento da produção agrícola, etc.
- Uso institucional - Área arruada e loteada com provisão de equipamentos para lotes de 300 m² e de 500 m².
- Órgãos administrativos - agências distritais de saneamento básico, energia, transportes, Subdelegacia de polícia e posto de bombeiros.
- Equipamentos sociais de Educação: pré-escolas com creche conjugada (4 salas para cada modalidade por escola), funcionando em 2 períodos; e escolas de 1º grau (8 salas + 1 sala para Ensino Especial), em 2 períodos.
- Equipamento Social de Saúde: um Centro de Saúde com leitos de observação.
- Equipamentos de lazer e cultura, compreendendo igreja, biblioteca distrital e centro poliesportivo.
- Áreas verdes, compreendendo jardins públicos, praças e *play-grounds*.
- Uso Industrial - Área arruada e loteada com provisão de equipamentos para lotes de 5.000 m² compreendendo:
 - ✓ Beneficiamento de madeira; e
 - ✓ Pequenas indústrias

- **Parâmetros de Dimensionamento**

Atendendo-se aos critérios urbanísticos expostos, foram admitidas, para a vila residencial de Santo Antônio de Belo Monte (núcleo permanente), variações de tamanho de lotes e de áreas construídas que pudessem garantir as condições desejadas de organização espacial do conjunto, conforme a seguir especificado.

- Residências;
 - Residência Nível Médio N4/N3:
 - ✓ Área construída = 120, m² ;
 - ✓ Área do lote = 360 m² (12 m x 30 m) ;
 - ✓ Taxa de ocupação máxima = 0,50 (possibilitando ampliação); e
 - ✓ Programa básico: 3 quartos, 2 banheiros, sala, cozinha e quarto e banheiro de empregada.

- Residência Nível N2:
 - ✓ Área construída = 70 m²;
 - ✓ Área do lote = 300 m² (10 m x 30 m);
 - ✓ Taxa de ocupação máxima = 0,50 (possibilitando ampliação); e
 - ✓ Programa básico: 2 quartos, 1 banheiro, sala, cozinha.
- Residência Nível N1:
 - ✓ Área construída = 45 m²;
 - ✓ Área do lote = 300 m² (10 m x 30 m);
 - ✓ Taxa de ocupação máxima = 0,50 (possibilitando ampliação); e
 - ✓ Programa básico: 2 quartos, 1 banheiro, sala, cozinha.
- Estabelecimentos Comerciais;
 - Comércio Local e Ocasional:

Para dimensionamento da área comercial foi adotado o índice de 0,50 m² por habitante da Vila Residencial e taxa de ocupação de 0,15 a 0,50.

 - ✓ Área construída de cada loja = 50 a 150 m²;
 - ✓ Área do lote comercial = 300 m² (10 m x 30 m);
 - ✓ Compreende atividades comerciais com frequência de uso diário, como padarias, mercearia, açougue, quitandas, bazar, farmácia; e ocasionais como magazines populares, sapatarias, relojoarias etc;
 - ✓ Raio de atendimento = 300 m; e
 - ✓ Programa básico de cada loja: sala conjugada com sanitários.
 - Comércio Principal (Supermercado):

Para dimensionamento da área para Supermercado foi adotado o índice de 0,25 m² por habitante da Vila Residencial e taxa de ocupação de 0,33.

 - ✓ Localização: em áreas acessíveis também à população residente em outras áreas urbanas próximas; e
 - ✓ Programa: salão de vendas (2/3), depósito (1/3), administração e sanitários.

- Casa de Visitas:
 - ✓ Área construída = 5.000 m² (30 m²/usuário - frequência - 25% dos funcionários N5/N6);
 - ✓ Área do lote = 10.000 m²;
 - ✓ Taxa de ocupação = 0,50;
 - ✓ Localização: na área central de Santo Antônio de Belo Monte ou parte em Altamira e parte em Santo Antônio de Belo Monte, a ser definido pelo Empreendedor; e
 - ✓ Programa básico = 50 quartos com 2 camas e banheiro conjugado, recepção/hall de entrada, cozinha e despensa, refeitório, depósito, sala de estar, administração e sanitários, lavanderia.
- Posto de Serviço e de Combustível:
 - ✓ Área construída = 400 m²;
 - ✓ Área do terreno = 800 m²; e
 - ✓ Taxa de ocupação = 0,50.
- Equipamentos de Educação:
 - Pré-escola e Creche:
 - ✓ Área construída = 2.740 m² (2,60 m²/aluno; 0,08 alunos/habitante);
 - ✓ Área do terreno = 5.480 m²;
 - ✓ Taxa de ocupação = 0,50; e
 - ✓ Programa básico por escola: 4 salas para pré-escola (25 alunos/sala), 4 salas para creche (15 crianças/sala), cozinha, lactário, despensa, depósito, diretoria, secretaria, sanitários, play-ground.
 - Escola de 1º. Grau
 - ✓ Área construída = 4.500 m² (2,60 m²/aluno; 0,13 alunos/habitantes);
 - ✓ Área do terreno = 9.000 m²;
 - ✓ Taxa de ocupação = 0,50; e
 - ✓ Programa básico por escola: 8 salas de 1º Grau (35 alunos/sala) , 1 sala de ensino especial, Biblioteca, cozinha, diretoria, secretaria, sanitários, pátio coberto e 1 quadra poliesportiva.

- Escola de 2º Grau:

- ✓ Área construída 1.100 m² (2,80 m² /aluno; 0,12 alunos/habitantes);
- ✓ Área do terreno 2.200 m² ;
- ✓ Taxa de ocupação 0,50; e
- ✓ Programa. básico: 12 salas (35 alunos/sala) , Biblioteca, Laboratórios, cozinha, diretoria, secretaria, sanitários, oficinas, pátio coberto, 2 quadras poliesportivas.

Os Estudos de Viabilidade recomendavam a instalação de ensino de 2º Grau/Supletivo/Especial em Escolas de 1º Grau, utilizando-se o período noturno.

- Equipamentos de Saúde:

- Centro de Saúde (Hospital e Ambulatório):

- ✓ Área construída = 4.200 m² ;
- ✓ Área do Terreno = 8.400 m² ;
- ✓ Taxa de ocupação = 0,50; e
- ✓ Programa básico: sala de espera, administração, arquivo, consultórios médicos, consultório odontológico, sala para atendimento, sala com sanitário para preparo de pacientes, sala de imunizações, sala para curativos, centro cirúrgico, enfermaria, laboratório, salas para visitantes, sala para dispensa de medicamentos, sala para esterilização, copa, depósitos, vestiários e sanitários para pessoal e para público.

- Equipamentos de Lazer e Cultura:

- Clube:

- ✓ Área construída = 1.400 m² (0,55 m²/hab);
- ✓ Área do terreno = 14.000 m²;
- ✓ Taxa de ocupação = 0, 10; e
- ✓ Programa básico: Portaria, Administração, Salão de Festas com palco, salão de jogos, bar/copa e dispensa, vestiários e sanitários, piscinas infantil e de adultos, 4 quadras polivalentes, 2 campos de futebol society, 1 campo de futebol.

- Cinema/Teatro:

- ✓ Área construída = 700 m² (1,70 m²/lugar, frequência 1 lugar/30 habitantes);
- ✓ Área do terreno = 1.400 m² ;
- ✓ Taxa de ocupação = 0, 50; e

- ✓ Programa básico: Platéia de 410 lugares com palco, bilheteria, sala de espera, cabine de projeção, depósito, camarins e vestiários, sanitários.
- Templo Ecumênico:
 - ✓ Área construída 300 m² (4 m²/pessoa) - 10% da população com frequência simultânea de 2,5%, ou 1 para cada 70 empregados);
 - ✓ Área do terreno = 600 m²; e
 - ✓ Taxa de ocupação = 0,50.
- Administração
 - ✓ Área construída = 650 m² (0,05 m²/hab);
 - ✓ Área do terreno = 1.300 m²;
 - ✓ Taxa de ocupação = 0,50; e
 - ✓ Programa básico: Salas de Escritório, Arquivo, Sala de Recrutamento, Sala de Recepção e Espera, Sala de Relações Públicas, Sanitários para público e pessoal.
- Áreas Verdes e Praças:
- Centro Esportivo:
 - ✓ Programa básico: 1 campo de futebol, 2 quadras de futebol society, 4 quadras poliesportivas, vestiário e sanitários .
- *Play-Lot e Play-Ground*
 - ✓ Programa básico: área cercada para crianças menores (*play-lot*) com tanque de areia, escorregador e balança e área aberta ajardinada com equipamentos esportivos e de recreação para crianças até 14 anos.
- Jardim Público:
 - ✓ Raio de atendimento = 500 m;
 - ✓ Localização: dispostos de maneira a permitir o encaminhamento de pedestres atravessando a área e permitindo criação de vínculos entre os equipamentos visando, ao mesmo tempo, maximizar as condições de aeração e preservação biológica de fauna e flora; e
 - ✓ Programa básico: jardins, áreas de estar e de lazer, caminhos, arborização.

Outros equipamentos urbanos, tais como Correios e Telégrafos, Central Telefônica, Estação de Passageiros-Rodoviária, Delegacia de Segurança e outros.

c.3) Localização da Vila Residencial

A Vila Residencial de Santo Antônio de Belo Monte foi concebida para localizar-se próxima à obra, no Travessão km 40, com a estrada de serviço interligando o porto da obra com o canteiro e os alojamentos, conforme pode ser observado no **Desenho BEL-V-10-100-0023 (Apêndice 4.74 – Volume 3)**.

c.4) Resumo da Vila Residencial de Belo Monte

A **TABELA 4.2.4-39** apresenta uma síntese das áreas requeridas para a Vila Residencial de Santo Antônio de Belo Monte.

TABELA 4.2.4-39
Áreas Requeridas para a Vila Residencial de Santo Antônio de Belo Monte

Usos	N. Equipamento		Área Construída (m²)	Área Terreno (m²)	Área Construída Área Terreno %
Habitação	N2	845Resid.	53.381	228.778	23,33
	N3	972Resid.	116.931	350.792	33,33
	N4	683Resid.	89.477	268.432	33,33
Sub-Total	2.500 Lotes		259.789	848.002	30,30
Casa de Visitas	N 5/6 – 1 unidade		3.724	7.448	50,00
Comércio/ serviços			10.465	32.745	32,00
N. Salas			N. Escolas		
Creche					
+	35	3	2.722	5.444	50,00
Pré-Escola					
1º Grau	57	5	4.423	8.847	50,00
2º Grau	13	1	1.021	2.042	50,00
Sub-Total	107	9	8.166	16.333	50,00
Saúde	Hospital/ Ambulatório:		1	3.954	7.908
Sub-Total		1	3.954	7.908	50,00
Lazer/ Cultura	Clube N3/N4		1	1.365	13.655
	Cinema/ Teatro		1	742	1.483
	Templo Ecum.		1	293	586
Sub-Total		3	2.400	15.724	15,33
Administração		1	654	1.309	50,00
Áreas Verdes		-	-	50.880	
Sistema Viário		-	-	237.441	
TOTAL		-	289.152	1.217.790	23,52

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

d) Infra-estrutura de Acessos

O **QUADRO 4.2.4-13** relaciona as melhorias e/ou implantação de novos acessos rodoviários para suportar a implantação das obras afetas ao Sítio Belo Monte.

QUADRO 4.2.4-13

Infra-Estrutura de Acessos para Suporte às Obras do Sítio Belo Monte

Descrição das estradas	Extensão (km)	Tipo de serviço
Travessão km 55 da BR-230	15,0	Melhoria da estrada existente
Travessão km 45 da BR-230	8,5	Melhoria da estrada existente
Travessão km 27 da BR-230 – Ramal até rio Xingu	10,0	Melhoria da estrada existente
Travessão km 40 da BR-230 p/ a cidade Vitória do Xingu	35,0	Melhoria da estrada existente
Ramal BR-230 à Vila Residencial de Belo Monte e ao Porto	10,0	Construção de nova estrada
Ramal Travessão km 40 da BR-230 a PA-415	28,0	Construção de nova estrada

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Por fim, ratifica-se que o acesso ao canteiro industrial de Belo Monte durante a construção da usina se dará a partir da BR-230 Rodovia Transamazônica. Após o término da obra da usina, está prevista a construção de uma ponte sobre o Canal de Fuga, de maneira a restabelecer o tráfego normal de veículos na rodovia Transamazônica.

e) Infra-estrutura Portuária

e.1) Caracterização da Infra-estrutura Hidroviária Identificada à Época dos Estudos de Viabilidade

A estrutura hidroviária de interesse para as obras abrange trechos dos rios Amazonas, Tapajós e Xingu, conforme a seguir discriminado;

- Rio Amazonas

O rio Amazonas, navegável em toda sua extensão, permite o acesso de cargas vindas dos portos de Belém e Manaus, principais portos da região amazônica. Nas estiagens rigorosas as profundidades mínimas encontradas no rio Amazonas são da ordem de 7 m, o que permite o acesso de embarcações marítimas deslocando até 60.000 TPB durante o ano todo. Seria o canal natural de entrada das cargas pesadas originárias do Sul ou do exterior para a construção do AHE Belo Monte.

- Rio Tapajós

O rio Tapajós foi incluído na rede hidroviária de interesse à implantação do AHE Belo Monte por ser o canal fluvial então estudado para o transporte do cimento originário de Itaituba.

Esse rio é navegável regularmente de sua foz até 50 km a montante cidade de Itaituba (280 km). Tem profundidade média de 3 m nos períodos de águas médias e baixas, podendo reduzir-se a 1,8 m em anos de estiagem rigorosa, no mês mais restritivo. O tempo de viagem de Itaituba a Belo Monte, no rio Xingu, é da ordem de 4 a 5 dias.

- Rio Xingu

O rio Xingu, principal canal de acesso à região, pode ser dividido em dois subtrechos: o primeiro, de sua foz no rio Amazonas, até Senador José Porfírio; o segundo, de Senador José Porfírio até Belo Monte.

O primeiro trecho, com 173 km, apresenta larguras superiores a 7 km e possui profundidades superiores a 6 m nos períodos de águas médias e altas (entre dezembro e maio), reduzindo-se este valor a até 2,7 m no período de estiagem (entre junho a dezembro). Neste primeiro trecho a navegação é possível o ano todo, sem causar preocupações maiores no que diz respeito às restrições de calado.

O segundo trecho, com 63 km, entre Senador José Porfírio e Belo Monte, apresenta boas condições de navegação nos períodos de águas altas e médias, com lâmina d'água mínima da ordem de 2,3 m nas estiagens, o que permite a navegação de embarcações com calado de até 1,8 m nesses períodos. Neste trecho são encontrados dois setores que podem ser considerados críticos, não impossibilitando, no entanto, a navegação. Estes setores seriam: o primeiro, a região compreendida pela ilha de Santa Maria e a ilha de Cipó Pitanga Pequeno. Os fatores restritivos seriam a existência de vários bancos de areia. O segundo setor seria a região do Tubarão, compreendida pela Ponta do Tubarão e a Ponta Cuieiras. Neste trecho, a existência de dois grandes bancos de areia diminuem a largura do canal de navegação, e, em anos de estiagem rigorosa, a profundidade mínima disponível pode reduzir-se a 1,8 m. Acima deste ponto a navegação é possível sem restrição até a localidade de Belo Monte.

O tempo de viagem gasto entre Belém e Belo Monte é da ordem de 4 dias.

Nos levantamentos realizados para os Estudos de Viabilidade, seguindo-se as rotas usuais de navegação, não foram encontradas lâminas d'água inferiores a 2,5 m, variando a mesma de maneira geral entre 5 m e 15 m.

Assim, os Estudos de Viabilidade concluíram que para a construção do empreendimento deveria ser estabelecido um sistema de transporte hidroviário ao longo do rio Xingu até o local da obra, a ser implementado através de empresa especializada. Os fatores de restrição à navegação no rio Xingu deveriam ser minimizados através de dragagem e balizamento dos trechos críticos, estabelecendo-se um canal de navegação que permitisse o transporte de equipamentos pesados por via fluvial desde o porto de Belém, até o local da obra. Seria necessária a sinalização de todo o estirão navegável, estabelecendo-se um sistema confiável e seguro para o transporte de equipamentos e abastecimento de insumos para a obra por via fluvial.

e.2) Caracterização da Infra-estrutura Portuária Identificada à Época dos Estudos de Viabilidade

Também à época dos Estudos de Viabilidade foram indicados, como os portos de maior importância para a região da obra, o Porto Vitória e o porto de Remanso do Pontal (vide

Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3).

O primeiro está localizado no rio Tucuruí, a 1,8 km de sua foz, na margem esquerda do rio Xingu e na cidade de Vitória do Xingu e sua importância está no fato de ser o ponto de chegada das cargas com destino à Altamira. Tem condições precárias de operação em função da grande diminuição da lâmina d'água na época das estiagens, chegando a reduzir-se a 1 m. Este porto fica distante 43,2 km de Altamira através da rodovia PA-415. A **FIGURA 4.2.4-16** apresenta uma visão panorâmica desse porto.



FIGURA 4.2.4-16 – Vista panorâmica do Porto de Vitória

O segundo porto em importância para a região, Remanso do Pontal, localiza-se na margem esquerda do rio Xingu a 234 km de sua foz no rio Amazonas. Fica localizado a 4,5 km da vila de Belo Monte do Pontal e 62 km de Altamira por via rodoviária, através da BR-230. Este porto atende quase que exclusivamente à PETROBRÁS, recebendo em média 2.500 m³ de combustível por mês, transportado em balsas com comprimento de 53 m, boca de 13 m e calado de 2,4 m. Possui cais de acostamento de 170 m em concreto, com 5 patamares interligados por 4 campos, possuindo ainda 23.000 m² de instalações portuárias.

Os Estudos de Viabilidade vislumbraram a possibilidade de utilização deste porto para o abastecimento de combustíveis para a obra, em especial devido ao fato de, à época, haver previsão de balizamento na região do porto em virtude da existência de afloramentos rochosos próximos a sua área de manobra.

Em acordo com os Estudos de Viabilidade, haveria necessidade da construção de um terminal portuário fluvial exclusivo para atender às necessidades de abastecimento da obra, a despeito de ser prevista a utilização da estrutura portuária já existente na região próxima ao Sítio Belo Monte. O subitem subsequente detalha os estudos realizados à época no tocante a esse porto dedicado às obras.

Por fim, há que se considerar que, além desses portos, pretendia-se também utilizar as instalações do porto de Belém como parte da logística para a recepção de equipamentos e demais insumos importados de outros estados brasileiros ou do exterior.

e.3) Características do Porto Dedicado às Obras a ser Implantado

Dois pontos básicos foram considerados nos estudos da infra-estrutura portuária a ser implantada para suprir as necessidades da obra. O primeiro diz respeito à localização do porto e o segundo ao tipo de porto a ser adotado para atender à obra.

No levantamento efetuado à época dos Estudos de Viabilidade para verificação das condições de navegação, foram observados alguns trechos na margem esquerda do rio Xingu que permitem a implantação do porto para as obras (vide **Desenho BEL-V-45-100-0062 - Apêndice 4.75 – Volume 3**). As observações desses trechos se deram quanto ao tipo de terreno da margem, condições de proteção, largura do rio no local e impedimentos à navegação e manobras.

Os trechos supracitados são a seguir especificados:

- Porto do Remanso do Pontal;
- Trecho da margem esquerda do rio Xingu entre a Ilha do Assobio e a Ponta Cuieiras;
- Trecho da margem esquerda entre a Ponta Cuieiras e a Ponta do Tubarão; e
- Trecho da margem esquerda entre a Ponta do Tubarão e a Ilha de Santa Luzia.

O trecho da margem esquerda do rio Xingu entre a Ilha do Assobio e a Ponta Cuieiras mostrou-se, pelos levantamentos então efetuados, o que aparentemente apresentava as melhores condições de porto, segurança à navegação e manobras, bem como condições adequadas de proteção, sendo, portanto, o local mais indicado para localização do porto da obra (vide **Desenhos BEL-V-10-100-0024 - Apêndice 4.3 – Volume 3**) e **BEL-V-10-100-0023 - Apêndice 4.74 – Volume 3**).

No tocante ao segundo ponto básico a ser considerado na infra-estrutura portuária - solução estrutural a ser adotada para o porto, para atendimento às necessidades da obra -, os Estudos de Viabilidade identificaram possibilidades de implantação de dois tipos de portos a serem desenvolvidas pelo Empreendedor do AHE Belo Monte: uma primeira solução seria convencional, com estrutura apoiada sobre tubulões; a segunda, menos convencional, seria a solução de cais flutuante, adequada para atender a variações significativas do nível d'água do rio.

As duas soluções prevêm infra-estrutura para descarga de equipamentos pesados (400 t). Além dos portos, foi estudada também uma rampa para *roll-on / roll-off*, que deveria ser implantada qualquer que fosse a solução de porto adotada.

- Cais sobre Tubulões

A solução é constituída por estrutura composta por laje de tabuleiro e vigas apoiadas sobre estacas/tubulões, protegidos por defensas simples compostas com vigas “T” e madeira. O comprimento do cais acostável seria da ordem de 90 m a 100 m, permitindo a descarga simultânea de três barcas de 30 m a 40 m de comprimento. Esta estrutura seria destinada a receber cargas leves.

Uma segunda estrutura seria formada por duas vigas paralelas, perpendiculares à margem do rio, suportadas por 10 tubulões, sobre as quais correriam os trilhos de apoio da ponte rolante para descarga das cargas pesadas (400 t). Esta estrutura teria aproximadamente 40 m de comprimento por 1 m de largura, devendo o espaço entre o espelho d'água e o fundo das vigas ser suficiente para a passagem, com folga, de barça transportando as cargas a serem movimentadas pela ponte rolante.

- Cais Flutuante

O partido básico adotado na solução de cais flutuante é com a ponte de acesso ao cais sempre apoiada em uma rampa de concreto.

A estrutura seria em concreto armado, constituída por células estanques com dimensões aproximadas de 5,0 m por 5,0 m em todo o contorno do cais. Internamente, oito células formariam compartimentos estanques de maiores dimensões.

O cais teria aproximadamente 75,0 m de comprimento por 65,0 m de largura.

Tanto na solução de cais sobre tubulões como na de cais flutuante, os equipamentos principais seriam:

- 4 guas elétricas de lança horizontal para 5 t x 16 m (produção de 15.000 t/mês por grua na movimentação de cargas em *containers*); e
- Uma ponte rolante para 400 t.

O **Desenho BEL-V-10-100-0023 (Apêndice 4.74 – Volume 3)** apresenta um arranjo geral esquemático do porto dedicado às obras previsto para implantação no Sítio Belo Monte.

f) Subestação e Sistema de Transmissão Associado

Há que se observar que no presente item tratar-se-á exclusivamente da subestação e do sistema de transmissão associado para alimentar a infra-estrutura necessária à construção do AHE Belo Monte a ser localizada no sítio construtivo homônimo. A caracterização da subestação associada à usina principal e o sistema de transmissão necessário para sua interligação ao Sistema Interligado Nacional – SIN é objeto de item 4.2.4.10 deste EIA.

Conforme abordado anteriormente, os Estudos de Viabilidade consideraram que para o atendimento das cargas de infra-estrutura do AHE Belo Monte seria construída uma subestação abaixadora 230/34,5/13,8 kV, seccionando a linha Tucuruí-Altamira 230 kV – Tramo Oeste. Este *tape* ficará próximo à linha, conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0024 (Apêndice 4.3 – Volume 3)**.

A partir dessa subestação de Belo Monte, será construída uma linha de transmissão em 34,5 kV, ligado aos sítios construtivos Bela Vista, dos Canais de Derivação Pimental.

Ainda a partir da subestação de Belo Monte será construída a linha de transmissão em 13,8 kV para a cidade de Belo Monte, derivando para os alojamentos e canteiro de obras do Sítio Belo Monte.

A **TABELA 4.2.4-40** apresenta a previsão de cargas de demanda da infra-estrutura prevista para o Sítio Belo Monte.

TABELA 4.2.4-40
Previsão de Cargas de Infra-Estrutura de Demanda para o Sítio Belo Monte (MW-MVA)

Localidade	Potência (MW)	Demanda (MVA)
Vila Residencial em Belo Monte	5,11	6,02
Alojamento em Belo Monte	0,52	0,61
Canteiro de Obras em Belo Monte	15,37	18,08
Total	31,78	37,39

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

4.2.4.9.3 Logística de Abastecimento à Obra e Materiais de Construção

a) Materiais Naturais de Construção

A pesquisa de materiais naturais de construção para as obras inseridas no Sítio Belo Monte foi subsidiada pelo conhecimento das áreas de ocorrência dos materiais terrosos, granulares e pétreos aí existentes e levou em conta os volumes disponíveis em cada local e suas distâncias em relação às obras. No **Desenho BEL-V-10-100-0026 (Apêndice 4.31 – Volume 3)** estão indicadas as localizações e estimativas de volumes dessas fontes de materiais naturais de construção.

Os estudos de solos compreenderam investigação com sondagens a trado (ST) diâmetro de 4”, poços e sondagens geofísicas em seis áreas de empréstimo, denominadas de A, B, C, D, E e F, localizadas dentro de um raio de até 2 km em relação aos eixos das barragens. Em cada sondagem a trado foram coletadas amostras de 10 kg de solo de metro em metro, que depois de analisadas tátil-visualmente e classificadas geologicamente, foram selecionadas para ensaios de caracterização geotécnica.

Após a caracterização dos solos de cada área, as amostras representativas foram agrupadas para a execução de ensaios especiais com o objetivo de se determinar os parâmetros para dimensionamento das barragens. O procedimento adotado para o agrupamento de amostras visou a reprodução em laboratório de materiais que virtualmente pudessem ser obtidos em áreas de empréstimo durante a execução das obras de terra. Dessa forma, dentro do contexto geológico local, foi considerada a possibilidade da ocorrência de mistura de materiais de diferentes classificações geológicas. Com isso, coluviões, solos residuais e solos de alteração de mesma área foram, em alguns casos, misturados para formar uma única amostra admitida como sendo típica e representativa daquela área. Nestas condições, os parâmetros obtidos puderam ser confrontados com aqueles determinados em amostras individualizadas, inclusive de outros sítios construtivos do empreendimento, permitindo uma avaliação quanto às possíveis diferenças de comportamento como materiais de empréstimo.

A pesquisa de areia e cascalho compreendeu investigações nas três maiores ocorrências de areia existentes no rio Xingu, localizadas a uma distância de até 14 km em relação ao local

da Casa de Força Principal. As investigações foram realizadas através de sondagens a percussão diâmetro de 8” em malha regular com espaçamento variável entre 150 m e 450 m em função da extensão de cada jazida, visando determinar suas espessuras e variações granulométricas. Foram feitas amostragens de 10 kg de metro em metro, embora com prosseguimento de algumas sondagens em diâmetro de 2^{1/2}” abaixo da profundidade de 10 m (até 30 m), com amostragem suficiente para análise tátil-visual. As amostras representativas de cada jazida foram ensaiadas quanto à granulometria e permeabilidade e sua utilização como agregado miúdo para concreto.

No estudo de pedreiras, considerou-se a utilização da rocha proveniente das escavações obrigatórias nas áreas dos Condutos Forçados, Casa de Força Principal e Canal de Fuga, cujos volumes excedem em 50% o necessário para emprego como agregado para concreto e como enrocamento. Os ensaios para caracterização geomecânica dessa rocha foram realizados em testemunhos de sondagens rotativas, executadas para a investigação da fundação das estruturas, e em blocos de rocha são coletados na superfície do terreno no mesmo local.

a.1) Materiais Terrosos

– Considerações Gerais

Os estudos de áreas de empréstimo de solos abrangeram uma superfície total da ordem de 8 km² distribuídos ao longo das seis áreas investigadas. Os solos que aí ocorrem estão representados por solos residuais e de alteração de migmatito e de milonito/cataclasito, solos residuais e de alteração de diabásio, solos residuais da Formação Alter do Chão, coluviões e, mais localizadamente, solos do terraço aluvionar.

A **TABELA 4.2.4-41** apresenta os volumes das áreas de empréstimo por tipo de solo, com a indicação das espessuras médias consideradas.

TABELA 4.2.4-41
Sítio Belo Monte - Áreas de Empréstimo

Continua

Área	Litologia	Espessura Média (m)	Área por Litologia (x10 ³ m ²)	Volume (x10 ³ m ³)
A	CO	3,0	1.365	4.095
	STac(Ag)	3,0	55	165
	STac(Ar)	6,5	110	715
	RS/SADb	8,5	1.200	10.200
Subtotal:			2.730	15.175
B	CO	1,5	930	1.395
	STac(Ag)	4,5	300	1.350
	STac(Ar)	5,5	250	1.375
Subtotal:			1.480	4.120
B (divisor-ombreira esquerda da BSA)	CO	1,0	630	630
	STac(Ar)	8,0	450	3.600
C	CO	2,5	325	812
	STac(Ag)	9,0	40	360
Subtotal:			365	1.172
D	CO	1,5	1.580	2.370
	AL	1,5	360	540
	TF	2,0	150	300
	SAMg	6,5	1.580	10.270
Subtotal:			3.670	13.480
E	CO	1	1.500	1.500
	AL	1,5	350	525
	SAMgCat (s/ matacão)	7	1.500	10.500
	SAMgCat (c/ matacão)	3	380	1.140
Subtotal:			3.730	13.665

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte – ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Legenda:

CO – Coluvião

RSDb – Solo residual maduro de diabásio

SADb – Solo de alteração de diabásio

STac Ag – solo residual da Formação Alter do Chão constituído de areia argilo-siltosa vermelha, marrom e amarela, variegada

STac Ar – solo residual da Formação Alter do Chão constituído de areia argilo-siltos, vermelho amarelada

RSMg – solo residual maduro de migmatito

SACat – solos de alteração de milonito/cataclisito

TABELA 7.2.4-41
Sítio Belo Monte - Áreas de Empréstimo

				Conclusão
Área	Litologia	Espessura Média (m)	Área por Litologia (x103m²)	Volume (x103m³)
F	CO	2,5	440	1.100
	RSAr	8,0	170	1.360
	SAMg	9,0	270	2.430
Subtotal:			880	4.890
Total			13.935	56.732

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Legenda:

CO – Coluvião

RSDb – Solo residual maduro de diabásio

SADb – Solo de alteração de diabásio

STac Ag – solo residual da Formação Alter do Chão constituído de areia argilo-siltosa vermelha, marrom e amarela, variegada

STac Ar – solo residual da Formação Alter do Chão constituído de areia argilo-siltos, vermelho amarelada

RSMg – solo residual maduro de migmatito

SACat – solos de alteração de milonito/cataclisito

Considerando suas características geotécnicas, esses solos poderiam ser reunidos em cinco grupos principais:

- solos de alteração provenientes de rochas cristalinas, mais o coluvião superior, ambos das Áreas “D”, “E” e “F” (CO + RS + SAGr-gn, SAGr e RS + SACat);
- solos residuais da Formação Alter do Chão, mais o colúvio superior, ambos das áreas “B” e “C” (CO + STac);
- coluvião que capeia o solo residual do diabásio da área “A” (CO);
- solo residual / alteração do diabásio da área “A” (RS + SADb); e
- terraço fluvial da área “D” (TF).

Entretanto, verificou-se que as diferenças tanto numéricas, como de comportamento, observadas entre os parâmetros de permeabilidade e de compressibilidade para efeito de cálculos, são insignificantes. Afora o CO + STac(Ag), que mostra ligeira tendência à queda de resistência após ruptura de pico, os demais solos não apresentam ruptura brusca, e têm como característica favorável o fato das suas pressões neutras revelarem pequena diminuição após atingido o valor máximo por volta de até 8% de deformação específica. Todos os solos investigados, se corretamente zoneados nas seções das barragens, podem ser utilizados na execução de aterros compactados. A presença do CO misturado com solos de alteração não proporcionou mudanças sensíveis nas características geotécnicas médias das amostras agrupadas.

a.2) Areia e Cascalho

As três áreas investigadas como fonte de material granular, denominadas de jazidas I, II e III, localizam-se no rio Xingu a distâncias de 6 km, 1,5 km e 14 km, respectivamente, em relação à posição da Casa de Força Principal (**vide Desenho BEL-V-10-100-0026 - Apêndice 4.31 – Volume 3**).

Dessas áreas, a mais extensa é a Jazida III com cerca de 2,5 km de comprimento por 1 km de largura, seguida pela Jazida I com 1,3 km x 0,5 km, sendo a Jazida II a menor, com cerca de 600 m x 300 m. Estas extensões de areia encontram-se emersas no período de estiagem, no qual ainda sofrem inundação parcial diária devido à influência de maré.

As jazidas I e III são as que apresentam também maiores espessuras, registrando-se até 22 m para a Jazida I e espessuras superiores a 30 m para a Jazida III. Nesses locais, predominam no trecho amostrado areias médias e finas, havendo uma tendência para profundidades abaixo de 1 m, de predominância da fração fina, incluindo pequeno teor de matéria orgânica.

Já a Jazida II, localizada junto à margem, na saída do Canal de Fuga, apresenta espessura inferior a 10 m e granulometria invariavelmente fina.

Na **TABELA 4.2.4-42** são apresentados os volumes estimados para cada jazida, com indicação das espessuras médias consideradas.

TABELA 4.2.4-42
Sítio Belo Monte - Volumes Disponíveis nas Jazidas de Areia

Jazida	Espessura (m)	Volume (x10 ³ m ³)
I	11,5	5.000
II	7,0	1.600
III	11,5	21.800
Total	-	28.400

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

Os materiais das três jazidas investigadas têm em comum o fato de não apresentarem, nas suas composições granulométricas, a fração pedregulho. Entretanto, as frações de areia são características de cada jazida. Assim, o material da Jazida I apresenta cerca de 40% de areia fina, 53% de areia média e apenas 7% de areia grossa, de acordo com a classificação da ABNT. Já, o material da Jazida II é extremamente fino, apresentando cerca de 95% de areia fina e apenas 5% de areia média. Por fim, o material da Jazida III apresenta em torno de 50% de areia fina e quase 50% de areia média, com a fração grossa não ultrapassando a 2%.

Como materiais para filtros de barragens podem, em princípio, ser utilizadas as areias das jazidas I e III, que apresentam coeficientes de permeabilidade da ordem de 2×10^{-2} cm/s, ficando afastada a utilização da areia da Jazida II. Porém, por não possuírem nas suas composições granulométricas a fração grossa em quantidade desejada e por serem bastante uniformes, o uso exclusivo das areias das jazidas I e III em barragens de enrocamento com núcleo de argila pode requerer duas camadas de transições entre a própria areia e o enrocamento. Como alternativa pode-se proceder à correção granulométrica com a mistura de fração grossa obtida artificialmente da britagem das rochas.

Como agregado miúdo para concreto, não se dispendo da fração grossa, as areias das jazidas I e III devem sofrer correções granulométricas, ficando também eliminada a possibilidade de utilização de areia da Jazida II.

a.3) Rocha

Considerando o grande volume de rocha a ser extraído das escavações obrigatórias para a implantação das estruturas da Casa de Força Principal e do Canal de Fuga, da ordem de 10 milhões de m³, não foi necessário, por ocasião dos Estudos de Viabilidade, o levantamento de outra fonte de material pétreo para as obras do AHE Belo Monte.

No local das escavações obrigatórias, a rocha migmatítica ocorre a cerca de 10 a 15 m de profundidade, sob uma cobertura de solo de alteração e/ou ritmitos pouco coerentes, apresentando-se sã e, em geral, pouco fraturada.

Algumas sondagens revelaram, em locais restritos, rochas mais fraturadas associadas ou não a estreitas faixas miloníticas/cataclásticas que cortam as estruturas diagonalmente. Entretanto, esse maior grau de fraturamento, apesar de reduzir os tamanhos dos blocos, não apresenta minerais de preenchimento ou de alteração que comprometam a qualidade da rocha para utilização como agregado graúdo.

Lâminas petrográficas executadas em amostras representativas dos vários litotipos constituintes dos migmatitos e dos milonitos/cataclasitos não revelaram a ocorrência de minerais deletérios potencialmente reativos com o cimento.

b) Logística de Origem e Destino dos Materiais Naturais de Construção

As **TABELA 4.2.4-43** e **TABELA 4.2.4-44** apresentam os resultados alcançados quanto à utilização otimizada dos materiais naturais de construção no Sítio Belo Monte.

TABELA 4.2.4-43
Logística de Materiais Terrosos para o Sítio Belo Monte

Local Aplicação	Volume (m ³)	Área Empréstimo	Volume (m ³)	Dist. Transp. (km)
BLD - BM	336.000	Escavação obrigatória Casa Força	757.000	0,5
		Escavação obrigatória Tomada d'Água	807.000	0,5
		Escavação obrigatória Canal de Fuga	7.603.000	1,0
		Escavação obrigatória CATA	2.420.000	0,5
BLE - BM	2.745.000	Escavação obrigatória Casa Força	757.000	0,5
		Escavação obrigatória Tomada d'Água	807.000	0,5
		Escavação obrigatória Canal de Fuga	7.603.000	1,0
		Escavação obrigatória CATA	2.420.000	0,5
BSA	8.680.000	Área C	1.170.000	0,8
		Área E	13.665.000	1,0
Ensecadeira Canal de Fuga	842.400	Escavação obrigatória Canal de Fuga	3.260.000	0,5

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

TABELA 4.2.4-44
Logística de Materiais Pétreos para o Sítio Belo Monte

Local Aplicação	Volume (m3)	Área	Volume (m3)	Dist. Transp. (km)
BLD - BM	1.005.000	Escavação obrigatória Canal de Fuga	9.064.000	1,5
BLE - BM	5.033.000	Escavação obrigatória Canal de Fuga	9.064.000	1,5
BSA	7.121.000	Escavação obrigatória Canal de Fuga	9.064.000	2,5
		Escavação obrigatória Casa Força	2.802.000	2,5
Ensecadeira canal de fuga	368.000	Escavação obrigatória Canal de Fuga	3.260.000	0,5

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

b.1) Bota-fora

Os prováveis volumes a serem escavados e que serão dispostos em bota-fora, quando não forem reaproveitados como material de construção, são discriminados, para o Sítio Belo Monte, a seguir:

- Volume de solo previsto para disposição em bota-fora: 27.799.885 m³; e
- Volume de rocha previsto para disposição em bota-fora: 13.683.900 m³

Os locais previstos para disposição de bota-fora, embora não indicados explicitamente em desenhos constantes dos Estudos de Viabilidade, deverão situar-se próximos às áreas de escavação para fundação das estruturas previstas para o Sítio Belo Monte. Neste sentido permanecem válidas para este Sítio as diretrizes para disposição de bota-fora apresentadas no item 4.2.4.7.7 item b1 deste EIA.

4.2.4.10 Interligação do AHE Belo Monte ao Sistema Interligado Nacional (SIN)

4.2.4.10.1 Considerações Gerais

Para o escoamento da energia a ser gerada pelo AHE Belo Monte, há a necessidade de sua conexão ao Sistema Interligado Nacional (SIN), que permite o apoio mútuo entre os diversos subsistemas, dando origem à estratégia de operação centralizada. Esta estratégia permite a geração intensa de energia em determinado subsistema que esteja em condição hidrológica favorável e envio de parte desta energia para aqueles que estejam passando por período de "déficit" hidrológico. Assim, permite-se o estoque de água (energia armazenada nos subsistemas favoráveis ao armazenamento de água), garantindo a qualidade do atendimento energético.

Diante do exposto, apresenta-se, neste item, a forma proposta de escoamento da energia a ser gerada pelo AHE Belo Monte e a sua interligação ao SIN, o que resultará, além das diversas vantagens diretas e indiretas associadas pelo empreendimento, em ganho de energia garantida ao sistema interligado.

Em termos de objetivos específicos, ao presente item cumpre ainda:

- Apresentar a descrição e a caracterização básica do corredor preliminar da Linha de Transmissão (LT) associada para interligação do AHE Belo Monte ao SIN;
- Apresentar as descrições e características básicas da Linha de Transmissão (LT) prevista e subestação (SE) associada para os fins supracitados;
- Apresentar as razões e benefícios econômicos, sociais e ambientais da proposição de interligação ao SIN, além dos oriundos da complementaridade sazonal da geração do AHE Belo Monte em relação às demais regiões interligadas ao SIN; e
- Subsidiar a análise da viabilidade ambiental do projeto de interligação ao SIN.

Especificamente com relação à disponibilização ao SIN da energia a ser gerada pela Casa de Força Complementar, ratifica-se aqui o que já foi anteriormente exposto no item 4.2.4.6.3 (e) deste EIA, isto é, a Casa de Força Complementar se interligará ao SIN através de uma linha em 230 kV, de cerca de 61 km, na SE Altamira.

Nesse sentido, observa-se que :

- Conforme pode ser visualizado na **FIGURA 4.2.4-1**, a linha de transmissão supracitada desenvolve-se em grande parte de sua extensão, ao longo do Travessão km 27, até conectar-se à linha existente (230 kV), proveniente da UHE Tucuruí (Tramo Oeste), cujo ponto final é a SE Altamira;
- A SE Altamira já é parte integrante do SIN;
- O trecho da LT que interligará a Casa de Força Complementar à LT existente proveniente da UHE Tucuruí, foi considerada, neste EIA, como parte integrante da área Diretamente Afetada (ADA), conforme explicitado no capítulo 6 “Definição das Áreas de Influência”; assim, os atributos ambientais de sua faixa de domínio são objeto de caracterização no

âmbito dos diagnósticos dos meios Físico, Biótico e Socioeconômico e Cultural do EIA; e

- O fato de a energia a ser gerada pela Casa de Força Complementar ser disponibilizada na SE Altamira trará benefícios para essa cidade, no sentido de aumentar a confiabilidade do sistema hoje operante.

Nesse contexto, este item 4.2.4.10 atém-se à abordagem da interligação da Casa de Força Principal do SIN.

4.2.4.10.2 Caracterização da Interligação do AHE Belo Monte ao SIN

A alternativa proposta de interligação do aproveitamento hidrelétrico em pauta ao SIN consiste em linhas de transmissão, partindo da Casa de Força Principal até a SE Xingu, conforme pode ser observado na **FIGURA 4.2.4-17**.

Esta proposta de interligação segue as definições contidas no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDEE) 2007/2016, elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), em 2007, conforme transcrição a seguir: "*Estudos anteriores indicavam a conexão do AHE Belo Monte à Rede Básica através de dois circuitos de 751 km, em 750 kV, para a SE Colinas e um aumento da capacidade de intercâmbio entre Colinas e a região Sudeste de cerca de 4.500 MW, representado no ciclo de planejamento anterior por dois circuitos de 1.300 km, em 750 kV, de Colinas até Emborcação. Observa-se, entretanto, que os estudos mencionados foram realizados antes da concepção das subestações em 500 kV Xingu (integrante do sistema Tucuruí-Manaus-Macapá) e Itacaiúnas. Estas instalações, mais próximas da usina, propiciam uma conexão envolvendo circuitos mais curtos e na tensão de 500 kV que sugerem uma reavaliação dos estudos anteriores*" (grifo nosso).

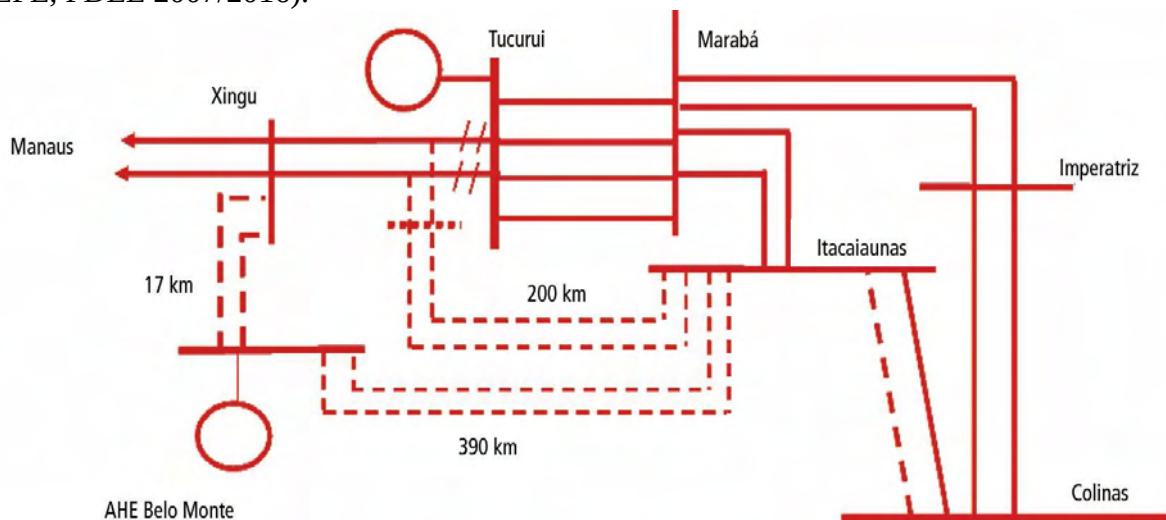


Nota: Interligação (linha branca pontilhada) entre a Casa de Força Principal (círculo branco) e a SE Xingu (círculo amarelo).

FIGURA 4.2.4-17 - Interligação entre a Casa de Força Principal e a SE Xingu.

Ainda segundo o MME (2007), as avaliações eletroenergéticas conduzidas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) nesse ciclo de planejamento consideraram a conexão de um novo subsistema de Belo Monte ao sistema Norte e ampliações da capacidade de intercâmbio entre este último e a região Sudeste/Centro-Oeste. A **FIGURA 4.2.4-18** apresenta a conexão considerada a partir de 2014, como referência inicial para o desenvolvimento dos estudos de expansão da transmissão, bem como os reforços no sistema Norte. A entrada destes reforços se dará de forma compatível com a motorização das unidades geradoras do AHE Belo Monte.

Além da ampliação mostrada na **FIGURA 4.2.4-18**, será necessário mais um reforço na interligação Norte-Sudeste/Centro-Oeste para completar o montante indicado pelas análises energéticas para o ano de 2015. Este novo reforço, bem como o acima indicado, será objeto de um estudo específico da ampliação da interligação Norte-Sudeste/Centro Oeste (Norte Sul) (EPE, PDEE 2007/2016).



Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2007/2016 (EPE, 2007).

FIGURA 4.2.4-18 – Conexão Referencial do AHE Belo Monte em 500 kV

Essa proposição de interligação ao SIN está prevista, no presente EIA, como infra-estrutura integrante da Área Diretamente Afetada (ADA), conforme definido no Capítulo 6.

Observa-se uma pequena diferença entre as distâncias previstas para essa interligação no PDEE 2007/2016 (17 km) e no presente EIA (21 km), porém não significativa, por se tratar, por ora, de um estudo de corredor e pelo fato de o traçado definitivo vir a ser consagrado somente após a finalização dos estudos para implantação da SE Xingu.

A SE Xingu, por sua vez, está planejada como obra integrante da futura LT Tucuruí-Macapá-Manaus, conforme observado no Estudo de Viabilidade, Engenharia, Ambiental e Características Existentes, publicados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (Edital do Leilão nº 004/2008 - CD 1 - Lotes A, B e C).

Com base no que foi apresentado, a proposta de interligação ao SIN será por meio da futura LT Tucuruí-Macapá-Manaus, permitindo assim o escoamento da energia gerada pelo AHE Belo Monte ao restante do país.

a) Linha de Transmissão Tucuruí-Macapá-Manaus

a.1) Considerações Gerais

A futura LT Tucuruí-Macapá-Manaus e a SE Xingu, assim como as demais subestações associadas, foram leiloadas pela ANEEL, através do Edital do Leilão nº 004/2008 (Lotes A, B e C) antes aqui citado, e suas implantações devem ocorrer nos próximos anos (segundo o PDEE 2007/2016, a previsão de entrada em operação desse sub-sistema é janeiro de 2012).

Segundo o que foi apresentado no Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental (R3) publicado pela ANEEL (Edital do Leilão nº 004/2008), a implantação da LT Tucuruí-Macapá-Manaus permitirá o suprimento de energia elétrica ao Estado do Amapá e a diversos municípios dos estados do Pará e do Amazonas, além de atender as demandas de duas capitais - Manaus e Macapá.

Vale a pena ressaltar que ainda não foram elaborados o EIA e o RIMA para a LT em questão, uma vez que os mesmos são de responsabilidade dos ganhadores dos lotes licitados referentes a tal empreendimento.

A LT Tucuruí-Macapá-Manaus, prevista para implantação na margem esquerda do rio Amazonas, permitirá o atendimento a diversos municípios, alguns considerados centros regionais, como Itacoatiara, no Estado do Amazonas; Óbidos e Alenquer, no Estado do Pará; e Laranjal do Jarí, no Estado do Amapá. Além desses centros regionais, a LT possibilitará o suprimento de outros importantes municípios, como Urucará, Rio Preto da Eva, Silves, Itapiranga, São Sebastião do Uatumã, no Estado do Amazonas; Oriximiná, Curuá, Terra Santa, Faro, Juruti, Almerim, Prainha, Monte Alegre, no Estado do Pará; e Mazagão, no Estado do Amapá. Somam-se ainda as capitais, Manaus e Macapá, extremamente carentes de energia elétrica face ao significativo desenvolvimento que vem sendo observado nestas cidades nos últimos anos.

Além do aumento da oferta de energia nessas capitais, e atendimento aos municípios citados anteriormente, essa LT permitirá, ainda, a interligação do AHE Belo Monte ao SIN e a substituição da geração térmica a óleo dos sistemas isolados, com possível diminuição dos impactos ambientais gerados. Tal redução dos impactos, além dos benefícios já apresentados pelo Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental - R3 - publicado pela ANEEL, poderá ser analisada e observada após a elaboração do EIA e RIMA da LT em pauta.

a.2) Metodologia e Critérios para Seleção do Corredor da LT Tucuruí-Macapá-Manaus

Neste item apresenta-se, de forma sucinta, o desenvolvimento dos estudos das alternativas dos corredores para o traçado da LT Tucuruí-Macapá-Manaus, até a definição da alternativa selecionada.

Vários foram os fatores considerados para definição da alternativa selecionada. Dentre eles pode ser citada a viabilidade da travessia do rio Amazonas, inevitável para se chegar de Tucuruí a Macapá e a Manaus, isto devido à largura da mesma e custos envolvidos.

Segundo o R3 publicado pela ANEEL, outro condicionante importante foi a possibilidade de melhorar o suprimento de energia para os municípios da margem esquerda do rio Amazonas,

bem como a existência futura de uma carga de 485 MW no município de Oriximiná, devido à exploração de bauxita da Mineração Rio do Norte.

Foram observados ainda outros fatores para definição do traçado da LT, tais como a priorização de aproveitamento de:

- áreas próximas a estradas: facilidade de acesso para construção a manutenção;
- áreas próximas às subestações e linhas já existentes;
- áreas não alagáveis;
- proximidade dos núcleos urbanos da margem esquerda do rio Amazonas;
- áreas já antropizadas; e
- locais de travessias dos grandes cursos d'água com a menor extensão possível.

A definição da alternativa selecionada considerou ainda, do ponto de vista socioambiental, os seguintes critérios:

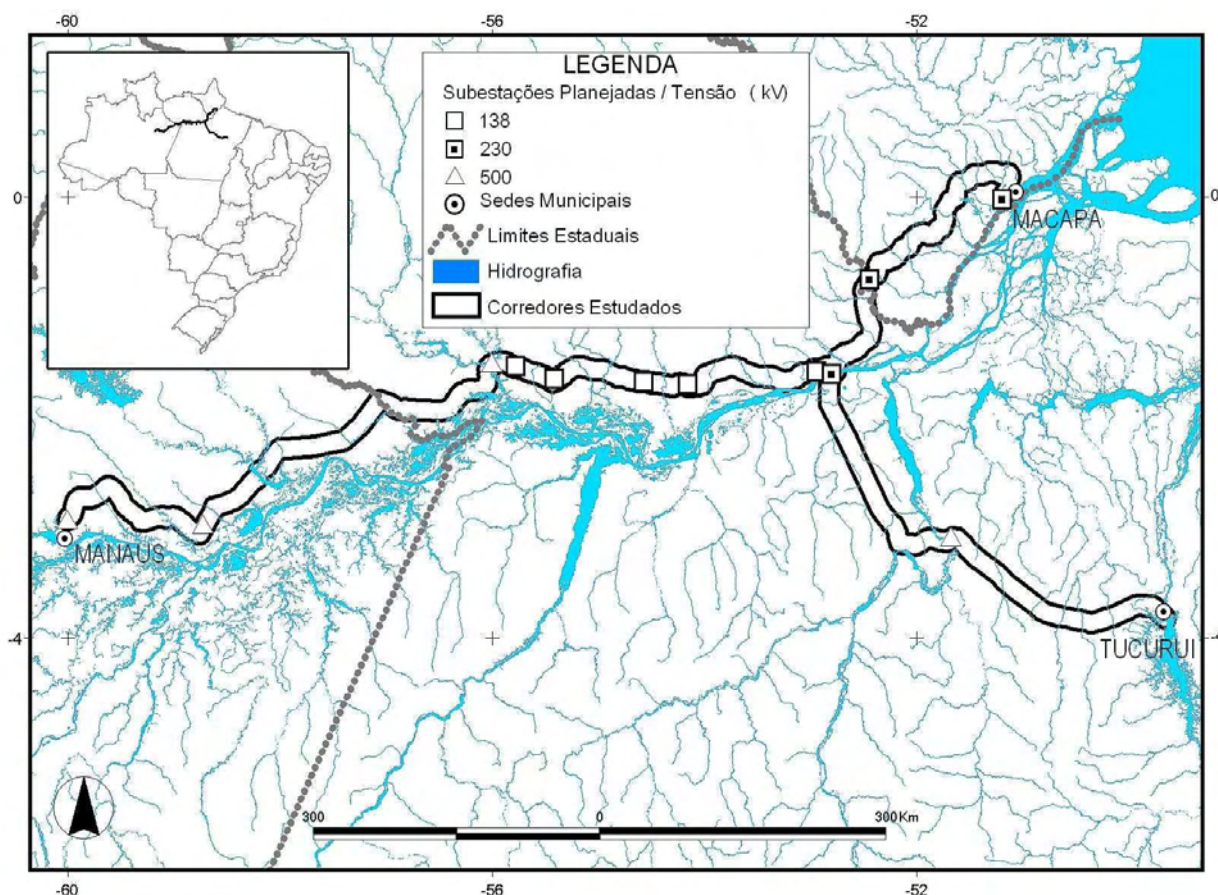
- evitar as áreas sob proteção legal (Terras Indígenas, Unidades de Conservação); e
- minimizar a interferência sobre áreas preservadas com cobertura de floresta natural e outros ecossistemas considerados relevantes, bem como com os núcleos urbanos.

Os estudos efetuados para elaboração do R3 foram executados com base em levantamento de informações em fontes secundárias; análise de bases cartográficas e bases de dados georreferenciadas; e observação e tratamento de imagens de satélite da época.

Com base nesse trabalho de análise de dados secundários, condicionantes consideradas e eliminação de demais possibilidades com restrições ambientais e de engenharia, foram identificadas duas alternativas de corredor, apresentadas a seguir.

a.3) Descrição das Alternativas dos Corredores da LT Tucuruí-Macapá-Manaus

– Alternativa da Margem Esquerda (vide FIGURA 4.2.4-19)



Fonte: Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental - R3 (ANEEL - Leilão nº 004/2008).

FIGURA 4.2.4-19 – LT Tucuruí – Macapá – Manaus - Alternativa da Margem Esquerda

A descrição do corredor observado na **FIGURA 4.2.4-19** foi dividida, no Relatório R3, em dois corredores principais, a saber:

- Corredor para Atendimento a Manaus (Estado do Amazonas)

De Tucuruí na direção Oeste, o corredor da LT segue até a SE Xingu, seguindo depois na direção Norte, acompanhando o rio Xingu pela sua margem esquerda. Atravessa o rio Amazonas, passando pela ilha de Jurupari (SE Jurupari), e segue na direção Oeste, passando ao Norte das localidades de Prainha, Monte Alegre, Alenquer, Curuá, Óbidos e Oriximiná (SE Oriximiná).

Mais adiante, o corredor contorna a Floresta Nacional (FLONA) Saracá-Taquera pelo seu flanco Sul até o rio Nhamundá. Atravessando o Nhamundá um pouco ao norte de sua foz, o corredor segue atravessando um trecho de floresta bastante densa até São Sebastião do Uatumã. Continua nessa direção sudeste até Itacoatiara (AM), onde está prevista uma Subestação e, daí, na direção Oeste até Manaus (SE Cariri).

No corredor de Tucuruí até a SE Cariri são previstos dois circuitos em 500 kV.

Da SE Oriximiná, é previsto um circuito em 138 kV para atendimento às localidades da margem esquerda do rio Amazonas – Óbidos, Alenquer e Monte Alegre.

Da SE Itacoatiara, na direção Nordeste, deverá ser estudado um corredor prevendo o atendimento em 138 kV aos municípios de Silves, São Sebastião do Uatumã e Urucara.

- Corredor para Atendimento a Macapá (Estado do Amapá)

Da Subestação Jurupari, o corredor segue na direção Nordeste até a SE Macapá, no município de mesmo nome, passando pela SE Laranjal, atravessando a Reserva Extrativista (RESEX) Rio Cajari e a Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Cariaú.

Nesse corredor são previstos dois circuitos em 230 kV até Macapá.

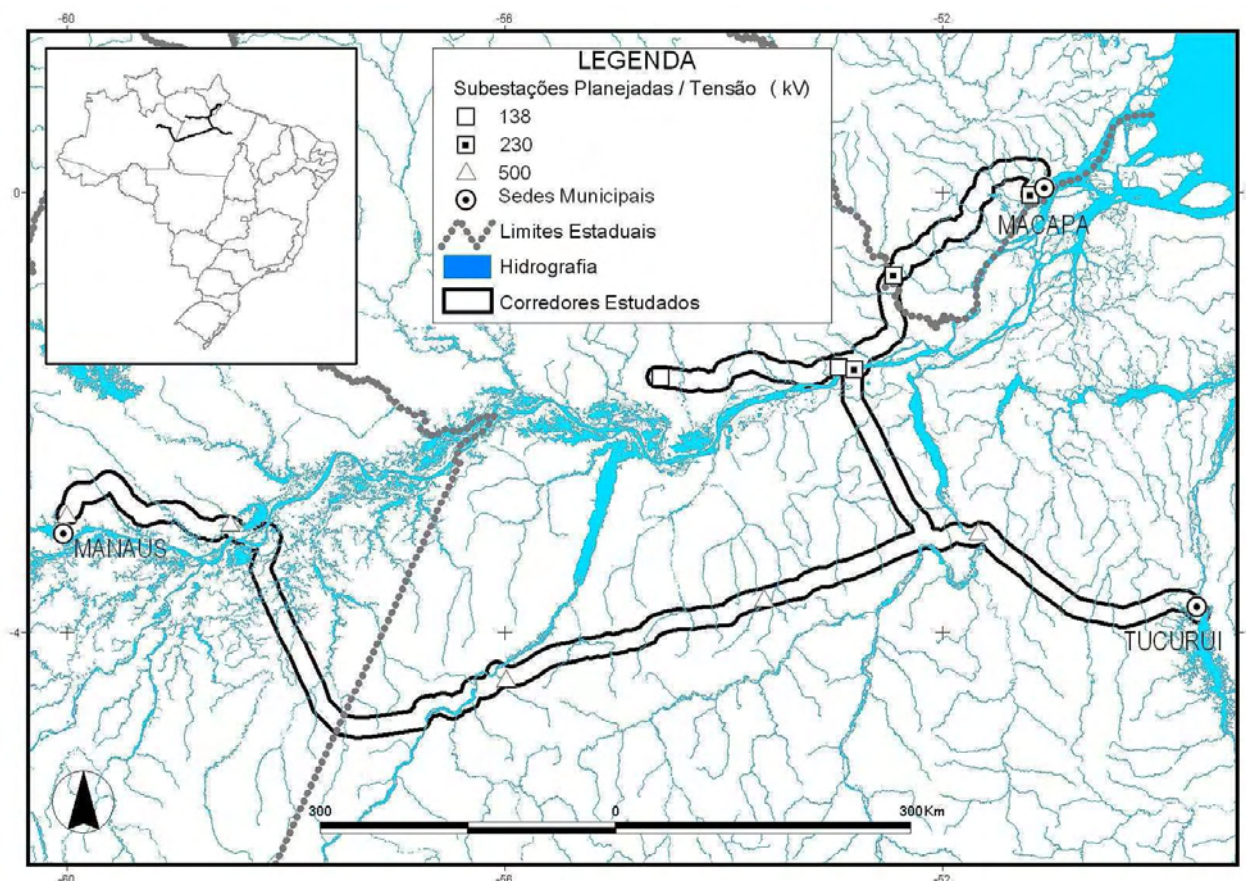
– **Alternativa da Margem Direita (vide FIGURA 4.2.4-20)**

Para esta alternativa, assim como na anterior, a descrição do corredor segue o critério de divisão em dois corredores principais, a saber:

- Corredor para Atendimento a Manaus (Estado do Amazonas)

De Tucuruí na direção Oeste, o corredor da LT passa pela SE Xingu e continua no trajeto da Rodovia Transamazônica (BR-230) até Itaituba (PA) (SE Itaituba). Neste trecho seria localizada a Subestação Uruará, no município de mesmo nome. De Itaituba contorna o Parque Nacional (PARNA) da Amazônia pelo seu flanco Sul, e toma a direção Noroeste até Urucurituba. Neste último trecho, atravessa a FLONA do Pau Rosa. De Urucurituba até Manaus, segue o mesmo trajeto já descrito.

No corredor de Tucuruí até a SE Cariri são previstos dois circuitos em 500 kV.



Fonte: Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental - R3 (ANEEL - Leilão nº 004/2008).

FIGURA 4.2.4-20 – LT Tucuruí – Macapá – Manaus - Alternativa da Margem Direita

- Corredor para Atendimento a Macapá (Estado do Amapá) e Localidades da Margem Esquerda do Amazonas

Da SE Xingu, este corredor proposto segue na direção Norte pela margem esquerda do rio Xingu, atravessando o rio Amazonas pela ilha de Jurupari. Da subestação prevista neste ponto, bifurca-se para Oeste até Alenquer e para Nordeste até Macapá (SE Macapá), passando pela SE Laranjal e atravessando a RESEX Rio Cajari e a APA do Rio Cariaú.

De Alenquer até Oriximiná deverá ser utilizado o corredor sugerido para a alternativa anterior para a instalação de circuito de 138 kV para atendimento às demais localidades da margem esquerda do rio Amazonas.

No corredor da SE Xingu até a SE Jurupari são previstos dois circuitos em 230 kV, que seguem até Macapá.

Da SE Jurupari até Alenquer estão previstos dois circuitos de 138 kV para atendimento aos municípios da margem esquerda do Amazonas.

Da SE Itacoatiara, na direção Nordeste, deverá ser estudado um corredor prevendo o atendimento em 138 kV aos municípios de Silves, São Sebastião do Uatumã e Urucará.

a.4) Caracterização Socioambiental dos Corredores Estudados para a LT Tucuruí-Macapá-Manaus

O Relatório R3 considerou uma largura de 20 km para estudo dos corredores, onde futuramente serão definidas as faixas de passagens de aproximadamente 60 a 100 m de largura. Esse estudo de corredor permite que, para implantação da LT, sejam evitadas algumas interferências, como as Unidades de Conservação e Terras Indígenas.

A seguir seguem extratos dos principais fatores socioambientais apresentados pelo R3.

- Alternativa da Margem Esquerda

A região estudada para a implantação da LT Tucuruí-Macapá-Manaus, que se insere na Amazônia Legal, caracteriza-se pela existência de diferentes ecossistemas, dentre eles as várzeas e as áreas de terra firme, onde se destaca a presença de uma extensa cobertura vegetal, floresta amazônica, e pequenas extensões de campo. No corredor selecionado para estudo foram identificadas três classes de uso do solo e cobertura vegetal, sendo a principal a cobertura por áreas florestais.

Nesta alternativa foram identificados 1.083 km de interferências com florestas, 141 km de várzea e 624 km de pastos ou agricultura, num total de 1.849 km.

Foram também identificadas muitas Unidades de Conservação e Terras Indígenas. Mesmo tendo o objetivo de não atingir áreas protegidas, legalmente esta alternativa interfere com nove Unidades de Conservação, sendo quatro de Proteção Integral e cinco de Uso Sustentável. As unidades da APA Rio Curiaú, RESEX Rio Cajari, Reserva Biológica de Campina, Reserva Florestal Walter Egler, Reserva Florestal A. Ducke e FLONA Saracá-Taquera são atingidas diretamente pelo corredor. As unidades da APA do Rio Negro, da FLONA de Mulata e Parque Estadual Nhamundá são atingidas de forma indireta, isto é, estão situadas a uma distância de até 10 km do corredor.

No caso das Terras Indígenas, foram consideradas apenas aquelas já demarcadas ou em processo de demarcação. Também neste caso considerou-se que as mesmas são atingidas de forma indireta quando estão a menos de 10 km do corredor. Sendo assim, verificou-se, nesta alternativa, interferências diretas com as Terras Indígenas Trocará e Urubu, e de forma indireta com a Terra Indígena Paraná do Aranto.

No trecho desta alternativa na margem direita do rio Amazonas existem ligações rodoviárias entre os municípios, à exceção de Porto de Moz, o que certamente acarretará maiores facilidades durante a construção e a operação da linha.

As diferentes formas de utilização dos recursos naturais (associados à grande diversificação social e os conflitos de natureza social, política, econômica e ambiental) são responsáveis pela geração de conflitos na região.

Foram identificadas áreas de conflito relacionadas à expansão dos grandes produtores de soja nos municípios de Alenquer, Monte Alegre e Prainha que decorrem da pressão que vem sendo exercida sobre as pequenas propriedades.

Outras áreas de conflito foram registradas nas regiões dos Lagos de Várzea, nos municípios onde a pesca possui grande importância, como ocorre em Almeirim e Itacoatiara, na disputa por esses ambientes. Ou ainda outros conflitos entre interesses comerciais e ambientais, como no município de Porto Moz, na exploração de madeira. Pode-se destacar também o conflito gerado pela exploração da bauxita em Oriximiná, em áreas ocupadas tradicionalmente por comunidades quilombolas e ribeirinhas.

- Alternativa da Margem Direita

No corredor correspondente a esta alternativa foram identificados 1.103 km de floresta, 157 km de várzea e 984 km de pasto ou agricultura, num total de 2.245 km.

O corredor em questão causa interferências em onze Unidades de Conservação, sendo quatro delas de Proteção Integral, e sete de Uso Sustentável. São afetadas diretamente pelo corredor as seguintes Unidades de Conservação: APA Rio Curiaú, RESEX Rio Cajari, Reserva Biológica (REBIO) Campina, Reserva Florestal A. Ducke, Reserva Ecológica Sauim Castanheira, PARNA Amazônia, FLONA Itaiuba 2 e FLONA Pau Rosa. São afetadas de forma indireta (a pelo menos 10 km de distância do corredor) as Unidades da APA do Rio Negro e FLONA de Mulata.

Relativamente às Terras Indígenas, são afetadas diretamente as de Trocará, Arara, km 43, S. Luiz Tapajós, Pimental e do rio Urubu, e de forma indireta as de Cachoeira Seca, Praia do Índio, Praia do Mangue e Panamá do Aranto.

Neste corredor destaca-se a Rodovia Transamazônica com um papel importante de interligação entre os municípios, assim como o transporte hidroviário, fatores que podem facilitar a construção e a operação da linha.

Também nesta alternativa, com economia diversificada e baixa densidade demográfica nos municípios, foram identificadas as mesmas áreas de conflito elencadas na alternativa da margem esquerda, à exceção da área de mineração de bauxita em Oriximiná.

a.5) Comparação Ambiental das Alternativas de Corredor

O Relatório R3 publicado pela ANEEL traça, ainda, uma comparação entre as alternativas de corredor, consubstanciando assim a definição da alternativa selecionada.

Em linhas gerais, esta comparação foi feita mediante a utilização de indicadores socioambientais previamente selecionados. Posteriormente, para cada indicador foi construído um índice, levando em conta fatores de ponderação atribuídos em função da maior ou menor importância dos componentes ambientais afetados. O estudo selecionou os seguintes indicadores:

- Interferência em áreas legalmente protegidas;
- Interferências ambientais por tipo de uso do solo (floresta, várzea, pasto/capoeira);
- Extensão de corredor sem apoio logístico, classificada por tipo de uso do solo;
- Extensão das travessias; e

- Densidade de circuitos por extensão corredor.

Já os Índices Ambientais associados a cada indicador foram construídos tomando-se como referência a alternativa que apresentasse a menor extensão para o aspecto enfocado. Com isto, quanto maior o índice maior a interferência da alternativa sob o aspecto em análise. Logo, foram criados os seguintes índices:

- Índice de interferência com áreas legalmente protegidas;
- Índice de interferências ambientais por tipo de uso do solo;
- Índice de interferência ambiental por extensão de corredor sem apoio logístico;
- Índice de interferência ambiental de extensão de travessias por extensão de corredor; e
- Índice de interferência ambiental por densidade de circuitos por corredor.

Com base no exposto, foi feita a comparação ambiental das alternativas mediante a agregação dos índices obtidos. A alternativa que apresentou o menor total foi considerada como a causadora de menor interferência ambiental, segundo os aspectos considerados. A **TABELA 4.2.4-45** resume os resultados desta comparação.

TABELA 4.2.4-45
Resultado da Comparação das Alternativas de Corredor.

CORREDOR	ÍNDICES					SOMA DE ÍNDICES
	TRECHOS SEM APOIO	USO DO SOLO	ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS	TRAVESSIAS	DENSIDADE DE CIRCUITOS	
Margem Direita	2,86%	2,51%	4,32%	2,68%	2,00%	14,37%
	20%	17%	30%	19%	14%	100%
Margem Esquerda	3,01%	2,77%	1,95%	2,52	2,26	12,51%
	24%	22%	16%	20%	18%	100%

Fonte: Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental - R3 (ANEEL - Leilão nº 004/2008).

O relatório concluiu que, de acordo com o quadro apresentado, três dos cinco índices considerados apontaram a alternativa da margem direita como a menos impactante ambientalmente (extensão do corredor sem apoio logístico, uso do solo e densidade de circuitos no corredor). Porém, no cálculo geral, pelos pesos atribuídos a cada índice individualmente, a alternativa da margem esquerda se revela mais aceitável, mesmo que por uma pequena margem.

Outro fator considerado foi que o atendimento às localidades da margem esquerda do rio Amazonas aumentou a extensão da alternativa da margem direita, penalizando a sua avaliação. Além disso, foi contemplado o fato de que se o atendimento estivesse previsto apenas para as capitais Manaus e Macapá, o resultado seria diferente.

O R3 descreveu, ainda, que a vantagem alcançada pela alternativa da margem esquerda se deu por duas razões principais: a expressiva diferença de resultado (120 %) no “índice de interferência em áreas legalmente protegidas”, favorável à alternativa da margem esquerda; e a pequena diferença entre as duas alternativas no resultado dos demais índices.

Logo, o Relatório R3 teve como conclusão principal que, de acordo com a análise socioambiental desenvolvida, a alternativa de corredor pela margem esquerda do rio Amazonas configura-se como mais favorável ambientalmente.

Apesar da conclusão apresentada, foi chamada a atenção para o grau significativo de incerteza decorrente do tipo de dados utilizados, escalas e demais fontes, além do fato de o sobrevôo ter sido efetuado apenas na margem esquerda e o alto grau de complexidade socioambiental do empreendimento, a ser tratado adequadamente em cada fase de desenvolvimento do projeto.

a.6) Descrição do Corredor Selecionado (Margem Esquerda - ME)

Segue a descrição dos trechos do corredor selecionado (ME), divididos em trechos no R3 para facilitar a posterior caracterização socioambiental, observando-se que esta será mais bem detalhada apenas nos trechos comuns deste empreendimento à proposta de interligação entre a Casa de Força Principal do AHE Belo Monte e a SE Xingu.

A seguir, apresenta-se o **QUADRO 4.2.4-14** com as coordenadas dos vértices dos trechos do corredor e das alternativas estudadas, uma breve descrição dos trechos, e um mapa geral de localização (**FIGURA 4.2.4-21**).

QUADRO 4.2.4-14
Divisão dos Trechos da Alternativa Selecionada.

						Continua
CORREDOR DE ESTUDOS – DIVISÃO EM TRECHOS – 500 kV						
Ponto de Referência	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas		Trecho Base	Trecho Alternativo
	N	E	Latitude (°)	Longitude (°)		
UHE Tucuruí	9.557.110,00	760.233,00	-3,82283546	-48,65683155	A	
Rio Xingu	9.655.642,00	422.983,00	-3,115244	-51,69313		
Cidade de Altamira	9.652.786,00 (fuso 22)	369.659,00 (fuso 22)	-3,140649	-52,173005	B	C
						D
Ilha Jurupari	9.826.511,00	972.136,00	-1,565272	-52,759374	E	

Fonte: Modificado do Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental - R3 (ANEEL - Leilão nº 004/2008).

QUADRO 4.2.4-14
Divisão dos Trechos da Alternativa Seleccionada.

CORREDOR DE ESTUDOS – DIVISÃO EM TRECHOS – 500 kV					Conclusão	
Ponto de Referência	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas		Trecho Base	Trecho Alternativo
	N	E	Latitude (°)	Longitude (°)		
					E	
Vila de São João	9.813.179,00	765.336,00	-1,68874	-54,615163		
					H	
Cruzamento da BR-163 /PA-254 com PA-139	9.825.609,00	640.425,00	-1,577372	-55,737665	J	
Margem Direita do Rio Trombetas	9.830.335,00	607.978,00	-1,534783	-56,029334		J'
Travessia do Rio Uatumã	9.722.609,00	366.680,00	-2,50906498	-58,19916394		J''
Rodovia AM-010	9.662.020,00	305.928,00	-3,056347	-58,74627		
					K	
SE Cariri	9.675.707,00	166.581,00	-2,92990765	-59,99886378		
Ilha Jurupari	9.826.907,00	304.267,00	-1,565272	-52,759374	M	
Rio Jari	9.910.448,00	334.772,00	-0,809925	-52,484836		G'
Margem Maracá-Pacú	9.987.382,00	409.495,00	-0,11415	-51,81332	G	
SE Santana	9.991.776,00	489.742,00	0,074404	-51,092184		

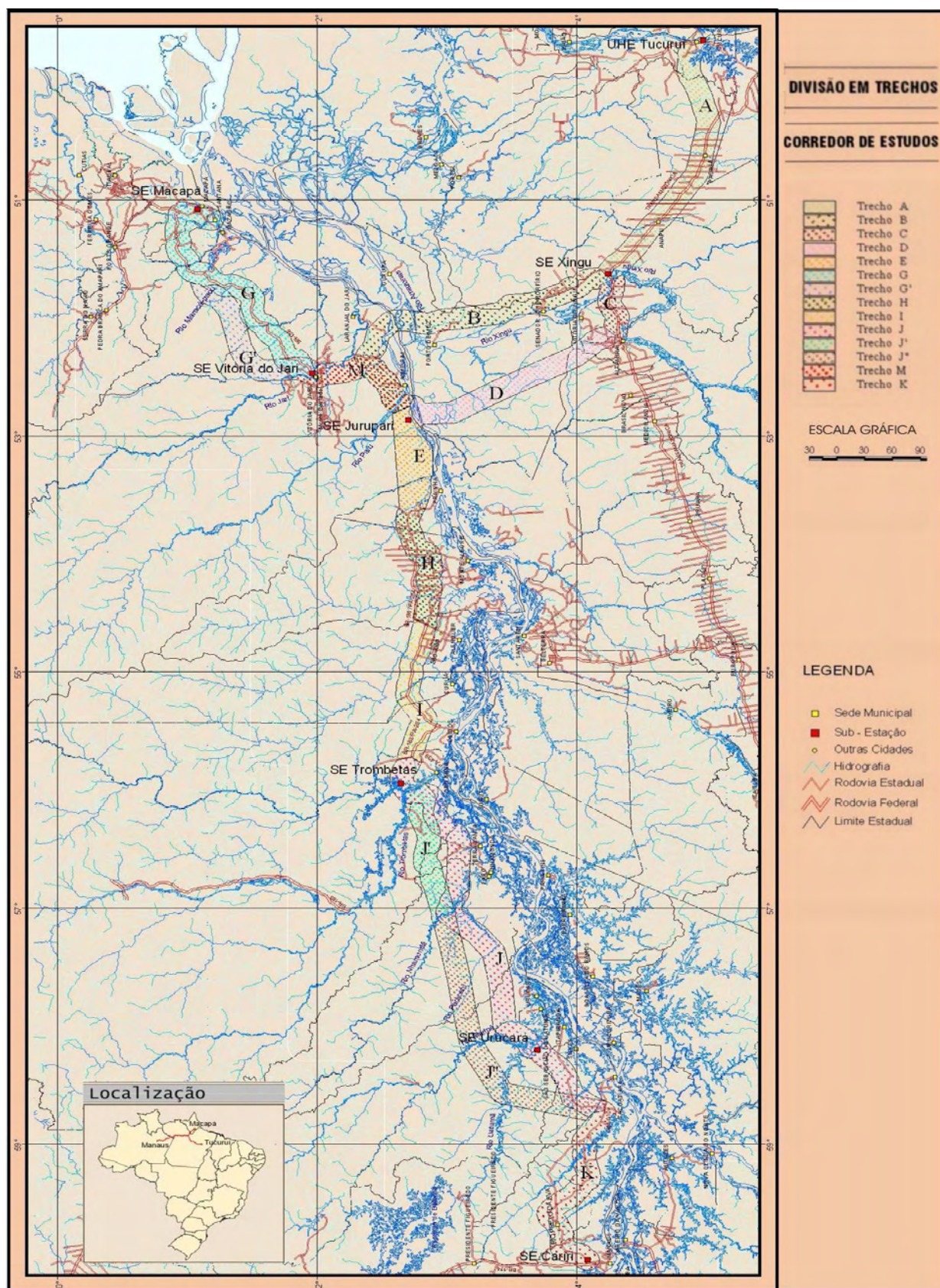
Fonte: Modificado do Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental - R3 (ANEEL - Leilão nº 004/2008).

- Trecho A

Iniciando-se em Tucuruí, o traçado segue em sentido sudoeste até a rodovia BR-230 e, margeando esta rodovia, segue até à margem direita do rio Xingu.

- Trecho B

Na margem esquerda do rio Xingu, no ponto onde termina o trecho A, o traçado da futura LT faz uma deflexão no sentido noroeste e acompanha o correr desse corpo hídrico, pela sua margem direita e a uma distância média do mesmo de aproximadamente 15 km, até chegar às margens do rio Amazonas pelo seu lado direito. A LT deverá atravessar o rio Amazonas pelas ilhas Ururicaia e Grande do Gurupá e, do outro lado do rio, este trecho passa pela cidade de Almerim, atravessa o rio Parú e segue até aproximadamente 13 km, quando se inicia o trecho E.



Fonte: Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental - R3 (ANEEL - Leilão nº 004/2008).

FIGURA 4.2.4-21 – LT Tucuruí-Macapá-Manaus - Traçado do Corredor Seleccionado

- Trecho C

Inicia-se às margens do rio Xingu do final do trecho A, atravessa o rio e continua margeando a BR-230 até a cidade de Altamira.

- Trecho D

Da cidade de Altamira segue para direção noroeste acompanhando o rio Xingu pela sua margem direita e a uma distancia média do mesmo de aproximadamente 40 km, até chegar às margens do rio Amazonas. O trecho atravessa o rio Amazonas pela ilha de Jurupari e chega ao ponto de confluência dos trechos B e E.

- Trecho E

Trecho que se desenvolve pela margem esquerda do rio Amazonas, dos pontos de confluência dos trechos B e D, até o cruzamento com a rodovia PA-419, onde se inicia o trecho H.

- Trecho G

O trecho inicia-se na margem esquerda do rio Jarí em frente à cidade de Monte Dourado, passando pela cidade do Laranjal do Jarí. O traçado segue margeando a rodovia BR-156, atravessa a RESEX do Jarí e chega na subestação de Santana.

- Trecho G'

O trecho do corredor inicia-se na margem esquerda do rio Jarí em frente à cidade de Monte Dourado, passa ao norte da RESEX do Cajari, juntando-se ao trecho G nas margens do rio Maracá Pacu.

- Trecho H

Trecho que se desenvolve pela margem esquerda do rio Amazonas, iniciando-se no cruzamento com a rodovia PA-419, seguindo até o cruzamento com a rodovia PA-254, a aproximadamente 30 km da cidade de Alenquer.

- Trecho I

Trecho que se desenvolve pela margem esquerda do rio Amazonas, iniciando-se no cruzamento com a rodovia PA-254, a aproximadamente 30 km da cidade de Alenquer, seguindo até próximo ao povoado de Renascença, no cruzamento das rodovias PA-254/PA-439, a cerca de 30 km da cidade de Oriximiná.

- Trecho J

Trecho que se desenvolve na margem esquerda do rio Amazonas, iniciando-se próximo ao povoado de Renascença, no cruzamento das rodovias PA-254/PA-439, a aproximadamente 30 km da cidade de Oriximiná (coordenadas 55°45'W; 1°35'S). Neste ponto, o trecho J segue pelas margens da rodovia PA-439 por aproximadamente 25 km, e logo após se direciona para o rio Trombetas, atravessando-o no ponto de coordenadas 56° 1' W; 1° 32' S, seguindo daí até o ponto de coordenadas 56° 5' W; 1° 40' S. Deste ponto, o trecho J segue até próximo à rodovia AM-010, aproximadamente nas imediações da Vila de Lindóia.

- Trecho J'

O trecho J' refere-se a uma variante alternativa do trecho J. O trecho J' passa ao sul dos limites da FLONA Saracá-Taquera, estando fora desta Unidade de Conservação, mas dentro de sua área de interferência. O trecho J' se inicia logo após a travessia do rio Trombetas (margem direita) e segue até as margens do rio Nhamundá (margem esquerda).

- Trecho J''

O trecho J'' refere-se a uma outra variante alternativa do trecho J, iniciando-se no rio Nhamundá (coordenadas 57° 4' W; 1° 35' S). Deste ponto, o trecho J'' segue no sentido sudoeste em uma deflexão de aproximadamente 40° em relação ao trecho J. O trecho J'' atravessa o rio Paracatu (coordenadas 57° 23' W; 2° 11' S), se deflexiona à direita seguindo até o rio Maripá (coordenadas 57° 55' W; 2° 17' S) e, neste ponto, faz uma nova deflexão, porém, à esquerda, atravessando o rio Uatumã, encontrando-se mais adiante com o trecho J, na altura da rodovia AM-010.

- Trecho K

Trecho que se desenvolve pela margem esquerda do rio Amazonas, iniciando-se próximo à rodovia AM-010 nas imediações da Vila de Lindóia, seguindo em paralelo a esta rodovia até a subestação de Cariri, próximo à cidade de Manaus.

- Trecho M

Refere-se à parte do trecho do corredor da LT de 230 kV que ligará a subestação próxima à cidade de Almerim, no lado esquerdo do rio Amazonas, à cidade de Monte Dourado. O trecho M se inicia às margens do rio Jarí, no ponto onde termina o trecho B. O trecho M margeia o rio Jarí até a cidade de Monte Dourado e daí segue até a SE Santana no Amapá.

a.7) Descrição da Diretriz Selecionada

As **TABELA 4.2.4-46** e **TABELA 4.2.4-47** apresentam, respectivamente, os percentuais das classes de uso e cobertura do solo obtidos no Relatório R3 a partir da interseção da Diretriz Preferencial com a base temática, e as distâncias totais da interligação Tucuruí-Macapá-Manaus. Nesta classificação, as 14 classes de uso e cobertura do solo, identificadas por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG), foram reagrupadas em 5 conjuntos, detalhados a seguir:

- Florestas: Contato de Floresta Densa e Floresta Estacional, Floresta Estacional, Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Aberta;
- Savanas: Cerradão, Vegetação Secundária e Cerrado Parque;
- Pasto/Agric.: Agropecuária e Silvicultura;
- Várzea: Áreas Alagáveis e Floresta de Várzea; e
- Outras: Água, Área Urbana e Mineração.

TABELA 4.2.4-46

Percentuais das Classes de Uso e Ocupação nos Trechos de Caracterização Ambiental

TRECHO	DISTÂNCIA (km)	FLORESTAS %	SAVANAS %	PASTO/AGRIC. %	VÁRZEA %	OUTRAS %
A	266,06	64,19	13,58	21,38	0,00	0,85
C	57,67	16,02	11,74	71,63	0,00	0,61
D	196,95	64,62	0,39	15,23	18,42	1,35
E	109,24	55,90	1,12	12,72	28,66	1,60
H	119,34	24,74	19,24	55,90	0,00	0,12
I	142,50	30,27	8,81	60,42	0,00	0,51
J'	174,64	78,53	1,68	15,19	4,33	0,27
J''	245,95	98,44	0,13	0,62	0,08	0,73
K	180,37	46,60	23,09	28,55	0,00	1,77
M	96,02	85,78	0,00	0,44	10,10	3,68
G	244,28	63,80	34,34	0,48	0,86	0,52

Fonte: Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental - R3 (ANEEL - Leilão nº 004/2008).

TABELA 4.2.4-47

Distâncias Totais da Interligação Tucuruí-Macapá-Manaus

TRECHO	TENSÃO (kV)	DISTÂNCIA (km)	TRAVERSAS (km)	DISTÂNCIA TOTAL (km)
Tucuruí / Manaus	500	1.492,72	8,79	1.501,51
Jurupari / Macapá	230	340,30	0,61	340,91
LT Tucuruí-Macapá-Manaus 500/230 kV				1.842,42

Fonte: Modificado do Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental - R3 (ANEEL - Leilão nº 004/2008).

a.8) Conclusões e Recomendações

Neste subitem são apresentadas, de maneira sucinta, as conclusões e recomendações definidas pelo relatório R3 publicado pela ANEEL.

Quanto aos principais objetivos da LT em questão, o R3 apresenta os seguintes:

- Suprimento das capitais Manaus e Macapá a partir da UHE Tucuruí;

- Integração dos sistemas isolados da região Amazônica (Amazonas e Pará) ao SIN;
- Adicionalmente, um melhor atendimento de energia elétrica às localidades situadas na margem esquerda do rio Amazonas; e
- Conseqüente melhoria na qualidade de vida dessas populações.

Outro aspecto apresentado foi o processo de escolha pela alternativa selecionada (ME), obtida pelo trabalho conjunto das equipes de engenharia e de meio ambiente. Este trabalho partiu de seis alternativas de corredor, posterior adoção de dois corredores para comparação ambiental (um em cada margem do rio Amazonas) e conclusão pela seleção do corredor da margem esquerda, devido às suas vantagens técnicas, econômicas e ambientais.

Além disso, a realização da análise de sensibilidade ambiental indicou uma diretriz preferencial para a LT dentro do corredor selecionado, o que, segundo o Relatório, facilitará seu detalhamento na etapa de estudos de impacto ambiental.

Foram ainda apresentadas as preocupações quanto aos trechos de maior complexidade construtiva e fragilidade ambiental, que levaram à recomendação das seguintes medidas:

- Elevação das torres de transmissão em áreas relevantes para conservação da biodiversidade; e
- Construção de “pontes brancas” em áreas alagadiças.

Estas duas medidas implicaram em custos adicionais, já incorporados nas estimativas de custo realizadas no Relatório R1 (Estudos Elétricos e de Viabilidade Técnico-Econômica - Leilão nº 004/2008 da ANEEL), em estimativa específica denominada “Custos na Região Amazônica”.

Como recomendações para as próximas etapas, o Relatório R3 indicou as seguintes:

- Apresentação dos estudos realizados aos órgãos ambientais para discussão de sua viabilidade e para definição de um Termo de Referência para o EIA e o RIMA;
- Detalhamento das bases cartográficas, dos mapeamentos e dos estudos de engenharia e de custos; e
- Elaboração de estudos de avaliação socioambiental e de sensibilidade ambiental a partir de mapeamentos mais detalhados para definição mais precisa da diretriz dentro do corredor selecionado.

b) Subestação Xingu

As características da SE Xingu foram apresentadas pela ANEEL através do Estudo de Viabilidade, Engenharia, Ambiental e Características Existentes, conforme observado no Edital do Leilão nº 004/2008 (Lotes A, B e C).

Dentro deste material, mais especificamente no Relatório R4 de Implantação (Características e Requisitos Básicos das Instalações), são descritas as especificações da SE Xingu 500/13,8kV.

Deve-se ressaltar que, conforme comentado no PDEE 2007/2016 (EPE, 2007), as necessidades de alterações na SE Xingu, em virtude da energia adicionada pelo AHE Belo Monte, deverão ser definidas futuramente no decorrer do desenvolvimento da implantação da LT Tucuruí-Macapá-Manaus.

b.1) Características Gerais

- Localização Aproximada e Área Prevista

Segundo o Relatório R4, a localização da SE Xingu está prevista nas proximidades da Volta Grande do rio Xingu, à margem direita e próxima à travessia da LT Tucuruí / Altamira – 230kV, em área a ser definida pela empresa ganhadora da licitação, levando em consideração as instalações relacionadas no citado relatório.

- Configuração Básica da SE Xingu – 500/13,8kV

O arranjo proposto no R4 é do tipo “Disjuntor e Meio”, no setor de 500kV e setor 13,8 kV. No **Apêndice 4-13** apresenta-se a configuração básica da SE em questão, à luz do seu Diagrama Unifilar Detalhado.

- Características dos Equipamentos Principais

Os equipamentos deverão atender às normas nacionais (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT) e internacionais em vigor e utilizadas no Setor Elétrico, que estão citadas, em acordo com o teor do Relatório R4, no **Apêndice 4-13**.

c) Interligação Casa de Força Principal e SE Xingu

Neste item é apresentada a caracterização do corredor proposto para locação das futuras linhas de transmissão em 500 kV responsáveis pela interligação da Casa de Força Principal e a SE Xingu. Lembra-se que esta proposta visa o escoamento da energia gerada pelo AHE Belo Monte e interligação ao SIN, por meio da LT Tucuruí-Macapá-Manaus, conforme previsto no PDEE 2007/2016, elaborado pela EPE (2007).

c.1) Metodologia

Para a presente proposta de interligação da Casa de Força Principal a SE Xingu e, conseqüentemente, ao SIN, é realizada uma caracterização considerando um corredor de estudo, com as seguintes dimensões: 10 km de largura e 21 km de extensão.

Posteriormente, durante o desenvolvimento do projeto, serão definidas as larguras das faixas de passagem e demais dimensionamentos de segurança, de acordo com as normas e legislações vigentes. A vantagem do estudo de corredor é a possibilidade de, durante a implantação da(s) linha (s) de transmissão, evitar algumas interferências com áreas importantes e com restrições.

Pode ser observado na **FIGURA 4.2.4-22** que o corredor estudado localiza-se no estado do Pará e abrange áreas dos municípios de Anapu, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio. Este corredor tem sua área inserida na Área Diretamente Afetada (ADA) e na Área de Influência Direta (AID) consideradas para o presente EIA do AHE Belo Monte e, logicamente, em parte do corredor da LT Tucuruí-Macapá-Manaus.

Observa-se assim, que a área do corredor já foi objeto de diversos levantamentos de dados, tanto para fins de Inventário Hidroenergético, Estudos de Viabilidade, EIA e RIMA do AHE Belo Monte, quanto dos estudos da LT Tucuruí-Macapá-Manaus.

Diante do exposto, os dados utilizados para caracterização do corredor proposto para interligação da Casa de Força Complementar, Principal e SE Xingu serão os levantados no âmbito do EIA do AHE Belo Monte, mais especificamente no que se refere às informações das ADA e AID, bem como no contexto dos estudos de Viabilidade, Engenharia, Ambiental e Características da LT Tucuruí-Macapá-Manaus, publicados pela ANEEL. Estas informações consistem em uma gama de dados secundários e levantamento de dados primários dos vários meios estudados (Físico, Biótico e Socioeconômico e Cultural).

Porém, para o presente trabalho, não se apresentará a caracterização do Meio Socioeconômico e Cultural, em virtude das características, impactos e influências sobre os municípios de Anapu, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, atingidos pelo corredor em estudo, já serem abordados e descritos neste EIA no âmbito das AID e ADA para o referido meio de estudo, respectivamente no capítulo 7 itens 7.9 e 7.10, deste EIA.

Neste contexto, será apresentada, nos próximos itens, a caracterização ambiental dos principais temas dos Meios Físico e Biótico do corredor proposto para futura ligação da Casa de Força Principal e SE Xingu, focando naqueles fatores ambientais considerados como de maior importância para diagnosticar, identificar e avaliar os impactos inerentes a um empreendimento de transmissão de energia elétrica.

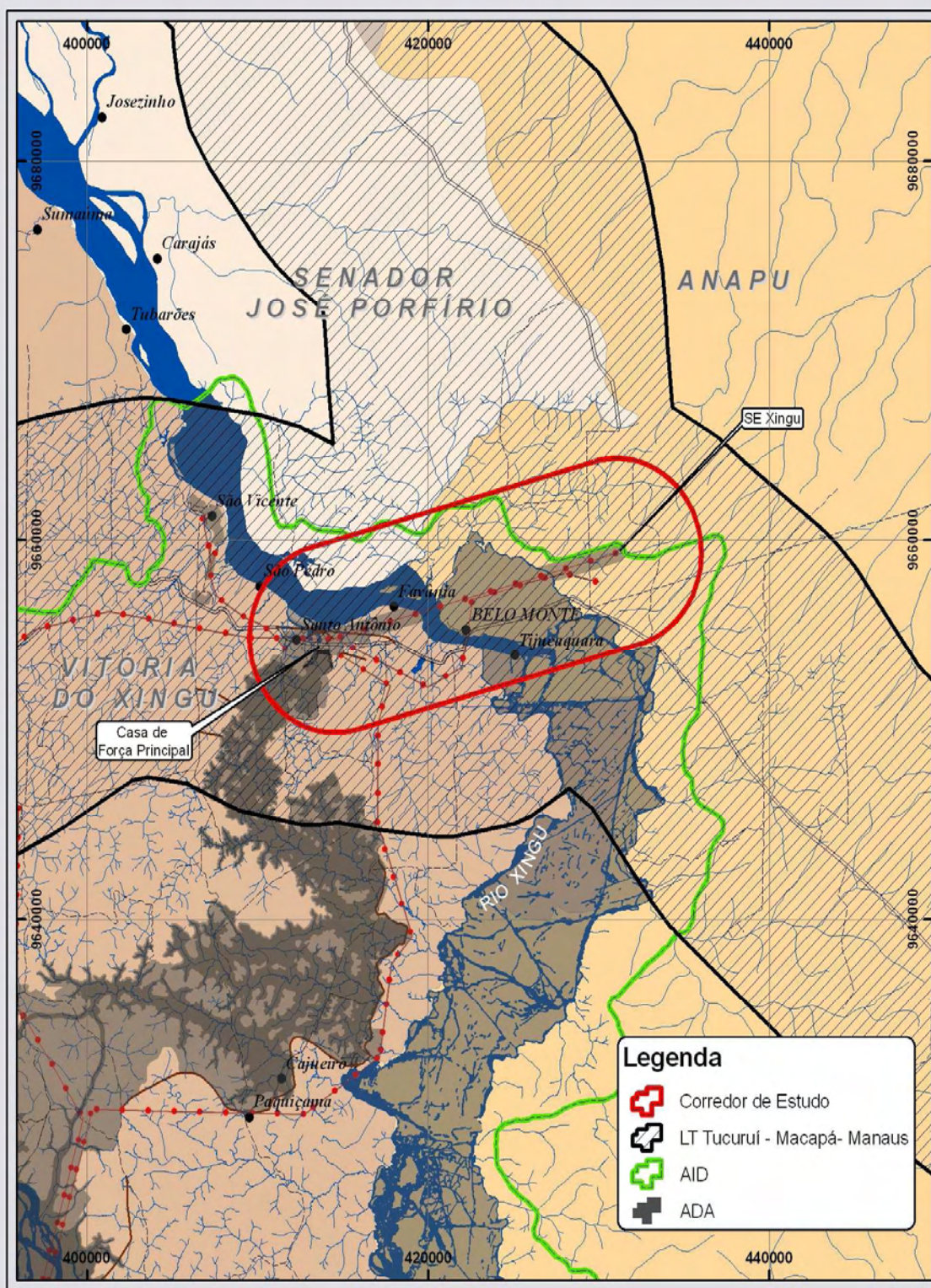


FIGURA 4.2.4-22 - Localização do Corredor e Áreas de Referência (ADA, AID e LT) para a Caracterização Ambiental da Interligação entre a Casa de Força Principal e a SE Xingu

c.2) Caracterização Socioambiental do Corredor

– Áreas de Influência

As ADA e AID considerada para o AHE Belo Monte são objeto de abordagem detalhada no Capítulo 6 do presente EIA – “Delimitação das Áreas de Estudo”. Em linhas gerais, o corredor estudado está inserido nestas áreas e na LT Tucuruí-Macapá-Manaus da seguinte forma:

- Área Diretamente Afetada (ADA)

- Área de Infra-estrutura da Obra

Em linhas gerais, a proposta de interligação está localizada no Sítio Belo Monte e chega à SE Xingu. Para o Sítio Belo Monte já estão previstas diversas obras de infra-estrutura, como alojamento, canteiro de obras, vias de acessos, alojamentos, áreas administrativas, etc., conforme antes já apresentado neste EIA (item 4.2.4.9.2)

- Áreas das Estruturas de Engenharia Componentes do Arranjo Geral

O corredor estudado também engloba algumas áreas ocupadas por estruturas de engenharia, componentes do arranjo geral do AHE Belo Monte, como a Casa de Força Principal, bem como suas áreas de segurança.

- Áreas de Preservação Permanente (APPs) Associadas

Pode-se citar a faixa de APP existente às margens do rio Xingu e dos futuros reservatórios do AHE Belo Monte, tanto das áreas rurais quanto urbanas.

- Área de Influência Direta (AID)

Conforme descrito no Capítulo 6 deste EIA, a definição da AID foi precedida da delimitação da área sujeita a intervenções territoriais do empreendimento (ADA). Logo, em linhas gerais, o corredor proposto, além do já apresentado para a ADA, inclui, dentro da AID, a região a jusante da Casa de Força Principal, onde foram investigados aspectos relativos a possíveis alterações hidrológicas e na qualidade das águas decorrentes da futura operação do AHE Belo Monte.

- LT Tucuruí-Macapá-Manaus

Conforme descrito anteriormente, e observado na **FIGURA 4.2.4-21**, o corredor de interligação da Casa de Força Principal à SE Xingu encontra-se nos trechos A, B e C do corredor apresentado pela ANEEL para LT Tucuruí-Macapá-Manaus.

– Meio Físico

- Aspectos Climatológicos e Recursos Hídricos

Em linhas gerais, o clima da área onde está localizado o corredor de estudo, segundo a classificação de Koppen, corresponde aos seguintes tipos climáticos:

- **Am:** Corresponde às florestas tropicais com chuvas do tipo monção, apresentando uma estação seca de pequena duração, com umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das formações fitoecológicas; e
- **Amw’:** Caracteriza-se por um clima tropical úmido, com uma estação seca pouco pronunciada, com precipitações muito elevadas.

Estes tipos climáticos possuem, ainda, as seguintes características:

- Temperatura média anual de 25° C, apresentando isotermas maiores, em torno de 26°;
- Totais pluviométricos anuais de 1.705 mm;
- Maiores precipitações no período de janeiro a abril, onde fevereiro é o mês de maior precipitação;
- Menores precipitações no período que vai de julho a outubro, sendo agosto o mês mais seco; e
- Umidade relativa do ar apresentando valores de isohigros em torno de 85%.

Quanto aos recursos hídricos pode-se observar que o principal corpo hídrico atravessado é o rio Xingu, já caracterizado pelo presente EIA.

Deve ser ressaltado que, durante a elaboração do projeto de implantação da interligação, as APP’s deverão ser mantidas preservadas, tanto nas margens do rio Xingu quanto nos demais cursos d’água de menor porte.

- Geologia

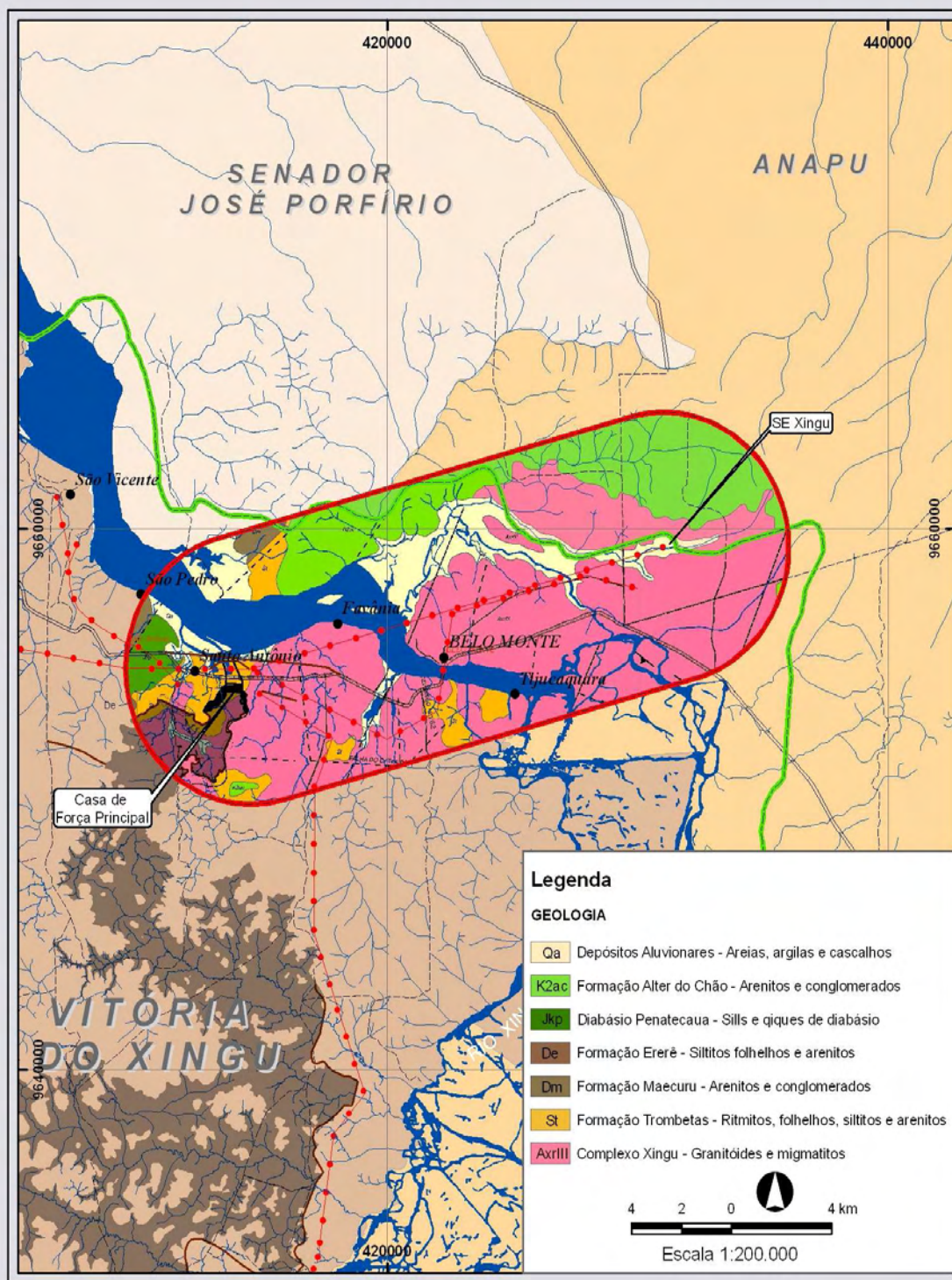
Os dados utilizados para a caracterização do corredor proposto foram sintetizados a partir do Capítulo 7 (Geologia e Recursos Minerais para as AID/ADA) do presente EIA e são ora apresentados.

A seguir será apresentada a disposição espacial das unidades geológicas envolvidas no presente estudo, a descrição simplificada destas unidades e a coluna estratigráfica aplicada ao corredor proposto (vide **QUADRO 4.2.4-15** e **FIGURA 4.2.4-23**).

QUADRO 4.2.4-15
Coluna Estratigráfica do Corredor de Estudo.

PROTEROZOI-CO	PÁLEO- PROTEROZOÍCO	PALEOZOÍCO	FANEROZOÍCO				QUATERNÁRIO
			MESOZOÍCO	CRETÁCIO	JURÁSSICO	DEVONIANO	
						De – Formação Ererê: siltitos, folhelhos e arenitos finos alternados e lentes de conglomerados com estratificação cruzada. Dm – Formação Maecuru: arenitos finos a médios, mal selecionados, brancos a amarelos com estratificação cruzada, lentes de conglomerados e arenitos conglomeráticos.	Qa - Depósitos aluvionares: areia de granulação fina a grossa, cascalhos, argilas, argilas arenosas e orgânicas e siltes, semiconsolidados a inconsolidados.
						St – Formação Trombetas: ritimitos, folhelhos escuros, piritosos e carbonosos, fossilíferos, gradando para siltitos, arenitos e nível basal conglomerático.	K2ac - Formação Alter do Chão: arenito grosso, friável, de cores variadas, com estratificação cruzada, níveis lenticulares de conglomerados maciços e argilas vermelhas. JKp – Diabásio Penatecaua: sills e diques de diabásio.
						AxrIII – Unidade III: Migmatitos de estruturas e composições variadas com enclaves de rochas das unidades I e II e granitóides subordinados.	

Fonte: Modificado do Capítulo 7 – item 7.7.4 (Geologia e Recursos Minerais – Diagnóstico AID/ADA) do EIA do AHE Belo Monte – LEME, 2008.



Fonte: Modificado do Capítulo 7 – item 7.7.4 (Geologia e Recursos Minerais – Diagnóstico AID/ADA) do EIA do AHE Belo Monte – LEME, 2008.

FIGURA 4.2.4-23 - Geologia do Corredor de Estudo

- Unidade do Embasamento Paleoproterozóico

- ✓ Unidade AxxIII – Migmatitos

As litótipos típicos da Unidade AxxIII são os migmatitos. Conforme observado na **FIGURA 4.2.4-23**, esta unidade é a predominante no corredor. Morfologicamente apresenta um relevo com formas côncavo-convexas, em alguns locais mais acidentadas e, em outros, mais aplainadas.

Os migmatitos são, em sua maior parte, constituídos por tipos diatexíticos evoluídos, principalmente nebulíticos e “*schlieren*”, de composição predominantemente granodiorítica e granítica. Aparecem, localmente, tipos ocelares, acamados e “*schollen*”, além de núcleos granitóides.

No Sítio Belo Monte os migmatitos apresentam neossoma de composição granítica de cor rosa (mais comum dentro desta unidade). A composição litológica dos migmatitos é bastante variada de acordo com a composição original, quantidade e grau de assimilação do paleossoma. Logo se observam composições graníticas e adamelíticas, em áreas de predomínio de neossoma, e composições tonalíticas e granodioríticas, nas áreas em que o paleossoma é mais comum.

- Coberturas Paleozóicas

O corredor estudado apresenta as seguintes unidades paleozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas:

- ✓ Formação Trombetas - St

Morfologicamente, a Formação Trombetas constitui uma pequena depressão no reverso da cuesta, difícil de ser reconhecida pela fotointerpretação e que, por vezes, encontra-se recoberta pelos sedimentos da Formação Maecuru. Encontra-se representada predominantemente por folhelhos negros a cinza-escuros, carbonosos,ossilíferos, piritosos, laminados e, em parte, expansivos, que gradam verticalmente a siltitos creme e arenitos muito finos, esbranquiçados. Estas litologias, por vezes, se alternam, constituindo verdadeiros ritmitos.

A Formação Trombetas foi proposta como Grupo Trombetas por alguns autores, onde definiram-se as Formações Autás-Mirim, Nhamundá, Pitinga e Manacapuru. Neste sentido, o Relatório R3 publicado pela ANEEL afirma que o Grupo Trombetas reúne as rochas sedimentares associadas ao estágio inicial da deposição da sinéclise, que ocorreu durante o neo-ordoviciano, em ambiente marinho, sob condições glaciais. Suas rochas são representadas por folhelhos e siltitos carbonosos e piritosos com arenitos, silexitos e lentes de diamictito, sobrepostos por arenito fino a médio com intercalações de siltito.

Na área do AHE Belo Monte, como um todo, a Formação Trombetas é representada principalmente pelo Membro Pitinga, assentado discordantemente sobre o embasamento cristalino e sobreposto, em discordância erosiva, pelos sedimentos da Formação Maecuru e Alter do Chão. Apresenta uma sucessão de ritmitos de folhelho-siltito e arenito muito fino, alternados com folhelhos negros e cinza escuros.

No Sítio Belo Monte, as rochas da Formação Trombetas, que ocorrem ao longo de quase toda a área de influência das barragens, são caracterizadas como folhelhos e ritmitos de cor cinza escura e preta, com concreções de sulfetos e trechos expansivos.

✓ Formação Maecuru - Dm

A Formação Maecuru, de idade devoniana, compreende um conjunto arenoso, com espessura em torno de 60 m, assentada, de forma discordante e erosiva, tanto sobre a Formação Trombetas como também sobre o Complexo Xingu, e recoberta pela Formação Alter do Chão, também com contato erosivo.

Acompanha a borda sul da bacia sedimentar, onde sustenta um relevo tabular, com encostas abruptas em forma de paredões e com rocha exposta, geralmente recoberta por películas de hidróxido de ferro/sílica. Constitui-se predominantemente de arenitos finos a médios, mal selecionados, brancos a amarelo avermelhados, com estratificação cruzada acanalada e subordinadamente com conglomerados em lentes maciças, arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada tabular e lentes decimétricas de argilito vermelho.

São reconhecidas diversas fácies dentro da unidade. Da base para o topo, apresentavam a seguinte seqüência: arenitos grosseiros com estratificação cruzada, arenitos bimodais com estratificação cruzada de grande porte e arenitos finos. Esta seqüência permite interpretar a unidade como o resultado de processos fluviais que evoluíram para processos costeiros. Durante esta evolução, foi possível a atuação de processos eólicos, tanto sobre os depósitos fluviais como sobre os depósitos próximos à costa. A freqüente ocorrência de cavernas na unidade pode estar relacionada à presença da fácies eólica, pois a ausência de matriz argilosa propicia a maior erodibilidade do arenito.

✓ Formação Ererê - De

A Formação Ererê, também de idade devoniana, é representada por siltitos e arenitos que ocorrem principalmente ao longo da Rodovia Transamazônica, onde sustentam um relevo tabular de encostas íngremes (côncavas), com inúmeros degraus (rupturas de declive) topográficos. Apresenta espessura de pelo menos 80 m e assenta-se sobre a Formação Maecuru.

Esta unidade é constituída por um conjunto muito variado de siltitos, arenitos muito finos, folhelhos e lentes de conglomerado que se alternam e apresentam estruturas tipo marcas onduladas, laminação cruzada e paralela e estratificação cruzada acanalada. Tem como principal característica a rápida variação faciológica. Os níveis arenosos, por vezes com mais de 0,5 m, podem apresentar grande erodibilidade.

– Unidades Mesozóicas

Após a deposição dos sedimentos paleozóicos ocorreu um extenso hiato deposicional, existindo somente uma formação sedimentar no Mesozóico (Formação Alter do Chão), de idade cretácea, e a intrusão de diabásio de idade jurássica (Diabásio Penatecaua).

✓ Diabásio Penatecaua – JKp

No corredor estudado, os corpos de diabásio ocorrem próximos a Casa de Força Principal e no

centro norte da Volta Grande do rio Xingu, associados principalmente aos sedimentos da Bacia Amazônica. Sustentam vertentes com declive alto e apresentam formas côncavo-convexas bem desenvolvidas, com padrão de drenagem geralmente sub-retangular. Ocorrem sob forma de *sills*, conforme observado intrudido entre as Formações Maecuru e Trombetas do Sítio Belo Monte, e secundariamente como diques, de configurações e espessuras variadas e geralmente limitadas por falhas. Encontram-se representados, principalmente, por diabásio negro-esverdeado, maciço, homogêneo e muito denso. Os produtos de alteração dessas rochas são representados por argilas siltosas vermelhas.

✓ Formação Alter do Chão - K2ac

Constitui-se de sedimentos arenosos, semiconsolidados e inconsolidados, laterizados e com crostas limoníticas, recobrimo discordantemente as unidades mais antigas. Ocupa os espigões mais altos, sustentando relevo plano (planaltos residuais tabuliformes) que, em conjunto, compõem uma ampla superfície de suave mergulho para a calha do rio Amazonas.

No Sítio Belo Monte é constituída por sedimentos arenosos semiconsolidados, amarelos e rosa esbranquiçados, variegados, representados por fácies de arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada tabular e arenitos grosseiros com estratificação cruzada acanalada, e por lentes de argila vermelha e de areia fina maciças. Suas ocorrências estão localizadas na porção norte do corredor estudado.

Por ser altamente permeável e apresentar níveis de argilito e/ou laterita impermeáveis, apresenta-se como extremamente erodível, com facilidade para instalação de voçorocas,

– Coberturas Cenozóicas

As coberturas cenozóicas compreendem sedimentos relacionados aos ciclos de aplainamento pós-mesozóicos. Estão representados por sedimentos detríticos em estágio inicial ou parcial de consolidação, correspondentes a terraços, aluviões e coluviões do Quaternário.

✓ Aluviões e Coluviões (Qa)

Os depósitos aluvionares e coluvionares distribuem-se superficialmente, recobrimo as unidades geológicas mais antigas. Os aluviões ocorrem em forma de terraços antigos em cotas mais elevadas ou em corpos alongados, acompanhando o curso das principais drenagens atuais, sob a forma de depósito de canal ou de várzea.

Os coluviões distribuem-se ao longo de depressões locais e nas encostas das principais elevações. Apresentam espessura e granulometria variáveis em função das condições topográficas e da natureza da área supridora dos sedimentos.

No sítio Belo Monte os coluviões constituem a cobertura superficial das encostas das elevações, com distribuição generalizada na área. Neste local, a sua constituição é muito variável, pois depende do material fonte, formado por solos residuais de diversas litologias.

• Geomorfologia

A presente caracterização geomorfológica tem como objetivo apresentar as características das unidades encontradas no corredor estudado e teve com principal fonte de dados as

informações presentes no Capítulo 7 (Geomorfologia) referentes ao diagnóstico do Meio Físico - AID e ADA constantes deste EIA.

Esta caracterização permite, para as etapas seguintes de estudo do empreendimento, avaliar as inter-relações e as interferências entre o relevo e o futuro projeto e com isso fazer considerações quanto à estabilidade da área e Suscetibilidade à erosão.

As unidades de relevo são abordadas mais profundamente no capítulo citado anteriormente. Logo, esta caracterização terá como enfoque as principais características dos tipos de terrenos visualizados na **FIGURA 4.2.4-24**, que apresenta a distribuição espacial destes tipos de terreno dentro do corredor em estudo.

- Morrotes e Morros

Estas formações estão mais concentradas ao norte da futura SE Xingu, porém com algumas manchas próximas à Casa de Força Principal. Os morros e morrotes apresentam amplitudes de 40 a 150 m e encostas com inclinação superior a 15%. Ocorrem erosão laminar em sulcos e rastejo localizados de média a baixa intensidade. São considerados ocasionais e de baixa intensidade, tanto o entalhe de drenagem quanto os movimentos de massa dos tipos escorregamento planar e queda de blocos.

Este relevo é sustentado em sua maior parte por rochas do embasamento cristalino e, quando ocorrem em arenitos, apresentam processos erosivos e de assoreamento de canais freqüentes e de alta intensidade.

- Morrotes

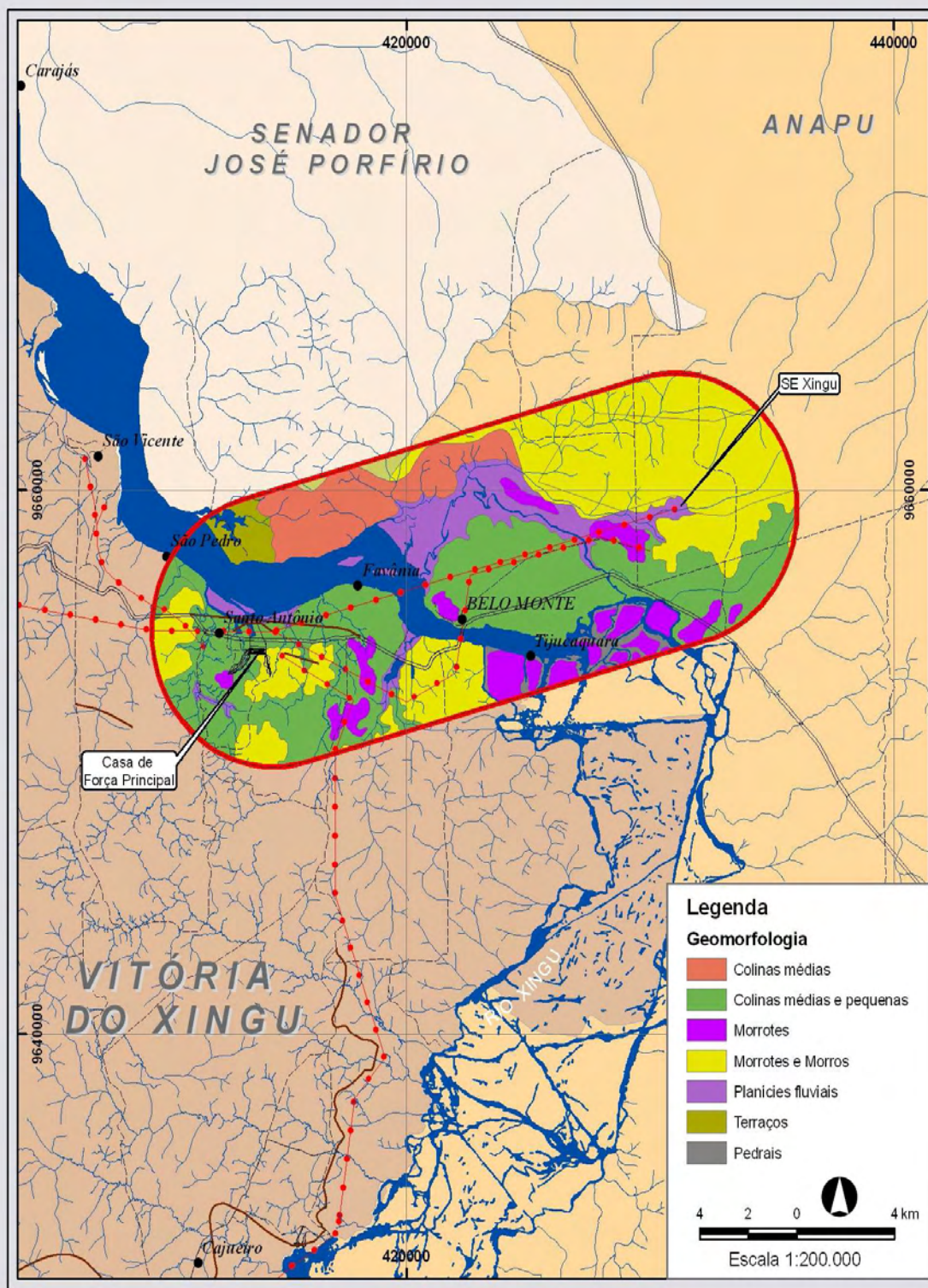
Este tipo de terreno apresenta amplitude de 20 a 40 m e encostas com inclinação de 15% a 30%. Os processos de erosão laminar, em sulcos e rastejo, são localizados e de média a baixa intensidade. Estes relevos sustentados por rochas do embasamento cristalino são terrenos sensíveis à interferência devido à inclinação de suas encostas.

Estes relevos formam ilhas dispersas pelo corredor proposto, porém mais concentradas nas margens do rio Xingu.

- Colinas Médias e Pequenas

Este tipo de terreno está localizado, no corredor em estudo, ao sul da futura SE Xingu, chegando às margens do rio e ao redor da Casa de Força Principal. Desenvolve-se associado às rochas do embasamento cristalino e constitui a Depressão da Amazônia Meridional. Este relevo é caracterizado por amplitudes de 20 a 60 m, encostas com inclinação inferior a 10%, e por apresentar processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa a média intensidade.

São terrenos pouco sensíveis à interferência antrópica, localizados nas margens do reservatório; devido à baixa inclinação das encostas, não são esperados problemas de estabilidade nessas áreas.



Fonte: Capítulo 7- item 7.7.6 (Geomorfologia – Diagnóstico AID/ADA) do EIA do AHE Belo Monte – LEME, 2008.

FIGURA 4.2.4-24 - Principais Tipos de Terrenos no Corredor Estudado

- Colinas Médias

Caracterizam-se por amplitudes de 30 a 80 m, encostas com inclinação de 3 % a 5 %, serem sustentadas por diabásios, arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos e ritimitos e apresentarem processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais e de intensidade média a baixa.

No corredor, este tipo de terreno pode ser observado ao norte da Casa de Força Principal.

- Terraços

Ocorrem de modo restrito ao norte da Casa de Força Principal, próximo a localidade de São Pedro, a jusante da localidade de Belo Monte. São áreas deposicionais planas constituídas por areia fina a média argilo-siltosa, com cascalho na base. Quando limitados por margem abrupta no rio Xingu, poderão apresentar problemas localizados de estabilidade de encosta. Apresentam erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa intensidade, pois não são mais inundados pelas cheias associadas ao rio Xingu.

- Planícies Fluviais

Estes relevos são terrenos planos constituídos por argilas e siltes, com eventuais níveis de areia fina e de cascalho, de cor bege acinzentada a cinza escuro, rica em matéria orgânica. Englobam a planície de inundação que é alagada no período das enchentes, sendo que os baixos terraços não mais atingidos pelas cheias anuais, somente por aquelas de caráter excepcional.

Nestes relevos ocorrem ainda brejos, alagadiços, lagoas, ilhas, praias, canais anastomosados, meandros abandonados, diques aluviais e cordões fluviais.

Estes relevos, que formam a maior parte da ilhas e as margens do rio Xingu, ocorrem ao longo dos principais canais fluviais.

- Pedrais

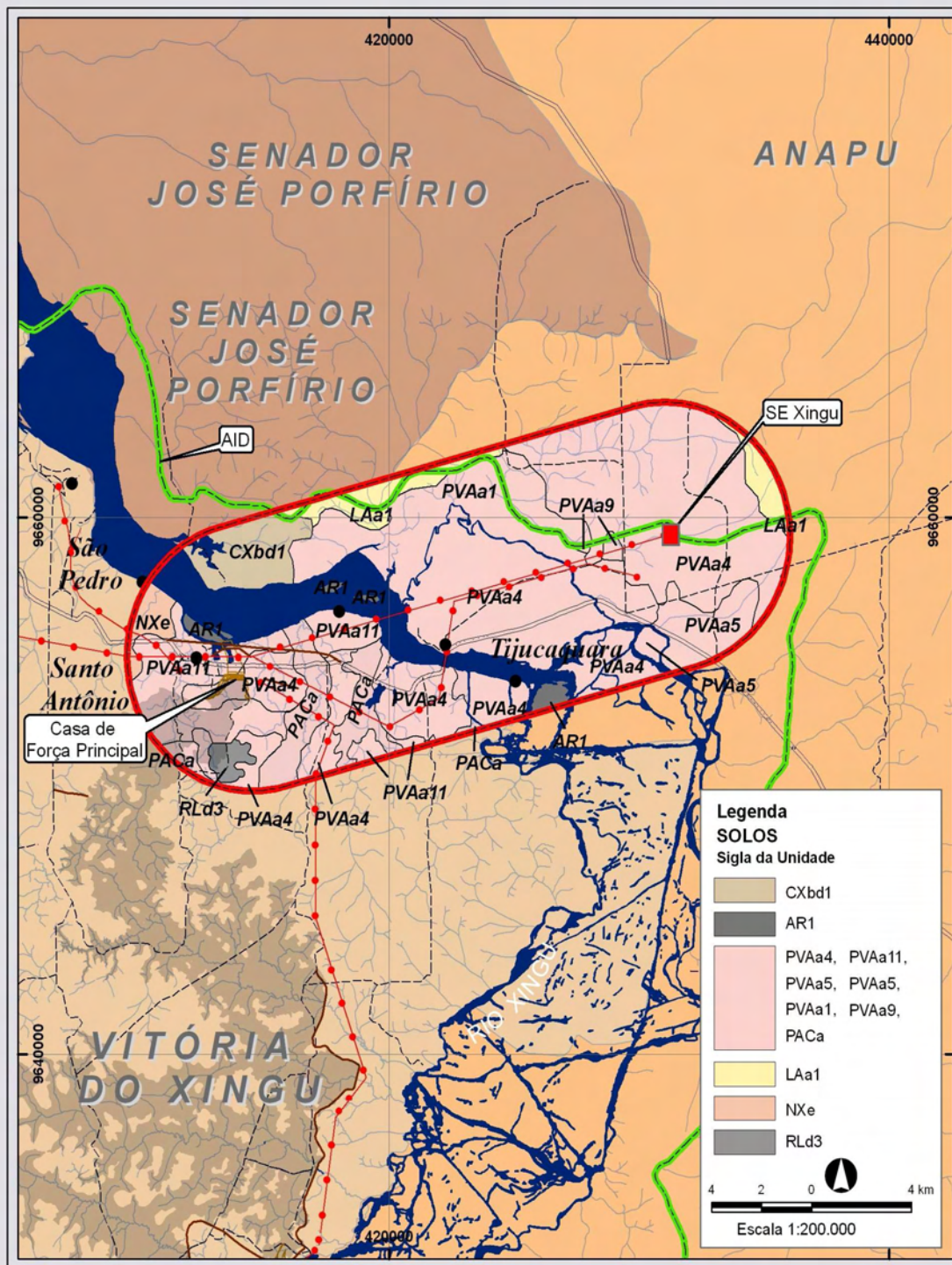
O canal fluvial do rio Xingu apresenta uma grande quantidade de ilhas aluviais, pedrais, corredeiras e cachoeiras de baixa queda. Nas ilhas formadas por sedimentos argilo-siltosos depositam-se barras constituídas por areia média e seixos que, na época de vazante, formam praias.

Geralmente os pedrais formam corredeiras entremeadas por algumas ilhas aluviais e estão presentes em canais anastomosados. Há que se observar, no entanto, que esta tipologia de relevo ocorre, apenas de forma restrita, na porção sul do corredor onde está o rio Xingu.

- Pedologia

A seguir, serão apresentados, em linhas gerais, os principais tipos de solos observados no corredor estudado para futura interligação da Casa de Força Principal à SE Xingu, observando-se que detalhes a respeito dos mesmos constam do Capítulo 8 (Pedologia) deste EIA, referente ao diagnóstico do Meio Físico para as AID e ADA do AHE Belo Monte.

A distribuição espacial das classes de solos e associações encontradas no corredor em estudo podem ser visualizadas na **FIGURA 4.2.4-25** e legenda descrita no **QUADRO 4.2.4-16**.



Fonte: Capítulo 7 - item 7.7.7 (Pedologia – Diagnóstico AID/ADA) do EIA do AHE Belo Monte – LEME, 2008.

FIGURA 4.2.4-25 - Distribuição dos Solos no Corredor Estudado

QUADRO 4.2.4-16
Classes de Solos Mapeadas no Corredor em Estudo

Sigla da Unidade	Solos
CXbd1	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico argissólico A moderado textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A moderado textura média/argilosa floresta ombrófila densa relevo ondulado
AR1	AFLORAMENTO DE ROCHAS + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico alumínico A moderado relevo ondulado e suave ondulado
PVAa1	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico típico A moderado textura média/argilosa + NITOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico A moderado textura argilosa floresta densa relevo suave ondulado.
PVAa4	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico típico A moderado textura média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A moderado textura argilosa floresta ombrófila densa e relevo ondulado
PVAa5	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico típico A moderado textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico A fraco textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico típico A moderado textura média/argilosa cascalhento floresta densa relevo suave ondulado.
PVAa9	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico típico A moderado textura média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico típico A fraco textura média + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico típico A moderado textura argilosa floresta ombrófila aberta e densa relevo suave ondulado e ondulado.
PVAa11	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico típico A moderado textura média/argilosa cascalhento + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico textura média + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico textura argilosa floresta ombrófila densa relevo ondulado e suave ondulado.
PACa	ARGISSOLO ACINZENTADO Alumínico plântico A moderado textura arenosa/média + PLINTOSSOLO HÁPLICO Alumínico típico A moderado textura média + GLEISSOLO HÁPLICO Tb Alumínico típico A húmico textura média formação pioneira arbustiva relevo suave ondulado e plano.
LAa1	LATOSSOLO AMARELO Alumínico típico A moderado textura muito argilosa + LATOSSOLO AMARELO Alumínico típico A moderado textura argilosa floresta densa relevo plano a suave ondulado.
NXe	NITOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico A moderado textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico A moderado textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A moderado textura média/argilosa floresta ombrófila aberta e densa relevo ondulado e suave ondulado
RLd3	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico A moderado textura média + AFLORAMENTOS ROCHOSOS savana arborizada e floresta ombrófila densa relevo montanhoso

Fonte: Modificado do Capítulo 7 – item 7.7.7 (Pedologia – Diagnóstico AID/ADA) do EIA do AHE Belo Monte – LEME, 2008.

- Suscetibilidade à Erosão das Terras

Outro aspecto considerado nessa caracterização da interligação do AHE Belo Monte ao SIN diz respeito à suscetibilidade erosiva, considerada importante em um empreendimento de transmissão de energia elétrica, uma vez que a cobertura vegetal é suprimida, mantendo apenas a vegetação rasteira, o que pode levar ao desenvolvimento de alguns processos erosivos caso não sejam tomadas as medidas preventivas necessárias. A importância deste aspecto parte ainda da interligação entre os processos erosivos, que causam a perda de solo, e sua influência na qualidade da água dos mananciais próximos.

Os estudos de suscetibilidade à erosão das terras realizados neste EIA (Capítulo 7, item 7.7.8) descrevem a interligação do clima, do relevo, solo e da vegetação, além da interação entre eles como os fatores condicionantes naturais da intensidade do processo erosivo em dado local. Apresentam, ainda, a importância da caracterização da suscetibilidade à erosão das terras como ferramenta de identificação das áreas mais frágeis e sujeitas à degradação, que devem, portanto, serem utilizadas e manejadas com maior cuidado, ou mesmo preservadas ou mantidas sem utilização.

A metodologia empregada neste EIA caracterizou a suscetibilidade à erosão das terras a partir da atribuição de graus de suscetibilidade devidos aos condicionantes físicos representados por geologia-geomorfologia (tratados em conjunto) e pedologia, interpretados de maneira integrada, empregando técnicas de geoprocessamento para combinação das informações temáticas. A atribuição de graus de Suscetibilidade será descrita sucintamente a seguir.

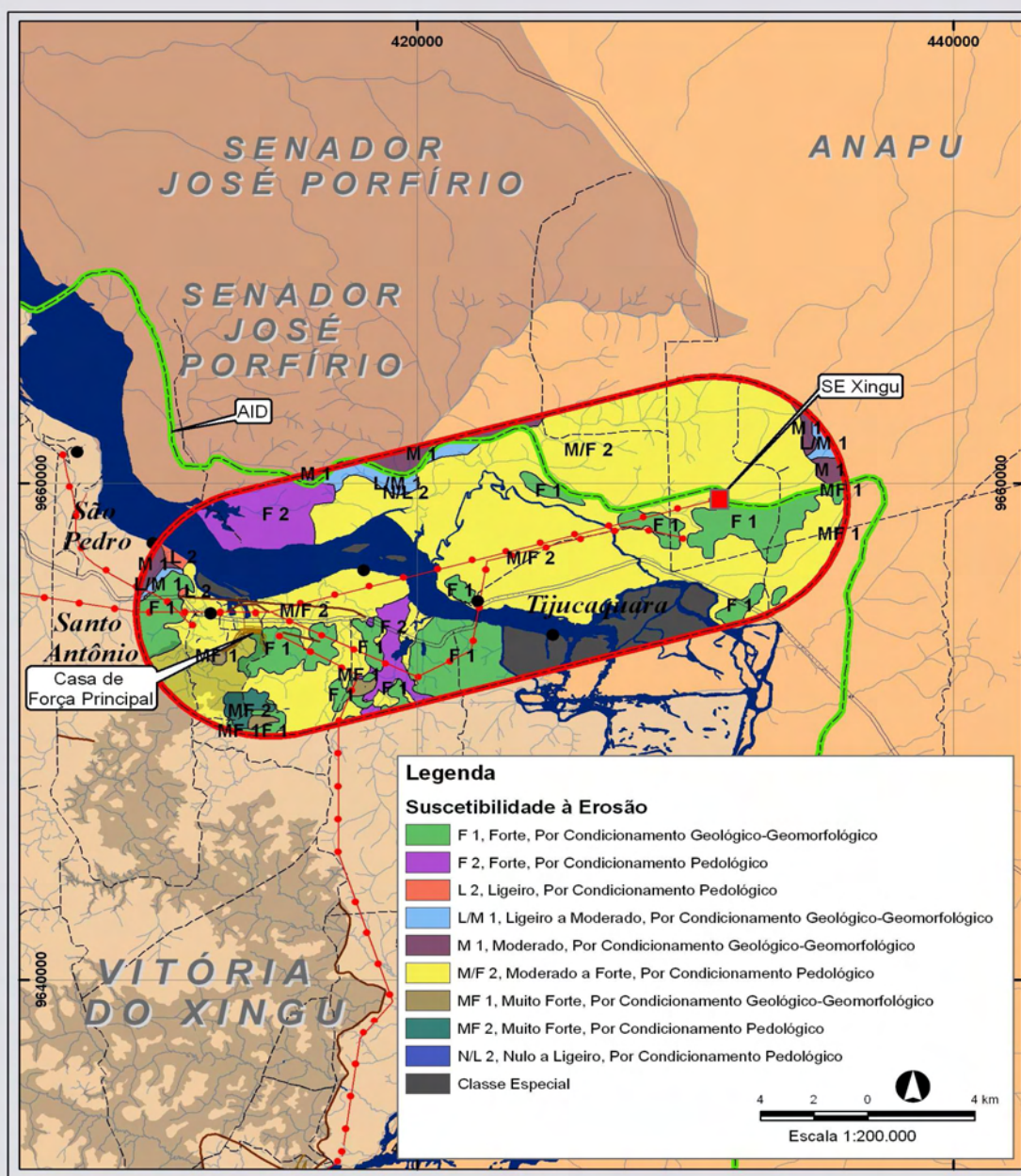
No mapa resultante, cada polígono ficou sendo caracterizado por dois graus de suscetibilidade à erosão, por exemplo, N-N/L, significando grau nulo por condicionamento geológico-geomorfológico e nulo a ligeiro por condicionamento pedológico, respectivamente. A classificação final foi definida com base no grau mais restritivo; no caso do exemplo acima, na reclassificação final o polígono recebeu o N/L 2 (nulo a ligeiro por condicionamento pedológico). No caso de coincidência dos graus de limitação relativos aos dois fatores condicionantes, na representação no mapa final foi utilizada a legenda do condicionamento geológico-geomorfológico, privilegiando essa categoria.

A **FIGURA 4.2.4-26** apresenta o Mapa de Suscetibilidade à Erosão das Terras do corredor estudado para interligação do AHE Belo Monte ao SIN e referência na legenda ao tipo de relevo ou classe de solo em questão que justifica o grau de Suscetibilidade à erosão encontrado no corredor em estudo (**QUADRO 4.2.4-17**).

A suscetibilidade à erosão das terras do corredor de estudo, apesar de apresentar uma certa variação, tem predominância de solos de grau moderado a forte, representada principalmente pela legenda como M/F2 (Moderado a Forte por Condicionamento Pedológico). Conforme descrito no **QUADRO 4.2.4-17**, são terras de relevos de Rampas, Colinas médias e pequenas, com ocorrência generalizada de solos de erodibilidade média a alta das classes de Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos Alumínicos.

As terras denominadas como de classe especial estão sujeitas aos processos fluviais e são as ilhas da Volta Grande do rio Xingu, de relevos de planícies fluviais e morrotes, com afloramentos rochosos e extensos “pedrais” em corredeiras e cachoeiras, submetidas a uma dinâmica erosiva e deposicional, com predominância de processos fluviais, dependentes da alternância entre períodos de cheia e de estiagem, que sobrepujam em importância a suscetibilidade à erosão superficial.

Deve-se com isso serem tomados os devidos cuidados durante as etapas de implantação das linhas de transmissão que interligarão o AHE Belo Monte ao SIN, no que diz respeito aos processos erosivos. Tais cuidados devem ser preferencialmente preventivos, no sentido de se manter a cobertura vegetal das áreas e durante a abertura dos acessos necessários, principalmente nas áreas que apresentaram Suscetibilidade à erosão muito forte, seja por condicionamento geológico-geomorfológico ou pedológico.



Fonte: Capítulo 7 – item 7.7.8 (Suscetibilidade à Erosão das Terras – Diagnóstico AID/ADA) do EIA do AHE Belo Monte – LEME, 2008.

FIGURA 4.2.4-26 – Suscetibilidade à Erosão das Terras no Corredor de Estudo

QUADRO 4.2.4-17

Legenda do Mapa de Suscetibilidade à Erosão das Terras

Suscetibilidade à Erosão Nula a Ligeira (N/L)
N/L 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevo de Planícies de inundação e fluvial com ocorrência de solos de baixa erodibilidade das classes de Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos de textura argilosa Suscetibilidade à Erosão Ligeira (L) L 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevo de Planície de inundação com ocorrência de solos de baixa erodibilidade da classe de Gleissolos Háplicos Tb Alumínicos A húmico. Suscetibilidade à Erosão Ligeira a Moderada (L/M) L/M 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de relevos de Rampas, Colinas médias e Colinas médias e pequenas com ocorrência predominante de solos de baixa erodibilidade da classe de Latossolos Amarelos de textura média. Suscetibilidade à Erosão Moderada (M) M 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de relevos de Colinas médias e pequenas com ocorrência de solos de baixa erodibilidade da classe de Latossolos Amarelos Alumínicos textura argilosa e muito argilosa e média. Suscetibilidade à Erosão Moderada a Forte (M/F) M/F 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevos de Rampas, Colinas médias e pequenas, com ocorrência generalizada de solos de erodibilidade média a alta das classes de Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos Alumínicos. Suscetibilidade à Erosão Forte (F) F 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de relevos de Morrotes e morros e de Morrotes com ocorrência de solos de média a alta erodibilidade das classes de Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos, ambos Alumínicos, de Neossolos Litólicos Distróficos típicos e Cambissolos Háplicos Distróficos típicos. F 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevos variados com ocorrência de solos de erodibilidade alta e média das classes de Plintossolos Háplicos Alumínicos, Plintossolos Pétricos Concrecionários, Cambissolos Háplicos Tb Distróficos argissólicos e Argissolos Amarelos Alumínicos plínticos. Suscetibilidade à Erosão Muito Forte (MF) MF 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de Escarpas dissecadas com ocorrência de solos de erodibilidade média a alta das classes de Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos, ambos Alumínicos, e Espodossolos Cárbicos. MF 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevos variados com ocorrência de Afloramentos de Rocha e solos de alta erodibilidade das classes de Neossolos Litólicos Distróficos e Planossolos Hidromórficos Distróficos. Outras Áreas E – Classe Especial Terras das ilhas da Volta Grande do rio Xingu, de relevos de planícies fluviais e morrotes, com afloramentos rochosos e extensos “pedrais” em corredeiras e cachoeiras, submetidas a uma dinâmica erosiva e deposicional, com predominância de processos fluviais, dependentes da alternância entre períodos de cheia e de estiagem, que sobrepujam em importância a Suscetibilidade à erosão superficial.

Fonte: Modificado do Capítulo 7, item 7.7.8 (Suscetibilidade à Erosão das Terras – Diagnóstico AID/ADA) do EIA do AHE Belo Monte – LEME, 2008.

– **Meio Biótico**

• **Uso da Terra e Cobertura Vegetal**

A seguir serão apresentados os resultados do diagnóstico do uso do solo e cobertura vegetal do corredor em estudo para interligação da Casa de Força Principal e a SE Xingu.

Esta caracterização segue a metodologia e utiliza-se dos dados apresentados no Diagnóstico do Uso da Terra e da Cobertura Vegetal da Área de Influência Indireta – AII e da Área de Influência Direta – AID deste EIA, assim como do Relatório R3 da LT Tucuruí-Macapá-Manaus, apresentada pela ANEEL.

A **FIGURA 4.2.4-27** a seguir mostra a distribuição espacial das classes de uso do solo e cobertura vegetal, na escala de 1:200.000.

Em virtude da utilização de variada fonte de informações, a legenda da figura mostra individualizações e associação de tipos de uso e formações vegetais, porém sem prejuízo à informação necessária para caracterização do corredor. Estas dificuldades também puderam ser observadas nos trabalhos consultados para a elaboração do diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal deste EIA (vide capítulo 7, item 7.5.3.1), nos quais se citou a pequena área de ocorrência de algumas classes, a escala de trabalho, as restrições de acesso, limitações dos produtos de sensoriamento remoto e complexidade ambiental natural.

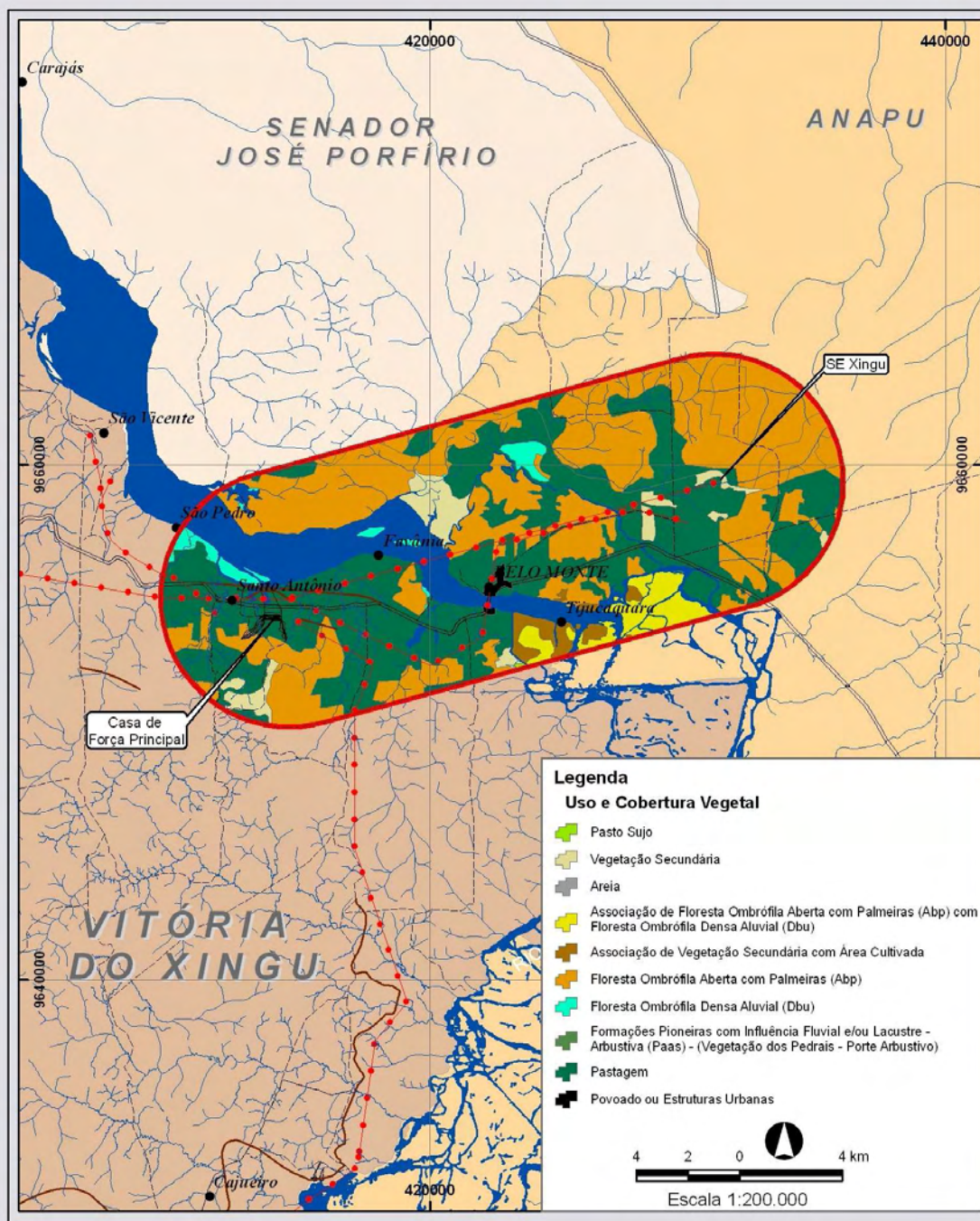
Pode-se observar na **FIGURA 4.2.4-27** que as classes dominantes, no corredor proposto, correspondem à Floresta Ombrófila Aberta com Palmeiras e a áreas de Pastagem. Porém, várias outras classes de uso do solo e cobertura vegetal são observadas nestes corredores, cujas principais características são apresentadas, de maneira sucinta, a seguir.

– **Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial)**

É a chamada floresta ombrófila tropical amazônica ou pluvisilva, ou ainda floresta tropical úmida. A floresta densa é caracterizada, sobretudo, pelas suas grandes árvores, freqüentemente de alturas superiores a 50 m, que sobressaem de um docel florestal bem uniforme com árvores de 25 a 35 m de altura (Relatório R3) e localizadas nos terraços aluviais e nos tabuleiros terciários.

Este tipo de vegetação é subdividido em cinco formações, em virtude da hierarquia tipográfica, influenciadas por ambientes distintos, devido a variações altimétricas.

- ✓ Formação aluvial: não varia topograficamente e apresenta-se nos terraços aluviais;
- ✓ Formação das terras baixas: corresponde a altitudes variando em virtude da latitude, mas não ultrapassando 100 m; e
- ✓ Formação submontana: situada nas encostas dos planaltos e/ou serras, a partir de 100 m até no máximo 600 m.



Fonte: Diagnóstico do Uso da Terra e da Cobertura Vegetal da Área de Influência Indireta – AII e da Área de Influência Direta – AID - EIA do AHE Belo Monte – LEME, 2008.

FIGURA 4.2.4-27 - Uso da Terra e Cobertura Vegetal do Corredor de Estudo

- ✓ Floresta de terra firme, que apresenta pouca diferença em relação à aluvial (periodicamente inundada). A principal diferença é o maior porte das árvores, troncos mais grossos, esgalhados, maior número de cipós e maior número de espécies que perdem as folhas nos meses mais secos.
- ✓ Floresta densa aluvial, que difere também da de terra firme por apresentar um número menor de espécies e pela menor altura de suas árvores nos estratos mais elevados. Não havendo excessiva diminuição de água no solo em qualquer parte do ano, ela se mantém sempre verde.

Nas áreas mais altas e nos baixios, onde o solo é mais úmido e arenoso, ocorrem as palmeiras, como o babaçu.

– Floresta Ombrófila Aberta

A Floresta Ombrófila Aberta foi considerada durante muitos anos como fisionomia florestal composta de árvores mais espaçadas, com estrato arbustivo pouco denso.

É representada por três grupos de formação: das Terras Baixas, Submontana e Montana. Ocorre em clima que pode apresentar um período com mais de 2 e menos de 4 meses secos, com temperatura médias entre 24°C e 25°C.

Esta formação pode ocorrer com alteração de fisionomia, denominada floresta-de-palmeiras, com predominância de babaçus e inajás, e a denominada floresta de cipó.

A Floresta Ombrófila Aberta com Palmeiras (Florestas Ombrófilas Abertas com Palmeiras – Florestas de Terra Firme com Palmeiras) está compreendida entre 4° de latitude Norte e 16° de latitude Sul, em altitudes que variam de 5 m até 100 m, apresentando predominância da faciação com palmeiras.

Nos Estados do Piauí e Maranhão pode ser considerada como uma floresta-de-babaçu. Atualmente, esta formação faz parte da vegetação secundária que resultou da devastação florestal, sucedida por uma agricultura predatória. Esta aos poucos foi substituída pelo adensamento de babaçu, que domina a paisagem.

A fitofisionomia é caracterizada pela presença de grandes palmeiras com altura de até 30 m. Entre as palmeiras destacam-se espécies como o babaçu (*Attalea speciosa*), inajá (*Attalea maripa*), paxiúba (*Socratea exorrhiza*), bacaba (*Oenocarpus bacaba*) e, em menor escala, o patauá (*O. bataua*).

– Formações Pioneiras

As áreas classificadas como formações pioneiras são as comunidades vegetais de primeira ocupação de caráter edáfico, que ocupam os terrenos rejuvenescidos pelas seguidas deposições de areias e solos. Nos estudos consultados para a elaboração deste EIA (Capítulo 7, item 7.5.3.1) foi identificada apenas a vegetação pioneira com influência fluvial.

A Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre - arbustiva (Vegetação dos Pedrais, Vegetação Arbustiva sobre Afloramento Rochoso – Pedregal ou Lajeiro) ocorre sobre rochas graníticas afloradas no leito do rio Xingu e pertence ao Complexo Xingu.

A diversidade da vegetação dos pedregais é baixa, incluindo no máximo 50 espécies. No entanto, as populações de algumas espécies são de tamanhos consideráveis, o que pode produzir elevada variabilidade genética intra-específica.

Entre as espécies que exploram com habilidade este ambiente está o camu-camu ou caçari (*Myrciaria dubia*), um arbusto de até 5 m de altura, bastante ramificado e com densa folhagem na época da seca. Associadas ao camu-camu, vivem outras espécies vegetais como o acapurana (*Campsiandra laurifolia*, Caesalpiniaceae), *Acosmium nitens* (Fabaceae).

A altura média do dossel das manchas deste tipo de vegetação é baixa, variando entre 4 a 5 m, e as populações vegetais são descontínuas.

– Vegetação Secundária (Capoeira, juquirá)

A vegetação secundária na Amazônia, que se origina após a ação antrópica, é popularmente denominada de capoeira (uso agrícola) ou juquirá (pecuária).

Nos trabalhos utilizados para a elaboração deste EIA (Capítulo 7, item 7.5.3.1) a capoeira é dividida em capoeiras jovens (até 10 anos) e capoeiras antigas (cerca de 20 anos).

Ocorre em locais no qual havia floresta, que foi devastada e está em recuperação. Nas áreas devastadas, a recuperação ocorre segundo vários estágios sucessórios, iniciando-se pelas ervas e arbustos heliófitos (vegetação que só se desenvolve com a presença de luz), de larga distribuição. Posteriormente, inicia-se o aparecimento de arbustos maiores, árvores e palmeiras de rápido crescimento, provenientes da germinação de sementes de florestas vizinhas. Neste estágio tem-se o chamado “capoeirão”. Caso esta floresta não sofra outras ações antrópicas, o capoeirão pode chegar a um tipo de vegetação semelhante à floresta primária. Daí existirem vários tipos de floresta secundária que diferem pelo seu grau de degradação ou estágio de sucessão.

– Pastagem

São as áreas constituídas por pastagens artificiais. Estas áreas são geralmente destinadas para pecuária de corte.

Inicialmente ocorre, onde ainda existe, a retirada seletiva de algumas espécies comerciais, através de trilhas (toreiros) abertas no meio da floresta. Posteriormente, emprega-se o tradicional sistema de corte-e-queima visando reduzir o volume de biomassa e, ao mesmo tempo, permitir a fertilização temporária do solo pelas cinzas produzidas. Em seguida, realiza-se o plantio da pastagem, via semeadura direta, das espécies selecionadas (predominantemente espécies do gênero *Brachiaria*). Em alguns casos verifica-se, nas áreas de maior fertilidade, o plantio de culturas temporárias antecedendo a formação das pastagens.

“Pastos Sujos” são as áreas de pastagem sujas ou em processo inicial de regeneração natural da vegetação. São geralmente associadas a regiões sujeitas a um maior período de encharcamento do solo, onde as espécies plantadas não se adaptam a estas condições e à intensa competição com as plantas daninhas.

São também observadas em propriedades situadas em áreas de relevo mais acidentado, com menor aptidão agropecuária, onde o produtor encontra-se, provavelmente, descapitalizado ou

com falta de mão de obra familiar para executar os serviços de manejo e limpeza das pastagens.

As pastagens são também muito vulneráveis às ervas invasoras, que competem com as espécies de gramíneas introduzidas. Para a limpeza destas pastagens é utilizado o fogo, considerado como um dos principais agentes de degradação e empobrecimento dos solos.

– Área cultivada e Associação de Capoeira com Área Cultivada

As áreas cultivadas concentram-se nas áreas de assentamento rural e nas pequenas propriedades. Estas áreas utilizam prioritariamente a mão de obra familiar e visam a subsistência e a geração de excedentes comercializáveis.

As culturas de ciclo curto mais utilizadas são o milho, o arroz de sequeiro, o feijão, o algodão e a mandioca.

As culturas de ciclo longo, mais rentáveis e de melhor desenvolvimento na região, são o cacau, pimenta-do-reino, café e cupuaçu. A maioria das culturas perenes, em especial o café e o cacau, está consorciada com seringueira e bananas, em regime de sombreamento.

• Fauna e Áreas Protegidas

O corredor estudado não atravessará nenhuma área legalmente protegida. Pode-se observar que as áreas protegidas, como Unidades de Conservação e Terras Indígenas, estão todas localizadas ao sul do corredor estudado, distantes do mesmo.

Estas informações puderam ser confirmadas pelo Estudo de Viabilidade, Engenharia, Ambiental e Características Existentes, publicados pela ANEEL (Edital do Leilão nº 004/2008).

Os aspectos da fauna encontram-se abordados no presente EIA (Capítulo 7, itens 7.8.1 e 7.8.2), não sendo descritas neste item.

d) Conclusões

O corredor estudado, com 21 km de extensão, tem como principais objetivos o escoamento da energia gerada pelo AHE Belo Monte e sua disponibilização ao SIN. Esses objetivos serão alcançados pela interligação da Casa de Força Principal à SE Xingu. Conforme citado anteriormente, a SE Xingu está prevista no sistema Tucuruí-Macapá-Manaus.

Além de disponibilizar mais energia ao SIN, garantirá a qualidade do atendimento de importantes capitais, como Manaus e Macapá, além de várias localidades na região Amazônica, possibilitando, melhorias na qualidade de vida de diversas populações.

O corredor está localizado em uma área muito estudada tanto pelo EIA do AHE Belo Monte quanto pelo relatório da ANEEL para a LT Tucuruí-Macapá-Manaus. Estes estudos, ao considerarem os aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos do corredor, não indicam impactos significativos passíveis de ocorrência devido a implantação da futura interligação.

Esse corredor abrange áreas dos municípios de Vitória do Xingu e de Anapu e apresenta grande parte de sua extensão antropizada, sendo a pastagem a forma de uso da terra predominante. A cobertura vegetal remanescente é representada, principalmente, por fragmentos da floresta ombrófila aberta com palmeiras. O corredor já engloba algumas áreas a serem ocupadas por estruturas de engenharia do AHE Belo Monte.

Na margem esquerda do rio Xingu, as localidades situadas dentro desse corredor são o Núcleo de Referência Rural Santo Antônio e o Povoado de Belo Monte, além de uma base da Petrobrás, que utiliza o Porto Remanso do Pontal para carga e descarga de combustível que é distribuído na região. Na margem direita do rio Xingu, já no município de Anapu, apenas o Povoado Belo Monte do Pontal está inserido na faixa desse corredor. De modo geral, essas localidades dispõem de infra-estrutura de serviços extremamente simples e a maioria das famílias tem na sede urbana do município de Altamira a referência para atendimento médico e outras demandas, como comércio e serviços. As principais atividades econômicas dessa área é a pecuária de corte, e secundariamente a agricultura de subsistência e a pesca.

O relevo predominante no corredor estudado é representado por colinas pequenas e médias, morros e morrotes, além de planícies fluviais. Nesses terrenos predominam os argissolos e uma susceptibilidade erosiva moderada a forte, principalmente onde o substrato rochoso é caracterizado pela ocorrência de arenitos. Desta forma, na implantação das linhas de transmissão deverá ser minimizada a remoção da cobertura vegetal para se evitar o desencadeamento de processos erosivos, assim como deverão ser adotadas outras ações preconizadas no Plano Ambiental de Construção.

4.2.4.11 Sequência de Implantação do AHE Belo Monte

4.2.4.11.1 Etapas de Construção

a) Considerações Gerais

Para efeito do planejamento construtivo realizado nos Estudos de Viabilidade de Engenharia, o AHE Belo Monte foi dividido em quatro sítios conforme a seguir especificado, podendo a distribuição espacial das obras ser vista no **Desenho BEL-V-10-100-0069 (Apêndice 4.76 – Volume 3)**.

- Sítio Belo Monte, composto pelas estruturas da Tomada d'Água, Casa de Força e Área de Montagem Principais, Muros de Transição Direito e Esquerdo, Barragem de Santo Antônio, Barragens Laterais Direita e Esquerda, pelos diques DIK-1, DIK-2, DIK-3, DIK-4, DIK-6 A, DIK-6 B, DIK-6 C, DIK-7 A, DIK-7 B, DIK-7 C, DIK-7 D e pelas escavações dos canais de adução CATA, e CTCS;
- Sítio Bela Vista, composto pelas estruturas de concreto do Vertedouro Complementar e Muros Laterais Direito/Esquerdo, pelas Barragens Laterais Direita/Esquerda, pelos diques DIK-10 A, DIK-11, DIK-12, DIK-13, DIK-14 A, DIK-14- B, DIK-14 B, DIK-14 C, DIK-14 D, DIK-14 E, DIK-18, DIK-19, DIK-20, DIK-23, DIK-24, DIK25; DIK-26, DIK-27, DIK-28 e DIK-29 e pelas escavações dos canais de adução CTPT1, CTPT 2, CTPT 3, CTTC e CTCC;
- Sítio Canais de Derivação, composto pela escavação obrigatória em solo e em rocha a céu aberto, execução de enrocamento compactado, na base e nos taludes dos canais, e de

revestimento de concreto, com cerca de 30,0 km de extensão, nos Canais de Derivação Direito/Esquerdo e Trecho de Junção; e

- Sítio Pimental, composto pelas estruturas de concreto do Vertedouro Principal, Muros Laterais Direito de Montante e Jusante, Muro Divisor Vertedouro-TA/CF, Tomada d'Água/Casa de Força Complementar e respectiva Área de Montagem e pelas Barragens do Canal Direito, de Ligação com a Ilha da Serra e de Terra Lateral Esquerda, além das ensecadeiras do canal central, do canal esquerdo, de acesso ao canteiro e do canal direito.

O sítio Pimental é o único localizado na calha principal do rio Xingu necessitando, desta forma, que se proceda ao desvio do rio, para execução das obras que lhe são pertinentes.

Admitiu-se, nos Estudos de Viabilidade concluídos em 2002, que os serviços de infraestrutura (acessos, canteiros, sistema de transmissão, vilas residenciais, alojamentos) teriam início tão logo fosse obtida a Licença de Instalação (LI). O Projeto Básico de Engenharia foi então subdividido em dois blocos, considerando uma alternativa de sua aprovação em separado: um representado pelo projeto básico de infra-estrutura (acessos aos canteiros, vilas residenciais, alojamentos, canteiros, subestações e linha de transmissão) e outro como projeto básico das obras principais (escavações das fundações, ensecadeiras, estruturas de concreto e obras de terra e rocha).

O prazo total de execução das obras civis principais foi estabelecido como sendo de 5 anos até a conclusão de todas obras até a cota 100,0 m, no Sítio Pimental, e até a cota 99,0 m nos Sítios Belo Monte e Bela Vista.

A montagem do primeiro grupo gerador de 550 MW da usina principal foi considerado como devendo estar concluído no final do quinto ano, aguardando-se aproximadamente dois meses para o enchimento do reservatório, sendo este feito, de forma controlada, até a cota 97,0 m. A partir desta data seriam realizados os testes com água até a geração comercial.

Os Estudos de Viabilidade consideraram, ainda, que o período mais propício para execução de serviços de escavação obrigatória comum e aterro seria entre os meses de junho e dezembro. Nos outros meses foram previstos índices baixos de produção. Nas demais atividades, foi prevista a execução de serviços nos meses de chuva com um índice de produção de cerca de 50 a 85% do normal.

Por fim, ressalta-se que o planejamento construtivo realizado nos Estudos de Viabilidade considerou que os picos de serviços não coincidem, acontecendo em períodos distintos, sendo citados no planejamento de forma que o futuro Empreendedor pudesse visualizar qualitativa e quantitativamente a diversidade e a magnitude dessas atividades.

b) Planejamento Construtivo Desenvolvido nos Estudos de Viabilidade

A sequência construtiva e os prazos adotados levaram em conta os volumes de serviços a serem executados, bem como a melhor sequência das atividades, de forma a manter o ritmo da produção e evitar a descontinuidade nos serviços. No **Apêndice 4-14** apresenta-se uma abordagem detalhada do referido planejamento, por tipo de serviço principal e por sítio construtivo, conforme previsto nos Estudos de Viabilidade concluídos em 2002.

b.1) Sequência de Execução

- Sítio Pimental e Desvio do Rio

A sequência construtiva das obras do Sítio Pimental foi concebida considerando que o desvio do rio Xingu deverá ser realizado em 2 fases (vide sequência de desvio do rio no **Desenho BEL-V-10-100-0007 – Apêndice 4.77 – Volume 3**). Na primeira, que tem duração prevista de 38 meses, o rio escoará pelos canais esquerdo e direito, com o fluxo no canal central interrompido. Durante a segunda fase de desvio, com duração de 17 meses, o escoamento se dará pelos 17 vãos do Vertedouro Principal e pelo canal esquerdo do rio Xingu, estando o canal direito ensecado.

No **Apêndice 4-14** são apresentados detalhes a respeito da sequência das obras previstas para o Sítio em questão.

- Sítio Bela Vista

Para início das obras no Sítio Bela Vista, incluindo o trecho de jusante dos Canais de Derivação, será necessária a execução de 30 km de novos acessos e de melhorias em outros 12 km existentes, a partir da Rodovia Transamazônica, à altura do Sítio Belo Monte. Os serviços deverão ter início no mês de outubro do ano “zero”. Aproximadamente na mesma data, deverão ser também iniciadas as atividades de construção do canteiro/alojamento do sítio e da linha de transmissão entre os Sítios Belo Monte e Bela Vista.

O canteiro do Sítio Bela Vista será utilizado como apoio para uma série de obras localizadas em seu raio de influência. Assim, a estrada de acesso ao Sítio Pimental, a linha de transmissão para abastecimento dos canteiros dos 2 sítios, a escavação dos canais CTPT1 a CTPT3, CTTC e CTCC e a execução dos diques 10A a 20 e 23 a 28, apesar de não pertencerem ao Sítio Bela Vista, deverão ter sua base de apoio centrada neste sítio (vide **Desenho BEL-V-10-100-0069 Apêndice 4.76 – Volume 3**).

No **Apêndice 4-14** são apresentados detalhes a respeito da sequência das obras previstas para o Sítio em questão.

- Sítio Belo Monte

Os serviços preliminares do Sítio Belo Monte – implantação do canteiro/alojamento, execução da subestação e de acessos – têm início previsto para outubro do ano “zero”. No **Apêndice 4-14** são apresentados detalhes a respeito da sequência das obras previstas para o Sítio em questão.

- Canais de Adução

Os canais de adução representam uma série de obras que serão executadas, de forma descontínua, ao longo de 60 km de extensão, para permitir a adução da vazão máxima turbinada – 13.900 m³/s – desde a margem esquerda do rio Xingu, a montante do sítio Pimental, até a Tomada d’Água Principal, já no sítio Belo Monte. Destes 60 km de extensão, cerca de 28 km serão canais escavados e o restante composto de áreas inundadas na margem esquerda. Do trecho escavado, 60% será revestido com concreto. O trecho revestido se situa nos 17 km iniciais dos canais localizados dentro do estirão denominado Canais de Derivação

(vide **Desenho BEL-V-30-100-0042 - Apêndice 4.24 – Volume 3**). Por seu turno, os Canais de Derivação, com 20 km de extensão, estão sub-divididos em 2 trechos: o primeiro, com 12 km de extensão, formado por 2 canais paralelos, denominados Canais de Derivação Direito e Esquerdo, totalmente revestidos; o segundo, formado por um canal único, denominado Canal de Derivação - Trecho da Junção, com 5 km dos seus 8 km revestido.

A execução dos canais de adução se configura em uma obra vultosa e singular, envolvendo quantitativos de grande magnitude. Serão escavados 130.000.000 m³ em solo e 45.000.000 m³ em rocha, lançados cerca de 1.100.000 m³ de concreto e utilizados 3.900.000 m³ de transições e enrocamento como base do trecho revestido.

No **Apêndice 4-14** são apresentados detalhes a respeito da sequência das obras previstas para esses canais.

- Diques

A execução dos diques de fechamento do reservatório a ser formado na margem esquerda do rio Xingu também adotará preferencialmente, como apoio, os canteiros dos sítios dos quais estejam mais próximos. Para alguns diques, haverá a necessidade de que sejam realizadas melhorias e/ou construídos acessos específicos. Todos os serviços preliminares terão início em outubro do ano “zero”.

A execução dos aterros dos diques se fará com utilização de material proveniente de escavações obrigatórias dos canais de adução, sempre que a distância média de transporte for inferior a 2 km.

Para subida dos diques posicionados em vales de igarapés de maior porte, serão construídas galerias de desvio que, por ocasião do enchimento do reservatório, serão fechadas e parcialmente preenchidas com concreto.

No **Apêndice 4-14** são apresentados detalhes sobre a sequência das obras para os diques.

4.2.4.11.2 Enchimento do Reservatório

Em termos de enchimento, conjugando-se as características peculiares do reservatório do AHE Belo Monte com o planejamento construtivo do empreendimento, tem-se que o Reservatório do Xingu deverá sofrer enchimento parcial, até a cota 91,0 m, no início de agosto do último ano de obra.

No início do mês de janeiro do ano seguinte se processará o enchimento do reservatório como um todo, até a cota 97,0 m. Esta segunda etapa de enchimento será dividida em 2 fases: num primeiro momento, será procedida a equalização dos níveis d'água dos dois setores, com o enchimento do Reservatório dos Canais até a cota 91,0 m; atingida esta cota, se prosseguirá o enchimento do reservatório como um todo até a cota 97,0 m.

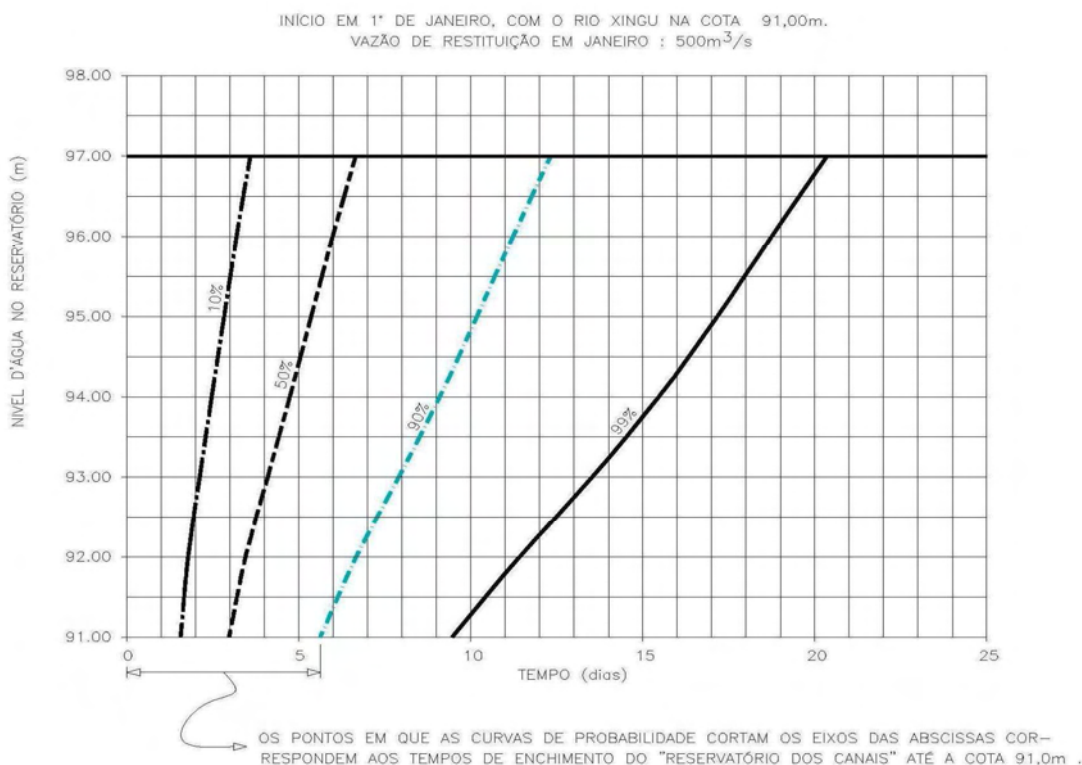
Importante salientar que as partes mais profundas do Reservatório dos Canais – próximas aos maiores diques e barragens – já deverão ter alguma lâmina d'água à época do início da 2ª etapa do enchimento pelo fato de que, ao final do último ano de obra, as galerias de desvio, localizadas em igarapés sob os diques, serão tamponadas.

Por ocasião dos Estudos de Viabilidade foi realizada uma simulação do enchimento do reservatório, com início em 1º de janeiro. Nesta simulação, assumiu-se que o setor de montante (reservatório da calha do Xingu), conforme acima abordado, já estará na cota 91,0 m, quando então seriam removidas as ensecadeiras dos canais de derivação, iniciando-se o enchimento do setor de jusante (reservatório dos canais). Seria então inundado o compartimento montante da Tomada d'Água Principal.

Equiparados os níveis dos dois setores, se dará prosseguimento ao enchimento até a cota 97,0 m. Durante o período, foi considerada uma defluência de 500 m³/s pelo Vertedor Principal e/ou Casa de Força Complementar, correspondente a uma vazão mínima que deverá ser restituída a jusante do barramento principal, no mês de janeiro, de forma a atender às requisições de cunho ambiental.

A simulação mostrou que, para 95% de garantia, a cota 97,0 m será alcançada em menos de 15 dias, enquanto num ano úmido, com 5% de probabilidade de ocorrência, o período de enchimento será de apenas 3 dias, conforme indica o **GRÁFICO 4.2.4-15**. Há que se observar, no entanto, que para permitir operações de resgate de fauna, acompanhamentos do comportamento das estruturas e evitar erosões excessivas em talvegues e encostas ao longo do Reservatório dos Canais, os Estudos de Viabilidade previram que o enchimento deverá ser efetuado de forma controlada, num prazo estimado em 30 dias.

Dessa forma, os Estudos de Viabilidade concluíram que não haverá restrições hidrológicas para enchimento do reservatório. Ao contrário, o enchimento deverá ser controlado.



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

GRÁFICO 4.2.4-15 - Curvas de Probabilidade de Enchimento do Reservatório do AHE Belo Monte

4.2.4.11.3 Operação

a) Considerações Gerais

O AHE Belo Monte foi projetado para operar a fio d'água, por isto não possui um reservatório de regularização de vazões, isto é, os reservatórios da Calha do Xingu e dos Canais não possuem capacidade volumétrica suficiente para armazenar água que possa ser utilizada em meses ou dias de vazões afluentes mais baixas.

Desta forma, a geração da usina estará totalmente condicionada às vazões naturais do rio afluentes à Tomada d'Água. Assim, a cada dia, a vazão turbinada média será, no máximo, a vazão afluente subtraída da vazão ecológica a ser mantida no estirão de jusante na Volta Grande.

Há que se ressaltar que a geração a fio d'água em um determinado aproveitamento hidrelétrico é importante pois dispensa a implantação de amplos reservatórios que armazenam grandes volumes, evitando-se a inundação de áreas muito extensas. Além disso, esta operação não interfere com o regime fluviométrico a jusante do Canal de Fuga. Esta operação distingue-se, assim, da operação conhecida como modulação de ponta.

Na modulação de ponta, os aproveitamentos a fio d'água retêm parte do volume afluente durante a maior parte do dia - geralmente cerca de 21 horas -, para turbiná-lo nas horas de pico do consumo de energia elétrica (aproximadamente 3 horas). Assim, em um determinado dia, apesar de a vazão turbinada média ser equivalente à vazão afluente, ao longo das horas desse dia as vazões turbinadas podem sofrer uma grande variação diária.

No caso do AHE Belo Monte, como a geração será a fio d'água sem modulação de ponta, as vazões defluentes do aproveitamento no rio Xingu, imediatamente a jusante da Casa de Força Principal, serão iguais às vazões afluentes ao Reservatório do Xingu em qualquer hora do dia ao longo de todo o ano.

Além de econômica, a operação a fio d'água também é importante do ponto de vista ambiental, pois evita a ocorrência de variações bruscas de vazão a jusante do Canal de Fuga, assim como depleções rápidas e freqüentes dos níveis d'água nos reservatórios.

No entanto, em situações excepcionais, caso ocorra uma queda do Sistema Interligado, as turbinas serão automaticamente desligadas, ocorrendo então variações bruscas de vazões a jusante da Casa de Força Principal. Estas, no entanto, deverão ser prontamente anuladas pelos vertimentos que se farão indispensáveis nos Vertedouros Principal e Complementar.

Pelo fato de o reservatório do AHE Belo Monte ser composto por 2 setores, sua operação também apresenta características singulares.

Com relação à operação normal do reservatório, pode-se afirmar que os Canais de Derivação constituir-se-ão em restrição ao escoamento de grandes vazões a serem turbinadas. Por outro lado, para vazões turbinadas próximas à mínima, estes canais comportam-se como simples extensão do reservatório, não representando qualquer oposição significativa ao escoamento. Desta forma, é possível vislumbrar comportamentos diferenciados do reservatório para os diferentes períodos do ano.

No período da águas altas, quando a vazão em escoamento através dos Canais de Derivação for a máxima turbinada, ou próxima a ela, a perda de carga ao longo dos 60 km de adução à Tomada d'Água Principal, ou seja, ao longo do Reservatório dos Canais, será da ordem de 1 m. Com isso, partindo do nível d'água 96,0 m a montante da Tomada d'Água Principal ter-se-á a cota 97,0 m para o nível d'água no Sítio Pimental.

No outro extremo, para vazões em trânsito inferiores a 2.000 m³/s, a perda de carga no mesmo percurso é desprezível – inferior a 0,02 m. Isto significa que será possível operar o Reservatório dos Canais neste período na cota 97,0 m, com algum ganho energético na fase do ano em que há escassez de água.

Na eventualidade da passagem da cheia decamilenar pelo reservatório, supondo-se a Casa de Força Principal inoperante, tem-se que os Vertedouros Principal e Complementar operarão com as suas comportas totalmente abertas. Como estas estruturas estão localizadas em sítios diferentes, a distribuição da vazão afluente entre os dois órgãos extravasores será função não só da capacidade de descarga de cada um, como também da capacidade de descarga dos Canais de Derivação. A distribuição de vazão entre os órgãos extravasores será a indicada no **QUADRO 4.2.4-18**, no qual também constam os níveis imediatamente a montante das estruturas.

Importante registrar que no Reservatório dos Canais o nível correspondente à passagem da cheia decamilenar, comandado pelo nível a montante do Vertedouro Complementar, será 97,0 m.

QUADRO 4.2.4-18

Cheia Decamilenar - Vazões e Níveis do Reservatório a Montante dos Vertedouros

Estrutura	Q (m ³ /s)	NA _{MONT} (m)
Vertedouro Principal	47.400	97,46
Vertedouro Complementar	14.600	96,31

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

b) Motorização e Operação da Usina Principal

De acordo com o planejamento elaborado nos Estudos de Viabilidade, a motorização da Usina Principal do AHE Belo Monte deverá ser sequencial. O início da montagem da primeira unidade de geração está previsto para março do terceiro ano de obra, tendo em vista as premissas estabelecidas para o planejamento construtivo do empreendimento então consideradas e expostas aqui anteriormente. O período de duração previsto para a montagem de uma máquina é de exatos 3 anos, concluindo-se, assim, em março do sexto ano de obra. Este marco temporal também coincide com o término de enchimento do reservatório dos canais. Assim, tão logo a primeira unidade esteja montada, esta entrará em operação. Esta etapa do empreendimento foi denominada de “operação inicial” nos Estudos de Viabilidade.

Conforme mencionado nesses estudos, a montagem das unidades geradoras e a entrada em operação das máquinas será também feita de maneira sequencial. Assim, após um interregno de 3 meses desde o início da montagem da primeira máquina, terá início a montagem da segunda unidade e assim sucessivamente. Neste sentido, também a entrada em operação da segunda máquina se efetuará 3 meses após a entrada em operação da primeira unidade e assim

por diante. Isto posto, se tem que o prazo total para entrada em operação das 20 unidades geradoras da Casa de Força Principal é de 57 meses após o início de operação da unidade 1, levando o cronograma de implantação do AHE Belo Monte, considerando-se a sua geração a plena carga e desde o início da mobilização para as obras, para um total de 10 anos.

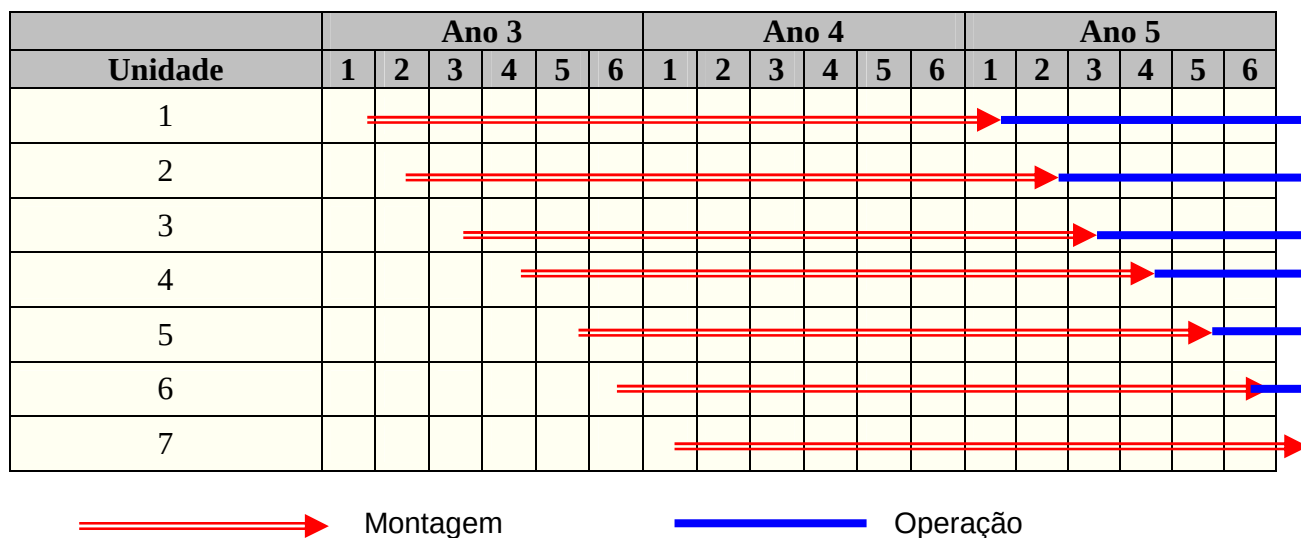
c) Motorização e Operação da Usina Complementar

Em conformidade com o planejamento, ainda em termos dos Estudos de Viabilidade, a motorização da usina complementar deverá também ser efetivada de modo seqüencial. O início da montagem da primeira unidade de geração está previsto para janeiro do terceiro ano, a partir do início da obra. Neste caso, a diferença é que o período de duração previsto para a montagem das unidades de geração é de apenas 2 anos, concluindo-se em janeiro do quinto ano.

Tão logo a primeira unidade de geração da usina complementar esteja montada, esta entrará em operação. Esta etapa do empreendimento, que foi denominada de “operação inicial” nos Estudos de Viabilidade, também é válida para a usina complementar do AHE Belo Monte.

Assim como na usina principal, a montagem das unidades geradoras e a entrada em operação das máquinas será feita de maneira seqüencial. Assim, após um período de 2 meses desde o início da montagem da primeira máquina, terá início a montagem da segunda unidade e assim sucessivamente.

A entrada em operação da segunda máquina se efetuará 2 meses após a entrada em operação da primeira unidade e assim por diante. O **GRÁFICO 4.2.4-16** a seguir apresenta, de maneira sintética, a seqüência da motorização e entrada em operação da usina complementar do AHE Belo Monte.



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

GRÁFICO 4.2.4-16 - Seqüência de Montagem e Operação da Usina Complementar

4.2.4.11.4 Cronograma de Construção e de Início de Operação

a) Considerações Gerais

Os Estudos de Viabilidade determinaram datas-marco para as obras do AHE Belo Monte, cujos cumprimentos refletem diretamente no prazo final de conclusão do empreendimento. Observa-se que o cronograma detalhado do empreendimento então definido poderá ser visto nos **GRÁFICO 4.2.4-17** ao **GRÁFICO 4.2.4-25** mostrados ao final deste subitem.

Devido às características pluviométricas da região, os serviços de escavação obrigatória comum e execução de aterros em barragens, diques e ensecadeiras, poderão ser executados sem restrições apenas nos períodos de junho a dezembro de cada ano.

b) Obras de Infra-estrutura

- A data de início da mobilização do empreendedor para execução da infra-estrutura de acesso, sistema de transmissão, construção de vilas residenciais, alojamentos e canteiros de obra tem o seu planejamento previsto para o 9º mês do ano zero.
- Os canteiros em cada sítio serão implantados em paralelo com a obra, dado que o ritmo desta e a alocação de mão-de-obra vão crescendo gradualmente.
- Para que as datas especificadas no cronograma físico apresentado nos Estudos de Viabilidade sejam cumpridas, o ideal é que a implantação da infra-estrutura tenha início 3 meses antes de as obras serem efetivamente começadas em cada sítio.
- A implementação da infra-estrutura dos sítios construtivos tem os prazos para sua execução de:
 - Sítio Belo Monte - 27 meses;
 - Sítio Bela Vista - 10 meses;
 - Sítio Ilha Pimental – 15 meses; e
 - Sítio Canais de Derivação – 10 meses

c) Obras no Sítio Belo Monte

- O prazo total entre o início da escavação obrigatória deste sítio e o término da montagem da primeira unidade do AHE Belo Monte é de 56 meses, devendo estar concluída a primeira unidade em dezembro do ano 5;
- O prazo de enchimento do reservatório e teste da turbina/gerador da primeira unidade é de 3 meses; e
- A geração das unidades seguintes ocorrerá a cada 3 meses e a última unidade deverá estar gerando em 115 meses após o início da escavação obrigatória deste sítio.

d) Obras no Sítio Bela Vista

Neste sítio o prazo de execução total deverá ser de 54 meses, condicionando o seu término ao início do enchimento do reservatório.

e) Obras no Sítio Ilha Pimental

- Neste sítio, o prazo de término da concretagem e montagem do Vertedouro Principal está condicionado ao desvio do rio, que deverá ser executado no prazo de 37,5 meses do início da execução da pré-ensacadeira a montante e a jusante do Vertedouro Principal, ou seja, agosto do ano 4;
- A concretagem e montagem da primeira unidade geradora da Casa de Força Complementar será executada num prazo de 37,5 meses a partir do início da execução das pré-ensacadeiras a montante e a jusante do Vertedouro Principal;
- O fechamento do rio pelo canal da margem esquerda está previsto para ser concluído após a passagem da primeira cheia pela estrutura do Vertedouro Principal; a ensacadeira local será alteada até a cota 92,0 m para permitir a manutenção do nível d'água de montante na cota 91,0 m.
- Com o nível d'água de montante na cota 91,0 m, será possível a geração antecipada na Casa de Força Complementar com energização do sistema de transmissão em 230 kV, para a SEAltamira; e
- O prazo total de execução deste sítio, desde o início da escavação obrigatória até término das barragens de terra no canal da margem esquerda e direita, será de 58 meses.

f) Obras no Sítio Canais de Derivação

A execução dos canais de Derivação Esquerdo, Direito e Trecho da Junção estará com a sua conclusão condicionada ao início do enchimento do reservatório, que deverá ocorrer a partir de janeiro do ano 6; portanto, o prazo total de execução dos canais revestidos deverá ser de 56 meses.

Os serviços de escavação comum deverão ser executados de abril do ano 1 até dezembro do ano 4, com duração prevista de 45 meses, sendo que nos meses de janeiro a maio de cada ano as produções adotadas são muito baixas, devendo os serviços serem concentrados no período de junho a dezembro.

Os serviços de escavação em rocha deverão ser executados de janeiro do ano 2 até agosto do ano 5, com duração prevista de 44 meses, com uma defasagem inicial de 9 meses em relação aos serviços de escavação comum.

Os serviços de revestimento dos canais (concreto, enrocamento e transição) deverão ser executados de janeiro do ano 3 até dezembro do ano 5, com duração prevista de 30 meses, com uma defasagem inicial de 12 meses em relação aos serviços de escavação comum. Os serviços de revestimento serão iniciados pelo trecho de junção e, após 6 meses, os canais de Derivação Direito e Esquerdo deverão estar em execução.

g) Síntese da Previsão, no Tempo, de Construção e Permanência de cada um dos Canteiros

Em acordo com o especificado nos subitens anteriores, o **QUADRO 4.2.4-19** sintetiza as datas de início e de término das obras em cada sítio construtivo, conforme definido no Cronograma Físico constante dos Estudos de Viabilidade e apresentado no subitem subsequente.

QUADRO 4.2.4-19
Datas de Início e Término das Obras nos Sítios Construtivos

Sítio	Início	Término
Belo Monte	Maio Ano 1	Dezembro Ano 10
Bela Vista	Julho Ano 1	Dezembro Ano 5
Pimental	Maio Ano 1	Fevereiro Ano 6
Canais de Derivação	Maio Ano 1	Dezembro Ano 5

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

Considerando-se o prazo de 3 meses anterior ao início efetivo das obras em cada canteiro para que se comece a implantação da infra-estrutura, conforme abordado anteriormente, bem como a duração de mais 3 meses após o término das obras para que os canteiros sejam desativados em cada sítio, chega-se às datas previstas para permanência de cada canteiro, indicadas no **QUADRO 4.2.4-20**

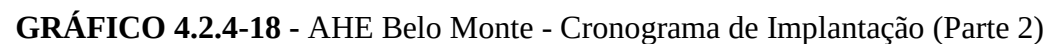
QUADRO 4.2.4-20
Datas de Início de Implantação e Término da Desativação dos Sítios Construtivos do AHE Belo Monte

Sítio	Início de Implantação	Término da Desativação
Belo Monte	Fevereiro Ano 1	Dezembro Ano 10
Bela Vista	Abril Ano 1	Março Ano 6
Pimental	Fevereiro Ano 1	Maio Ano 6
Canais de Derivação	Fevereiro Ano 1	Março Ano 6

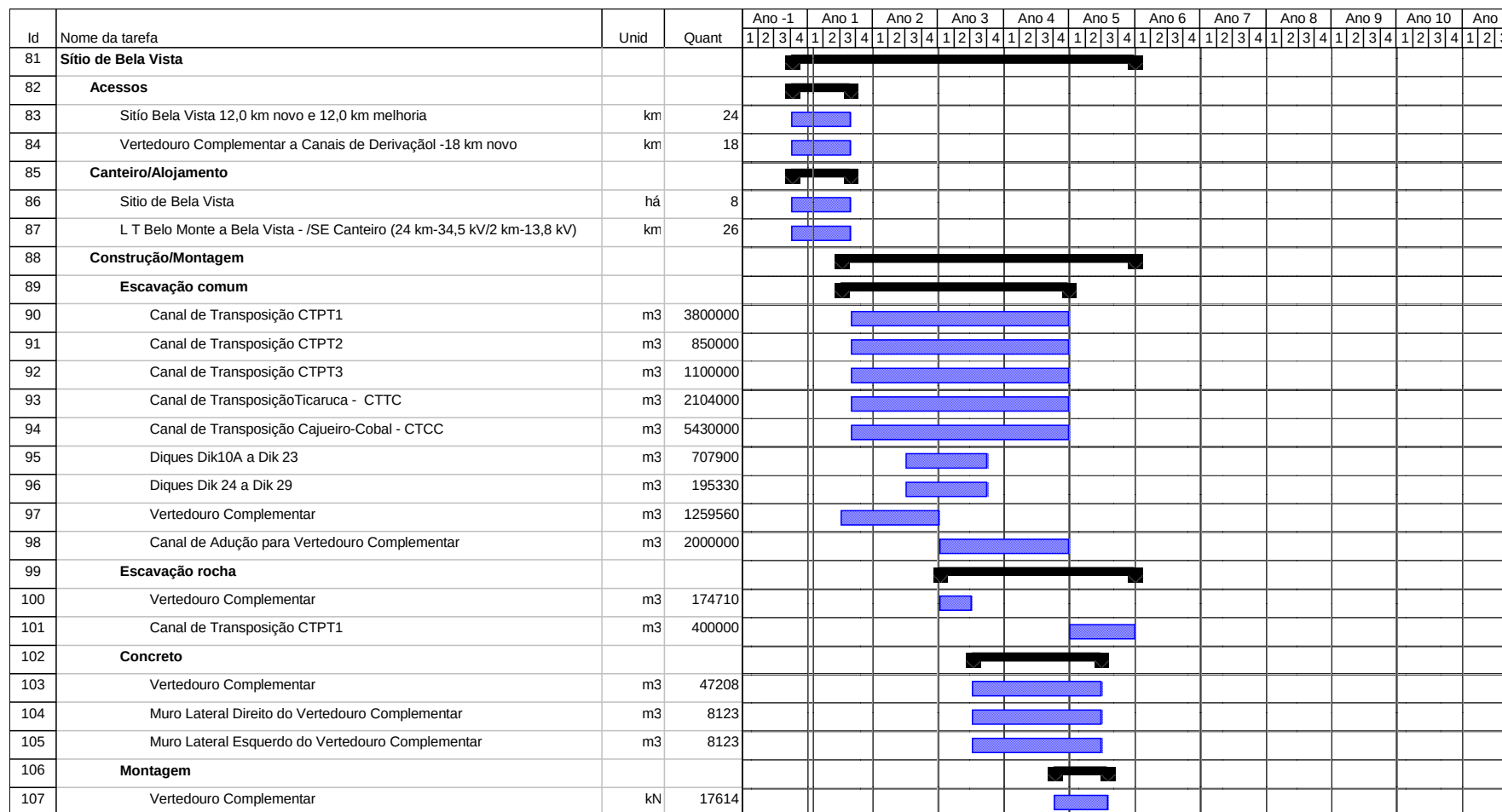
Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

h) Cronograma Detalhado da Obra

O cronograma físico das obras constante dos Estudos de Viabilidade é apresentado nos **GRÁFICO 4.2.4-17** ao **GRÁFICO 4.2.4-25**.







Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

GRÁFICO 4.2.4-20 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 4)

Id	Nome da tarefa	Unid	Quant	Ano -1			Ano 1			Ano 2			Ano 3			Ano 4			Ano 5			Ano 6			Ano 7			Ano 8			Ano 9			Ano 10			Ano 11											
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4									
108	Aterros/Enrocamentos																																															
109	Barragem Lateral Direita do VertedouroComplementar	m³	1149																																													
110	Barragem Lateral Esquerda do Vertedouro Complementar	m³	1000																																													
111	Diques Dik10A a Dik 23	m³	156176																																													
112	Diques Dik 24 a Dik 29	m³	160381																																													
113	CTPT1- Enrocamento de proteção	m³	18000																																													
114	CTPT2 - Enrocamento de proteção	m³	5400																																													
115	CTPT3 - Enrocamento de proteção	m³	11880																																													
116	CTTC - Enrocamento de proteção	m³	7200																																													
117	CTCC - Enrocamento de proteção	m³	11400																																													
118	CTPT1 - Transição	m³	6000																																													
119	CTPT2 - Transição	m³	1800																																													
120	CTPT3 - Transição	m³	3960																																													
121	CTTC - Transição	m³	2400																																													
122	CTCC - Transição	m³	3800																																													
123	Sítio de Ilha Pimental																																															
124	Acessos																																															
125	Acesso Sítio Ilha Pimental - novo	km	7																																													
126	Canteiro/Alojamento																																															
127	Sítio de Ilha Pimental	há	31																																													
128	L T/SE do Canteiro (10,5km - 34,5 kV/7,0 km - 13,8 kV)	km	17,1																																													

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

GRÁFICO 4.2.4-21 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 5)

Id	Nome da tarefa	Unid	Quant	Ano -1			Ano 1			Ano 2			Ano 3			Ano 4			Ano 5			Ano 6			Ano 7			Ano 8			Ano 9			Ano 10			Ano 11		
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
129	Construção e Montagem																																						
130	Escavação comum																																						
131	Vertedouro Principal	m	2393																																				
132	Barragem Lateral Esquerda do Vertedouro Princip	m	3392																																				
133	Barragem Lateral Direita do Vertedouro Principal	m	1040																																				
134	Tomada d'Água/Casa de Fôrça Auxiliar	m	285																																				
135	Ensecadeira de 1a. Fase - ME	m	440																																				
136	Ensecadeira do Vertedouro	m	1028																																				
137	Ensecadeira de fechamento - MD	m	2046																																				
138	Escavação rocha																																						
139	Vertedouro Principal/canal aprox./bacia dissipaçã	m	11545																																				
140	Tomada d'Água/Casa de Fôrça Auxiliar	m	326																																				
141	Ilha do Reinaldo	m	2500																																				
142	Concreto																																						
143	Vertedouro Principal	m	2054																																				
144	Muro Lateral Direito do Vertedouro Principal	m	993																																				
145	Muro Lateral Esquerdo do Vertedouro Principal	m	111																																				
146	Tomada d'Água/Casa de Fôrça Auxiliar	m	8617																																				
147	Ponte de Acesso	m	180																																				

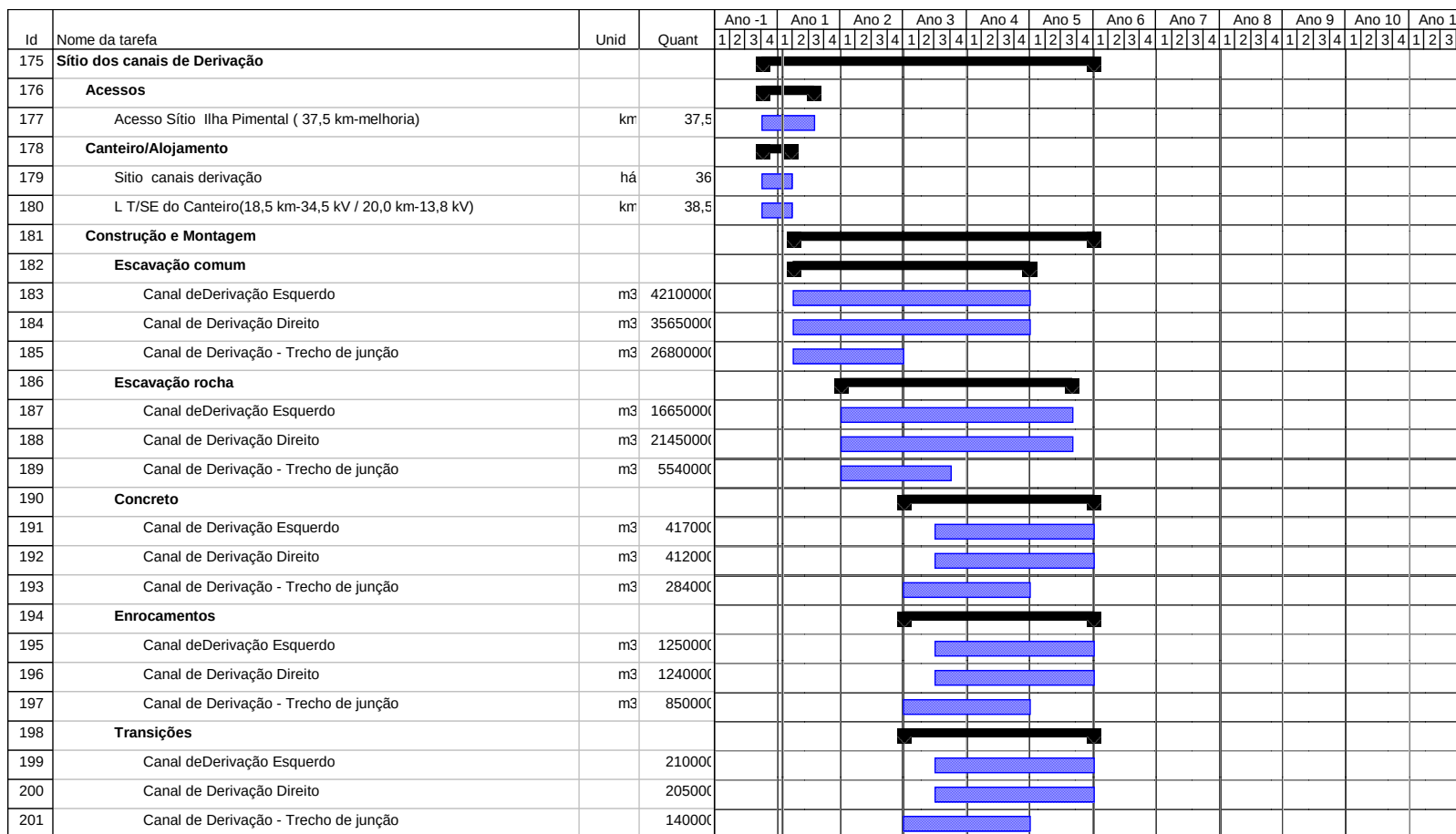
Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

GRÁFICO 4.2.4-22 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 6)

Id	Nome da tarefa	Unid	Quant	Ano -1			Ano 1			Ano 2			Ano 3			Ano 4			Ano 5			Ano 6			Ano 7			Ano 8			Ano 9			Ano 10			Ano 11		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
148	Montagem																																						
149	Vertedouro Principal	kN	54371																																				
150	Geração da Unidade 01 - Complementar	kN	14830																																				
151	Tomada d'Água/Casa de Fôrça Auxiliar demais grupos		11124																																				
152	Geração da Unidade 02 - Complementar																																						
153	Geração da Unidade 03 - Complementar																																						
154	Geração da Unidade 04 - Complementar																																						
155	Geração da Unidade 05 - Complementar																																						
156	Geração da Unidade 06 - Complementar																																						
157	Geração da Unidade 07 - Complementar																																						
158	Ponte de serviço - metálica	kN	1000																																				
159	Aterros/Enrocamentos																																						
160	Ensecadeira de acesso ao Canteiro	m3	926290																																				
161	Barragem terra/enrocamento MD - ME	m3	3516580																																				
162	Barragem Margem Direita	m3	916190																																				
163	Barragem Margem Esquerda - (Trecho Ponte Acesso)		164760																																				
164	Pré-ensecadeira do Canal Esquerdo - 1a fase	m3	165235																																				
165	Ensecadeira do Canal Esquerdo - 2a fase	m3	413600																																				
166	Ensecadeira Ilha do Reinaldo / Ilha Marciana	m3	351359																																				
167	Ensecadeira montante do Vertedouro	m3	1075875																																				
168	Ensecadeira jusante do Vertedouro	m3	711930																																				
169	Ensecadeira do Canteiro do Sítio Pimental	m3	300140																																				
170	Ensecadeira de fechamento - MD	m3	1081205																																				
171	Pré-ensecadeira - MD	m3	581000																																				
172	Remoção da pré-ensecadeira do Vertedouro	m3	236390																																				
173	Remoção da ensecadeira-Ponte de Serviço	m3	165245																																				
174	Remoção da ensecadeira-Vertedouro	m3	1345000																																				

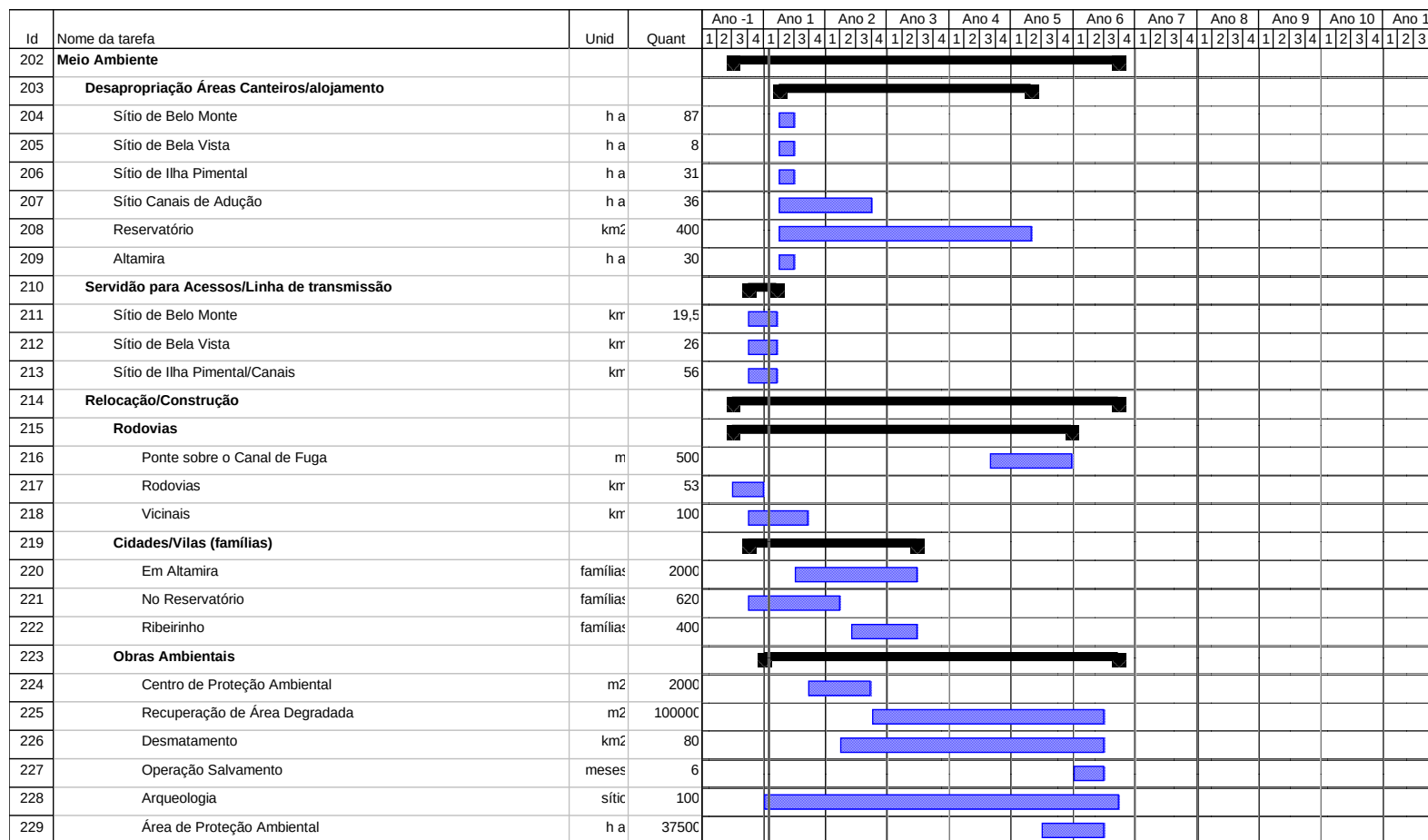
Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

GRÁFICO 4.2.4-23 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 7)



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

GRÁFICO 4.2.4-24 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 8)



Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

GRÁFICO 4.2.4- 25 - AHE Belo Monte - Cronograma de Implantação (Parte 9)

4.2.4.12 Mão-de-obra Necessária

Os Estudos de Viabilidade apontavam que, para o suprimento da população economicamente ativa (PEA) calculada para o pico da obra, a região de inserção do AHE Belo Monte certamente não teria condições de atender à demanda de mão-de-obra, devendo ocorrer importação de outras regiões do País, principalmente nos níveis de maior especialização.

Desta forma, os estudos supracitados consideraram que os funcionários de níveis 5 e 6 (nível de supervisão/ universitário) seriam provenientes em cerca de 80% das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e os funcionários de nível 4 (encarregados e pessoal administrativo) de todas as regiões, com maior participação, em mais de 50%, das regiões Norte e Nordeste.

No contingente de funcionários de nível 3 e 2 (semi-qualificado), a colaboração do Norte e Nordeste deveria, segundo os Estudos de Viabilidade, atingir 80%, enquanto que os funcionários de nível 1 (não qualificado) seriam, na sua quase totalidade, provenientes da região.

Os estudos já apontavam que o treinamento local também deveria ser desenvolvido, tanto para formar mão-de-obra especializada a partir da oferta regional, como para reciclar antigos profissionais afastados das atividades de construção de grandes empreendimentos.

A estrutura organizacional de treinamento e aperfeiçoamento da mão de obra regional deveria ser planejada previamente e acompanhada no decorrer das obras.

O dimensionamento da mão-de-obra orientou-se então pelos seguintes critérios:

- Configuração das áreas de obras;
- Determinação dos coeficientes de mão-de-obra para cada área de atividade da obra;
- Histogramas trimestrais de produção;
- Demandas das respectivas áreas de atividades; e
- Determinação, para cada atividade, da mão de obra referente ao mês de pico.

Em consequência, os Estudos de Viabilidade de Engenharia apresentaram, conforme indicado na **TABELA 4.2.4-48**, a estimativa preliminar do total de mão-de-obra a ser alocada na construção do empreendimento, discriminada por níveis funcionais e distribuídas ao longo do período de obras.

TABELA 4.2.4-48
PEA Prevista para a Implantação do AHE Belo Monte

Ano / Nível Funcional	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N1	2.095	4.934	5.983	5.552	4.968	1.693	564	491	440	339
N2	2.946	6.939	8.414	7.807	6.986	2.381	793	690	619	477
N3	753	1.773	2.150	1.995	1.785	608	203	176	158	122
N4	524	1.234	1.496	1.388	1.242	423	141	123	110	85
N5	144	339	411	382	342	116	39	34	30	23
N6	85	200	243	226	202	69	23	20	18	14
Total Anual	6.547	15.419	18.697	17.350	15.525	5.290	1.763	1.534	1.375	1.060

Nota: Valores máximos previstos, considerando os valores trimestrais médios

N1	diarista: ajudante, zelador, meio oficial, auxiliar servente
N2	diarista: apontador, motorista, cozinheiro, garçom, vigia, operador, oficiais (mecânico), soldador, eletricitista, carpinteiro, mensageiro, pedreiro, armador
N3	mensalista: auxiliar administrativo, escrevente, telefonista, auxiliar de laboratório, comprador, copista, feitor de turma
N4	mensalista: encarregado de serviço, auxiliar técnico, escriturário, topógrafo, desenhista, secretária, almoxarife
N5	mensalista: engenheiro, economista, psicólogo, dentista, professor de segundo grau, encarregado de seção, assistente técnico, coordenador, secretária executiva
N6	mensalista: encarregado de setor, assessor, gerente de divisão / área

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE – 2002

Em termos trimestrais, o histograma de alocação de mão-de-obra pode ser visualizado no **GRÁFICO 4.2.4-26**, a seguir, considerando os diferentes níveis funcionais previstos.

Níveis Funcionais	ANO 1				ANO 2				ANO 3				ANO 4				ANO 5				ANO 6				ANO 7				ANO 8				ANO 9				ANO 10			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
N1	223	223	2.095	2.095	2.095	2.095	4.428	4.934	5.290	5.902	5.983	5.552	5.552	5.552	4.968	4.968	4.968	4.968	1.693	1.693	1.693	1.693	564	564	564	564	491	491	491	491	440	440	440	440	339	339	339	339	134	
N2	313	313	2.946	2.946	2.946	2.946	6.227	6.939	7.439	8.300	8.414	8.414	7.807	7.807	6.986	6.986	6.986	6.986	2.381	2.381	2.381	2.381	793	793	793	793	690	690	690	690	619	619	619	619	477	477	477	477	189	189
N3	80	80	753	753	753	753	1.591	1.773	1.901	2.121	2.150	2.150	1.995	1.995	1.785	1.785	1.785	1.785	608	608	608	608	203	203	203	203	176	176	176	176	158	158	158	158	122	122	122	122	48	48
N4	56	56	524	524	524	524	1.107	1.234	1.323	1.476	1.496	1.496	1.388	1.388	1.242	1.242	1.242	1.242	423	423	423	423	141	141	141	141	123	123	123	123	110	110	110	110	85	85	85	85	34	34
N5	15	15	144	144	144	144	304	339	364	406	411	411	382	382	342	342	342	342	116	116	116	116	39	39	39	39	34	34	34	34	30	30	30	30	23	23	23	23	9	9
N6	9	9	85	85	85	85	180	200	215	240	243	243	226	226	202	202	202	202	69	69	69	69	23	23	23	23	20	20	20	20	18	18	18	18	14	14	14	14	5	5
Total Mensal	696	696	6.546	6.546	6.546	6.546	13.839	15.420	16.532	18.444	18.697	18.266	17.349	17.349	15.524	15.524	15.524	15.524	5.291	5.291	5.291	5.291	1.763	1.763	1.763	1.763	1.534	1.534	1.534	1.534	1.375	1.375	1.375	1.375	1.060	1.060	1.060	1.060	419	285

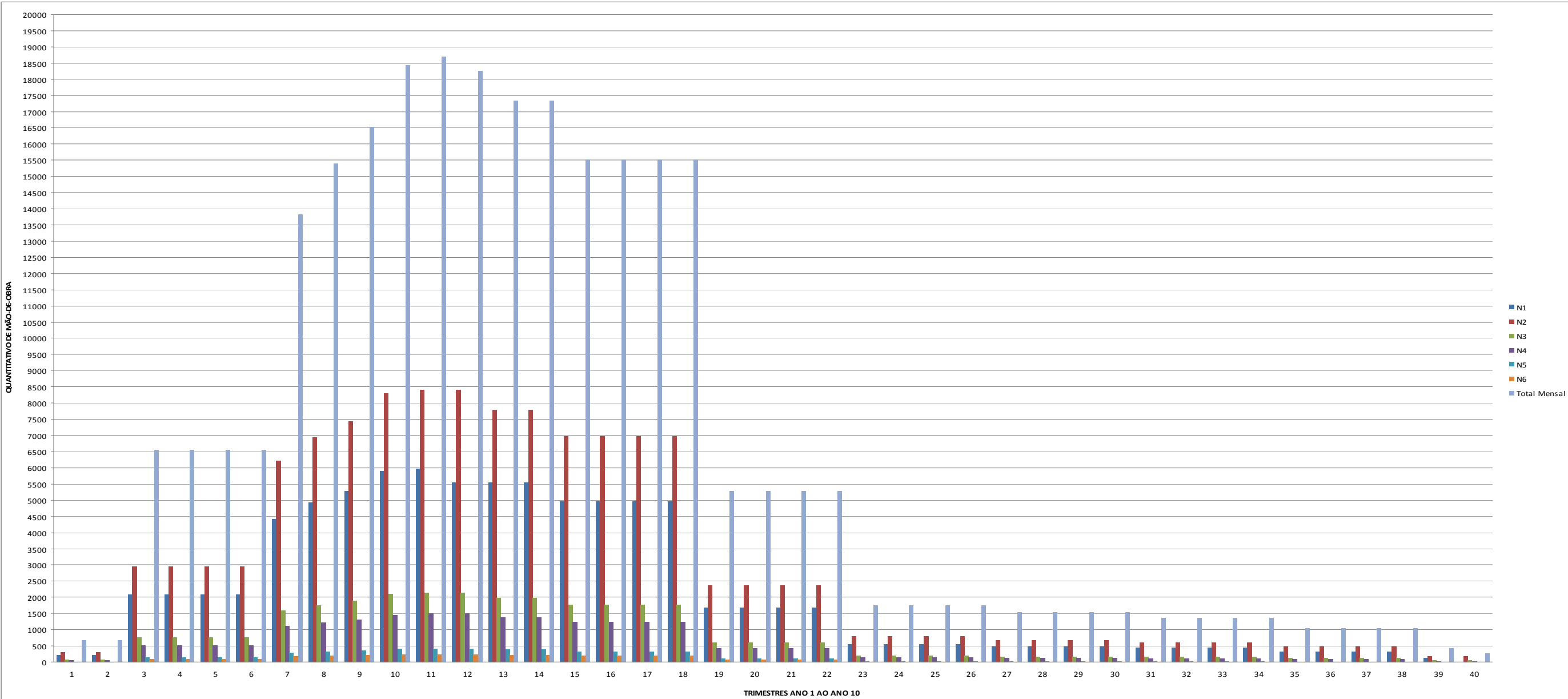


GRÁFICO 4.2.4-26 - Histograma Trimestral de Mão-de-obra por Nível Funcional para os Anos 1 a 10 de Construção do AHE Belo Monte

O **GRÁFICO 4.2.4-27** ilustra a distribuição percentual da mão-de-obra a ser alocada em acordo com os diferentes níveis funcionais previstos no ano de pico das obras – Ano 3.

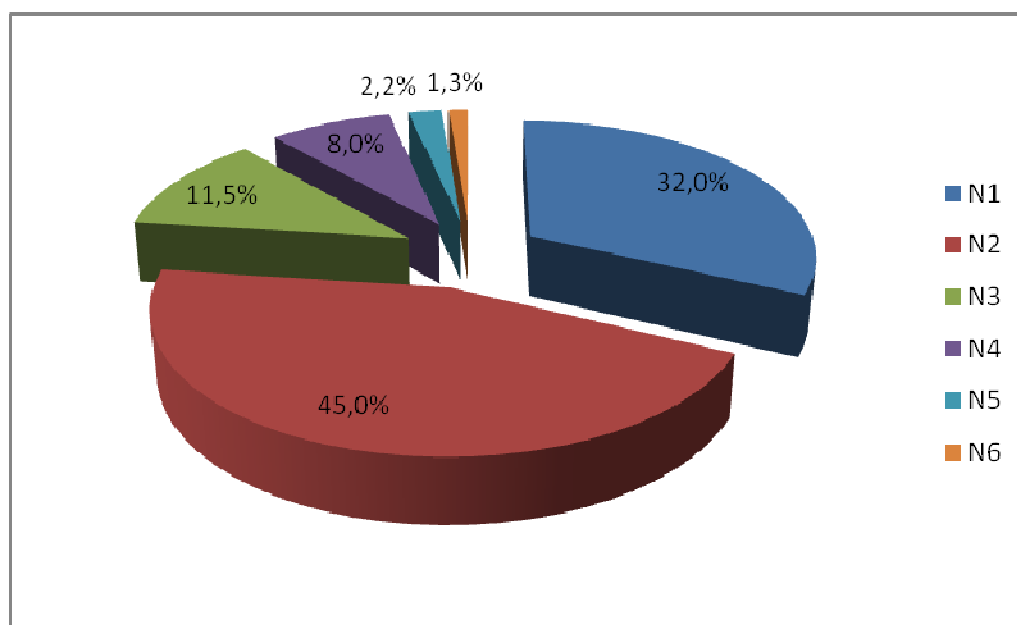


GRÁFICO 4.2.4-27 – Distribuição da Mão-de-obra Direta por Nível Funcional

Por fim, o **GRÁFICO 4.2.4-28** apresenta o histograma de distribuição do montante dos diferentes níveis funcionais pelos diversos sítios construtivos do AHE Belo Monte, considerando também o ano de pico das obras - Ano 3. Este gráfico foi elaborado a partir dos quantitativos apresentados na **TABELA 4.2.4-49**.

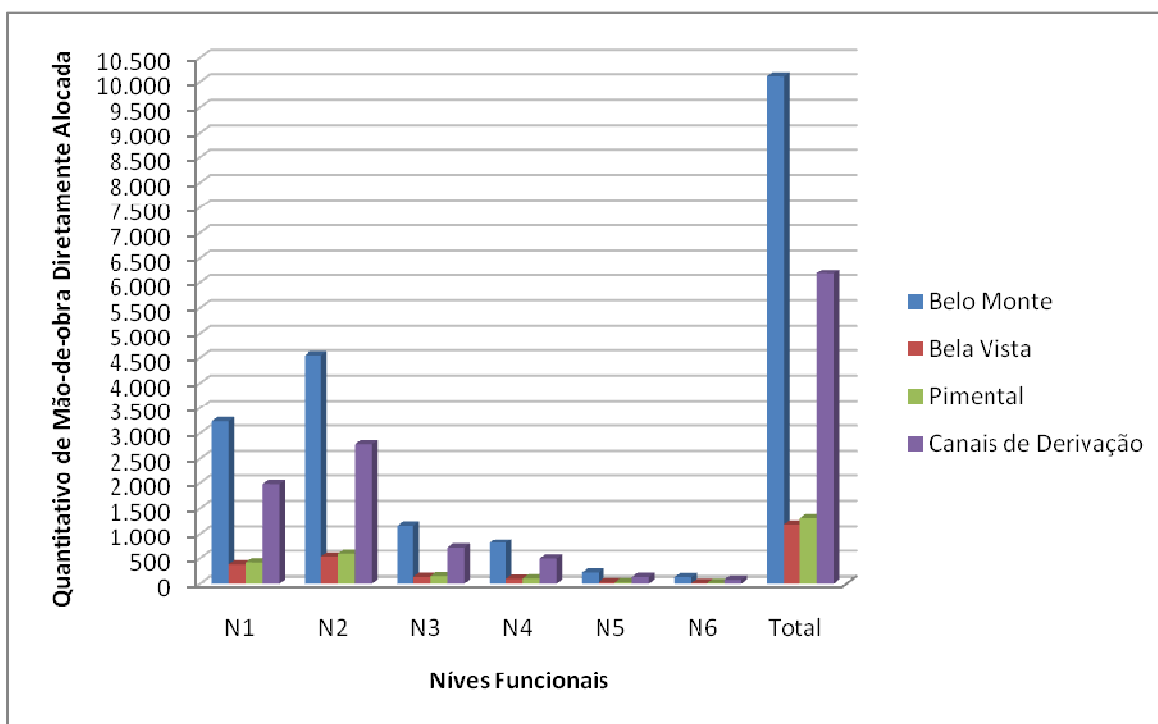


GRÁFICO 4.2.4-28 - Histograma de Distribuição de Mão-de-obra Diretamente Alocada por Nível Funcional e por Sítio Construtivo para o Ano de Pico das Obras (Ano 3)

TABELA 4.2.4-49

Quantitativos de Distribuição de Mão-de-obra Diretamente Alocada por Nível Funcional e por Sítio Construtivo para o Ano de Pico das Obras (Ano 3)

Nível Funcional	Sítios Construtivos			
	Belo Monte	Bela Vista	Pimental	Canais de Derivação
N1	3.234	379	419	1.979
N2	4.547	533	589	2.782
N3	1.162	136	151	711
N4	808	95	105	495
N5	222	26	29	136
N6	131	15	17	80
Total	10.105	1.184	1.309	6.183

4.2.5 Alternativas Tecnológicas e Análise Comparativa

a) Considerações Gerais

As justificativas para realização de um empreendimento do porte do AHE Belo Monte devem particularmente ser vistas no âmbito do planejamento energético brasileiro, que tem em conta as projeções de consumo e de atendimento das demandas do mercado por diversas alternativas tecnológicas disponíveis para a geração de energia. Estas projeções são verificadas nos estudos elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

É, portanto, no contexto do planejamento energético brasileiro que se inserem os aspectos relativos à viabilidade econômica do AHE Belo Monte diante do conjunto de empreendimentos planejados para o aumento da oferta de energia elétrica. Assim, a análise das alternativas tecnológicas para o aproveitamento em questão parte da evolução da Matriz Energética Nacional e das demandas de energia, vistas mediante sua trajetória histórica e tendências futuras.

Para elaboração deste item tomou-se como fonte principal de dados e informações o “Balanço Energético Nacional 2008 – Ano Base 2007 – Resultados Preliminares”⁸ e o “Plano Decenal de Expansão Energética 2007/2016”⁹, complementado pelo “Balanço Energético Nacional 2007 – Ano Base 2006” e por informações fornecidas pela ELETROBRÁS, em especial no que tange à análise comparativa de alternativas tecnológicas para geração de energia. Neste sentido, alguns textos ora apresentados representam transcrições dos documentos supracitados, optando-se aqui por não assinalá-los a cada vez que tal procedimento é utilizado, a não ser quando da explicitação de fontes de referência de quadros e figuras. Reitera-se, portanto, que todas as considerações feitas neste item advêm de fontes oficiais de dados e informações.

b) Evolução da Matriz Energética Nacional e das Demandas de Energia

Nas três últimas décadas do século XX, a economia brasileira cresceu a uma taxa média anual de 4,2%, apresentando comportamentos distintos a cada década: 8,6% nos anos setenta, 1,6% nos anos oitenta e 2,4% nos anos noventa.

O **QUADRO 4.2.5-1** busca sintetizar os pontos principais que caracterizam a evolução da matriz energética nacional e das demandas de energia, conforme a seguir apresentado.

⁸ Disponível: <http://www.ben.epe.gov.br>. Acesso em 22.07.2008, às 14hs23min.

⁹ Disponível: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em 22.07.2008, às 17hs04min.

QUADRO 4.2.5-1

Síntese da Evolução da Matriz Energética Brasileira e das Demandas de Energia

Continua

Período	Principais Eventos e Características da Demanda de Energia e da Matriz Energética Brasileira
Década de 70	- Elevação do consumo de algumas fontes de energia (eletricidade – 12% a.a.; derivados de petróleo – 8,2% a.a), motivada pela predominância do transporte rodoviário e pelo desenvolvimento da indústria de base e da infra-estrutura; e - Crescimento de 5.5% a.a. da Oferta Interna de Energia (OIE)¹⁰
Década de 80	- Declínio e variação consideráveis das taxas de consumo de energia elétrica devido à recessão econômica conseqüente da elevação dos preços do petróleo em 1.979; - Significativa expansão da indústria de uso intensivo de energia voltada para a exportação (aço, alumínio e ferro-ligas), em especial no período de 1.980 a 1.985, para aproveitar o excesso de capacidade instalada de geração elétrica e para amenizar o déficit comercial; - Também no período de 1.980 a 1.985 implementação de medidas de contenção do consumo de derivados de petróleo; - Principais indicadores da variação da demanda de energia frente ao contexto internacional e nacional (crescimento da economia brasileira à taxa média de 1,3% a.a): ✓ Crescimento da OIE à média de 2,7% a.a.; ✓ Crescimento do consumo de eletricidade à média de 7,2% a.a.; ✓ Crescimento do consumo do carvão da siderurgia à média de 9,1% a.a.; ✓ Crescimento do consumo de biomassa para gerar energia elétrica à média de 4,3% a.a.; e ✓ Decréscimo do consumo de derivados de petróleo (média de -1,9% a.a.)

¹⁰ Oferta Interna de Energia é a quantidade de energia que se disponibiliza para ser transformada ou para consumo final, incluindo perdas posteriores na distribuição.

QUADRO 4.2.5-1

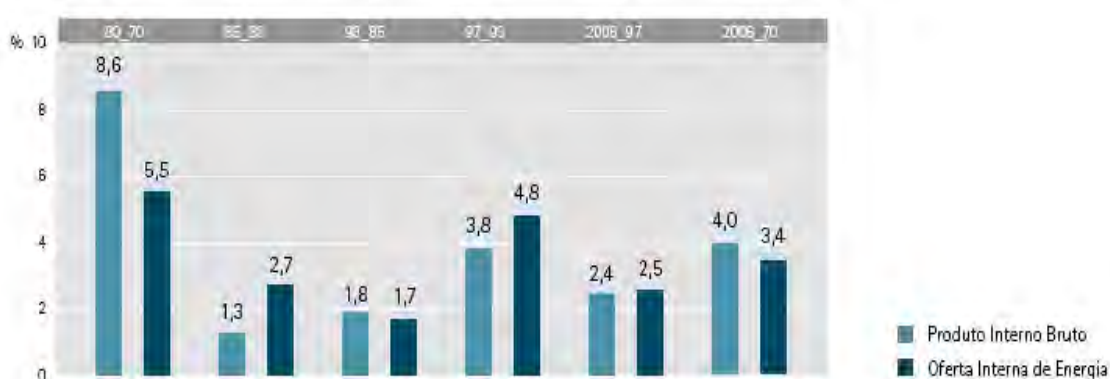
Síntese da Evolução da Matriz Energética Brasileira e das Demandas de Energia

Conclusão

Período	Principais Eventos e Características da Demanda de Energia e da Matriz Energética Brasileira
Década de 90	- De 1.993 a 1.997, novo ciclo de desenvolvimento derivado da estabilização da economia, com expansão do consumo de energia e estagnação ou regressão das exportações de produtos intensivos em energia; - Em 1.998 e 1.999, forte retração no crescimento econômico derivada de medidas governamentais como reação a sucessivas crises externas, principalmente a crise cambial nos países asiáticos, com conseqüente queda no consumo de energias associadas ao uso individual; - Principais indicadores da variação da demanda de energia frente ao contexto internacional e nacional (crescimento do PIB à taxa média de 3,9% a.a até 1997, inclusive; em 1.998 crescimento de 0,13% a.a. e de 0,81% em 1.999): ✓ Até 1.997, inclusive, crescimento da OIE a 4,8% a.a., sofrendo redução para 2% a.a. nos dois anos subseqüentes; ✓ Crescimento do consumo de eletricidade residencial à média de 8,4% a.a. até 1997, sofrendo redução para 2,4% a.a. (energia residencial) no período 1.998-1.999; ✓ Crescimento do consumo de querosene para aviação à média de 9,4% a.a até 1997, com redução para -6,3% a.a. no período 1.998-1.999; e ✓ Crescimento do consumo de gasolina automotiva de 13,8% a.a. até 1997, com redução para -6,3% a.a. no período de 1.998-1.999
2.000 a 2.006	- Sinais de recuperação da economia em 2.000, após a desvalorização da moeda ocorrida em 1999, com alavancagem expressiva dos setores de Comunicação, Indústria Extrativa Mineral e Indústria de Transformação (crescimento do PIB a 4,36% a.a.); - Em 2.000, crescimento da OIE de apenas 0,7% a.a., em função do fraco desempenho de setores industriais eletrointensivos e da continuidade do baixo consumo da energia associada ao uso individual da população; - Nova retração da economia interna em 2.001 (PIB cresceu a 1,42% a.a.), conseqüência do desaquecimento da economia americana e dos atentados terroristas; - Em 2.001, o consumo de energia elétrica pouco melhorou em relação a 2.000 (OIE a 1,7% a.a.) em decorrência do racionamento de carga e de os setores intensivos em energia terem sido afetados pela retração da economia; - De 1.998 a 2.006 o crescimento médio do PIB foi de 2,7% a.a., sendo que, a partir de 2.002, ocorreu uma retomada das exportações de setores intensivos em energia e a redução significativa da demanda de energia voltada para o bem estar da população, com taxa média de crescimento da OIE igual a 2,5% a.a.; e - Em 2.006 a OIE atingiu o montante de 226,1 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep¹¹).

¹¹ Tonelada equivalente de petróleo (tep) é a unidade de energia de referência, correspondendo à quantidade de energia contida em uma tonelada de petróleo de referência. Adotada no BEN e em diversas outras publicações internacionais, corresponde a 10.000 Mcal e não é equivalente ao petróleo médio processado no Brasil

Sintetizando as informações antes aqui explicitadas, o **GRÁFICO 4.2.5-1** permite a visualização das variações das taxas médias de crescimento do PIB e da OIE, no Brasil, no período compreendido entre os anos 70 e 2006. Os resultados preliminares de 2007, divulgados pela EPE no Balanço Energético Nacional (BEN) do primeiro semestre de 2008, mostram que a OIE cresceu 5,9%, taxa ligeiramente superior ao crescimento da economia (5,4%, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE). A análise comparativa destes resultados em relação àqueles de 2006 permite concluir que, apesar de expressivos, os mesmos trazem implícita a sugestão de que importantes mudanças estruturais podem estar em curso na economia nacional, com aumento da eficiência no uso da energia. Isto é muito claro no caso da energia elétrica, mas também se verifica, quando tomado em perspectiva, com relação à energia como um todo. Com efeito, a intensidade energética (quantidade de energia por unidade do PIB), apesar de ligeiramente maior do que a de 2006, é a mesma que se registrou em 1990, igual a 0,182 tep/1.000 US\$.



Fonte – BEN 2007, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-1 – Taxas médias de crescimento do PIB e OIE, Brasil 1970 - 2006

Com base na **TABELA 4.2.5-1**, os **GRÁFICO 4.2.5-2** e **GRÁFICO 4.2.5-3** ilustram, respectivamente, a evolução das relações OIE e PIB e OIE e População a partir dos anos 70 até 2007, inclusive, tanto para as denominadas “intensidade energética” como para “intensidade elétrica”.

TABELA 4.2.5-1

Parâmetros para cálculo e evolução de indicadores de intensidade energética e de intensidade elétrica

Principais Parâmetros	Unidade	1970	1980	1990	2000	2007
Oferta Interna de Energia	10 ⁶ tep	66,9	114,8	142,0	190,6	239,4
Oferta Interna de Eletricidade ¹	TWh	45,7	139,2	249,4	393,2	480,6
População ²	10 ⁶ hab	93,1	118,6	146,6	171,3	184,0
PIB ³	10 ⁹ US\$	292,3	668,7	781,7	1005,2	1313,6
Principais Parâmetros	Unidade	1970	1980	1990	2000	2007
PIB <i>per Capita</i>	10 ³ US\$/hab	3.140	5.640	5.332	5.868	4.140
OIE <i>per Capita</i>	tep/hab	0,719	0,944	0,969	1,113	1,301
OIE <i>por PIB</i>	tep/10 ³ US\$	0,229	0,172	0,182	0,190	0,182
OIEE <i>per Capita</i>	kWh/hab	491	1.145	1.701	2,295	2.612
OIEE <i>por PIB</i>	kWh/10 US\$	156	208	319	391	366

¹Inclui autoprodução.

²Estimativa do IBGE para a população residente em 1º de julho de cada ano.

³Preços de 2007.

Fonte – BEN 2008, EPE 2008



Fonte – BEN 2008, EPE 2008

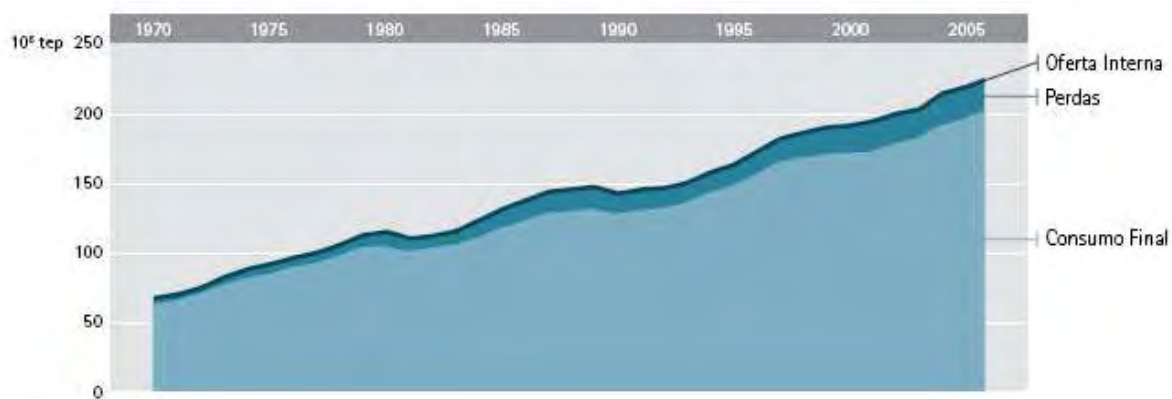
GRÁFICO 4.2.5-2 – Evolução do indicador de intensidade energética, Brasil 1970 – 2007



Fonte – BEN 2008, EPE 2008

GRÁFICO 4.2.5-3 – Evolução do indicador de intensidade elétrica, Brasil 1970 – 2007

Já o **GRÁFICO 4.2.5-4** apresenta a evolução da OIE, das Perdas¹² e do Consumo Final¹³, no período 1.970 a 2.006. Nota-se um crescente distanciamento entre as curvas de OIE e do Consumo Final, resultado do crescimento das perdas acima da evolução deste último. Conforme pode se depreender a partir do **QUADRO 4.2.5-1**, as performances negativas das curvas em 1.981 resultaram da recessão econômica mundial, provocada pelo aumento dos preços internacionais do petróleo em 1.979. Em 1.990, os resultados negativos foram reflexo do plano econômico do Governo Collor.



Fonte – BEN 2007, EPE 2007

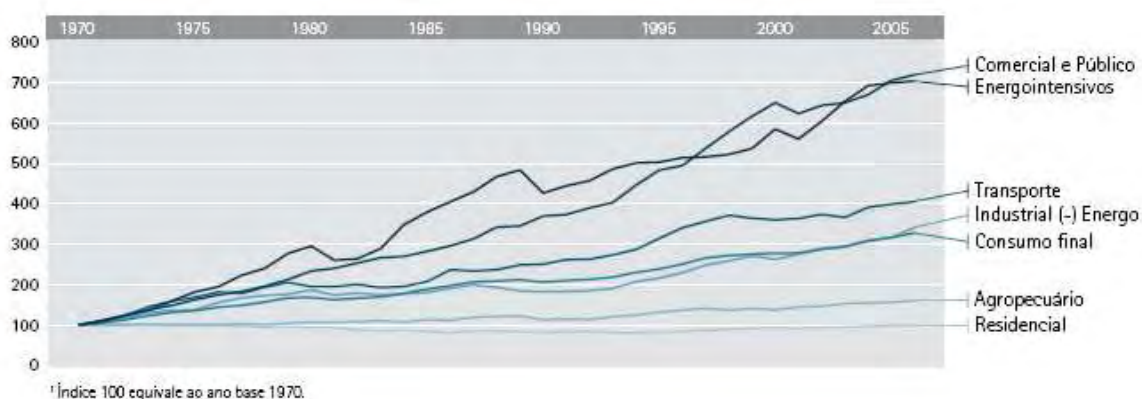
GRÁFICO 4.2.5-4 – Evolução da Oie, Do Consumo Final e das Perdas, Brasil 1970 - 2006

Por sua vez, a evolução do consumo setorial de energia é mostrada, em valores relativos, no **GRÁFICO 4.2.5-5**. Observa-se que, nas décadas de 70 e 80, o grupo de indústrias eletro-intensivas, composto pelos setores de aço, ferroligas, alumínio, metais não ferrosos,

¹² No BEN, a menos de eventuais ajustes estatísticos, a soma do Consumo Final de energia, das perdas no transporte, na distribuição e na armazenagem e das perdas nos processos de transformação recebe a denominação de OIE, também, costumeiramente denominada de matriz energética ou de demanda total de energia.

¹³ Consumo final de energia é a quantidade de energia consumida pelos diversos setores econômicos para atendimento de usos finais (calor de processo, força motriz, iluminação etc.), não incluindo a utilização como matéria-prima para produção de outra forma de energia.

pelotização e papel e celulose, foi o que apresentou as maiores taxas de crescimento do consumo de energia em comparação com o crescimento médio do consumo final. De 1990 em diante, o consumo das indústrias eletro-intensivas passou a ter desempenho mais próximo do consumo final, sendo que, neste mesmo período, o desempenho das outras indústrias suplantou aquele do consumo final de energia.



Fonte – BEN 2007, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-5 – Evolução relativa dos consumos setoriais e do consumo final de energia, Brasil 1970 - 2006

Considerando-se a análise da OIE em função das diferentes fontes geradoras de energia, se tem, no **GRÁFICO 4.2.5-6**, a visualização da evolução desta oferta no período 1970 – 2006. No Brasil, em 2006, cerca de 45,1% da OIE teve origem em fontes renováveis, enquanto que no mundo esta taxa foi de 12,7% e nos países membros da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OECD) de apenas 6,2%. Desta participação da energia renovável, 14,8% corresponderam à geração hidráulica e 30,3% a outras fontes renováveis. Os 54,9% restantes da OIE vieram de fontes fósseis e outras não renováveis. Tal característica resulta do grande desenvolvimento do parque gerador de energia hidrelétrica desde a década de 50 e de políticas públicas adotadas após a segunda crise do petróleo, ocorrida em 1.979, visando a redução do consumo de combustíveis oriundos desta fonte e dos custos correspondentes à sua importação, à época responsáveis por quase 50% do total do país.



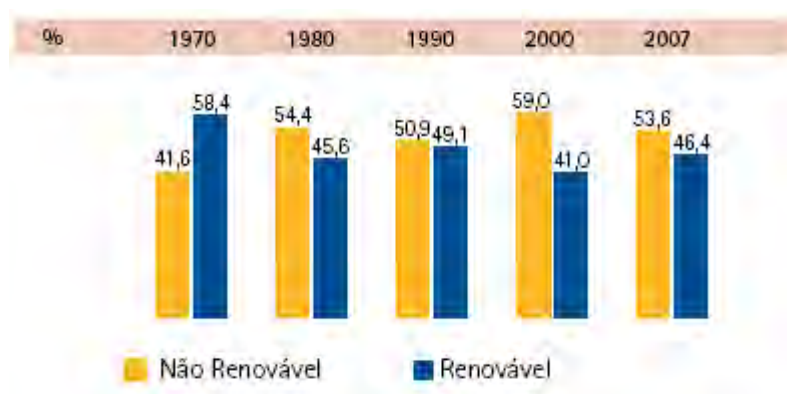
Fonte – BEN 2007, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-6 – Evolução da oie segundo diferentes fontes Geradoras, brasil 1970 - 2006

Em termos de evoluções tecnológicas que tiveram interface direta com alterações na matriz energética brasileira e com o atendimento às demandas de energia, vale destacar que:

- Em 1.975 foi criado, pelo Decreto 76.593, o PROÁLCOOL, objetivando substituir parte da gasolina utilizada na frota nacional de veículos de passageiros (álcool hidratado em veículos com motores movidos a álcool), bem como empregar o álcool como aditivo à gasolina (álcool anidro), tornando menos poluente a sua combustão. Como consequência, a produção de álcool, que de 1.970 a 1.975 não passou de 700 mil m³, passou a 2,85 milhões de m³ em 1979 e, em 1997, registrou um nível de 15,5 milhões de m³; a partir de então começou a declinar, chegando a 12,6 milhões de m³ em 2002, recuperando-se até atingindo, em 2006, uma produção total de 17,8 milhões de m³.
- Foram realizados vultosos investimentos em prospecção e exploração de petróleo, que permitiram à PETROBRÁS a aplicação de tecnologia pioneira no mundo de extração em águas profundas, com lâminas d'água de mais de 1.000 m. As reservas nacionais totais de petróleo, consideradas prontas para serem tecnicamente exploradas, passaram de 283 milhões de m³ em 1979 para 2,89 bilhões de m³ em 2006. Neste mesmo período, a produção de petróleo passou de 170 mil barris por dia para mais de 1,76 milhões de barris por dia, incluindo gás natural liquefeito (GNL).
- A indústria de energia elétrica também desenvolveu tecnologias no campo da construção e operação de grandes centrais hidrelétricas, bem como na operação de sistemas de transmissão a grandes distâncias e em corrente contínua. Seu parque gerador de eletricidade foi aumentado de 11 GW, em 1.970, para 30,2 GW em 1.979. Em 2.006 foi atingida uma capacidade instalada hidráulica de 73,4 GW.

Em termos da composição da Matriz Energética Brasileira, considerando a participação de fontes renováveis e não renováveis de energia, o BEN 2008 aponta que da OIE em 2007 46,4% se referem a fontes de energia renovável, conforme se pode verificar no **GRÁFICO 4.2.5-7**. Esta proporção, em 2005, se refletiu na quantidade de CO₂ associada à energia - 1,57 ton CO₂/tep -, contrastando com a média mundial (2,37 ton CO₂/tep) e com a média dos países que compõem a OECD, em sua grande maioria países desenvolvidos (2,33 ton CO₂/tep) – vide **TABELA 4.2.5-2** e **GRÁFICO 4.2.5-8** e **GRÁFICO 4.2.5-9**.



Fonte – BEN 2008, EPE 2008

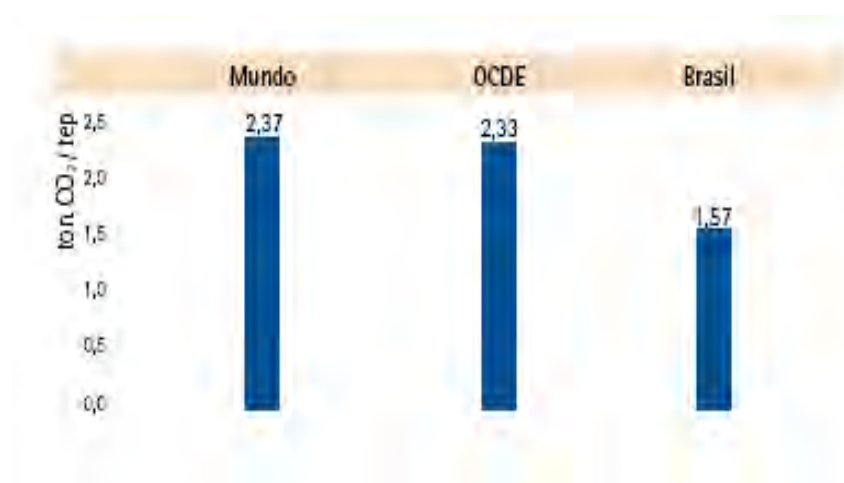
GRÁFICO 4.2.5-7 – Evolução da participação das fontes renováveis e não-renováveis

TABELA 4.2.5-2
Emissões de CO₂ em 2005 no Brasil em relação ao mundo

Indicador	Brasil	EUA	Japão	América Latina	Mundo
t CO ₂ /hab	1,84	19,61	9,5	2,09	4,22
t CO ₂ /tep OIE	1,57	2,49	2,29	1,88	2,37
t CO ₂ /10 ³ US\$ de PIB	0,49	0,53	0,24	0,58	0,75
t CO ₂ /km ² de superfície	39	653	3240	45	132

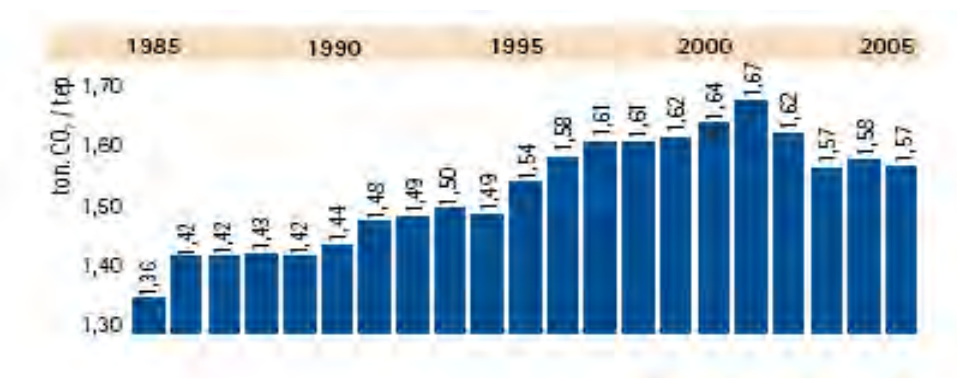
¹US\$ em valores correntes de 2000

Fonte – BEN 2008, EPE/2008



Fonte – BEN 2008, EPE 2008

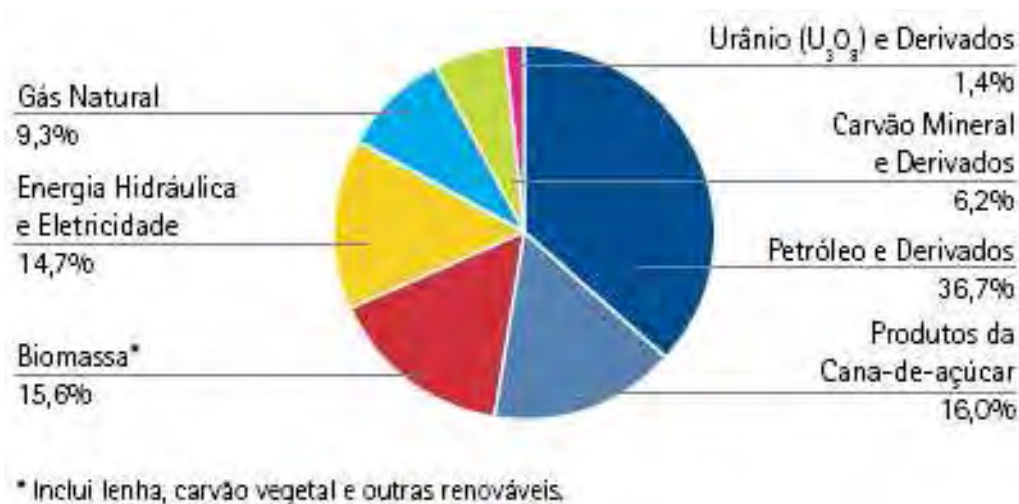
GRÁFICO 4.2.5-8 - Emissões de toneladas de CO₂/TEP em 2005 no Brasil em relação ao mundo e à OECD – Período 1985 – 2005



Fonte – BEN 2008, EPE 2008

GRÁFICO 4.2.5-9 – Evolução das emissões de toneladas de CO₂/TEP no Brasil período 1985 - 2005

Adicionalmente, o **GRÁFICO 4.2.5-10** ratifica que a participação das fontes renováveis é expressiva na OIE brasileira, apesar da redução do uso da lenha, ocorrida na década de 70, quando houve grande substituição da mesma por derivados de petróleo. Contudo, a redução da participação da lenha, de 38,8% para 15,6%¹⁴ em 2007, foi compensada por forte incremento da participação da energia hidráulica, de 6,1% para 14,7%, e dos produtos da cana-de-açúcar, de 5,7% para 16,0%. Já a participação dos derivados de petróleo no consumo final de energia, que era de 33% em 1.970, passou a 43% em 1979 e retrocedeu a 31% em 1.985, em 2.007 atinge o patamar de 36,7%.



Fonte: BEN 2008, EPE/2008

GRÁFICO 4.2.5-10 – Estrutura da oferta de energia no Brasil em 2007

Há que se ressaltar que o carvão mineral e o urânio (usado em apenas duas centrais nucleares) são recursos energéticos pouco utilizados na Matriz Energética Brasileira. A partir de 1.975, o carvão mineral de uso térmico foi incentivado e, também, contribuiu para a substituição de óleo combustível na indústria, principalmente, na indústria cimenteira, chegando a ter uma participação de 6,2% atualmente na oferta de energia, conforme pode ser visualizado no **GRÁFICO 4.2.5-10**. Já o gás natural foi a fonte de maior crescimento percentual, passando de 1% em 1.980 para 9,3% em 2.007.

Assim, com base no **GRÁFICO 4.2.5-10**, conclui-se que, dentre as fontes renováveis, a maior parte é composta pelos produtos derivados da cana-de-açúcar (16,0%), seguidos pela biomassa (15,6%). A fonte hidráulica corresponde a 14,7% da oferta total de energia interna no Brasil, mas, como se poderá verificar adiante, é a principal responsável pelo fornecimento de energia elétrica, fruto dos investimentos em oferta primária de energia hidráulica, que cresceu mais de sete vezes nos últimos 30 anos.

Em complementação às informações supracitadas, os dados da versão preliminar do BEN 2008 incorporam uma série de macroindicadores do comportamento dos setores econômicos mais importantes, do ponto de vista do consumo dos energéticos, apontando para resultados como:

¹⁴ Taxa incluindo lenha, carvão vegetal e outras fontes de biomassa
6365-EIA-G90-001b

- crescimento¹⁵ de 2,2% na carga de petróleo processado em refinarias;
- crescimento de 1,4% na produção de petróleo;
- crescimento de 2,5% na produção de gás natural;
- crescimento de 5,6% na importação de gás natural;
- crescimento de 4,6% no montante de energia elétrica consumido por consumidores livres e cativos no país; e
- crescimento de 27,0% na produção de álcool em destilarias.

Por fim, há ainda que se destacar o quadro histórico de dependência externa de energia do país, assim como a questão do Balanço de Energia Útil (BEU)¹⁶.

Com relação ao primeiro, o perfil da dependência externa de energia no Brasil (**TABELA 4.2.5-3**), cuja evolução pode ser observada no **GRÁFICO 4.2.5-11**, mostra uma forte alteração de estrutura, em acordo com os comentários sobre a evolução histórica de investimentos em fontes de energia de diferentes naturezas antes aqui abordados.

¹⁵ Todas as taxas de crescimento apresentadas são referentes a 2007 em relação a 2006

¹⁶ O BEU é um estudo que permite processar as informações setoriais do BEN de consumo de energia para obter estimativas da Energia Final destinada aos Usos Finais Força Motriz, Calor de Processo, Aquecimento Direto, Refrigeração, Iluminação, Eletroquímica e Outros Usos e, com base nos rendimentos do primeiro processo de transformação energética, estimar a Energia Útil.

TABELA 4.2.5-3
Dependência externa de energia do Brasil* – Período 1991 - 2006

	Unidade	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Total	Mil tep	37.640	40.049	42.499	45.421	49.911	50.445	53.194	50.199	46.589	43.728	41.816	28.696	22.490	28.169	22.735	19.051
	%	25,7	27	27,9	28,3	30,2	29,1	29	26,6	24,1	22,2	21,1	14,1	10,9	12,9	10,2	8,3
Petróleo	Mil tep/d	526	573	602	653	706	713	775	704	609	486	397	187	71	134	-1	-71
	%	44,4	46,1	46,9	47,9	49	46,2	46,5	40,6	34,5	27,1	22,5	10,8	4,3	7,8	-0,1	-4
Carvão Mineral	Mil t	11.831	11.387	12.134	12.799	13.567	14.563	14.591	14.592	13.925	14.846	14.618	15.096	16.133	16.127	15.440	14.898
	%	66,6	66,9	70,5	71,7	72	75,2	73,8	76	67,9	68,1	67,9	75,3	77,6	73,5	71,6	69,4
Eletricidade	GWh	27.080	24.014	27.550	31.767	35.352	36.558	40.470	39.404	39.961	44.338	37.848	36.573	37.145	37.385	39.042	41.164
	%	10,4	9	9,9	10,9	11,4	11,2	11,6	10,9	10,7	11,3	10,3	9,6	9,3	8,8	8,8	8,9

Valores negativos correspondem à exportação líquida.

* Diferença entre a demanda interna de energia (inclusive perdas de transformação, distribuição e armazenagem) e a produção interna.

Fonte: BEN 2007, EPE 2007

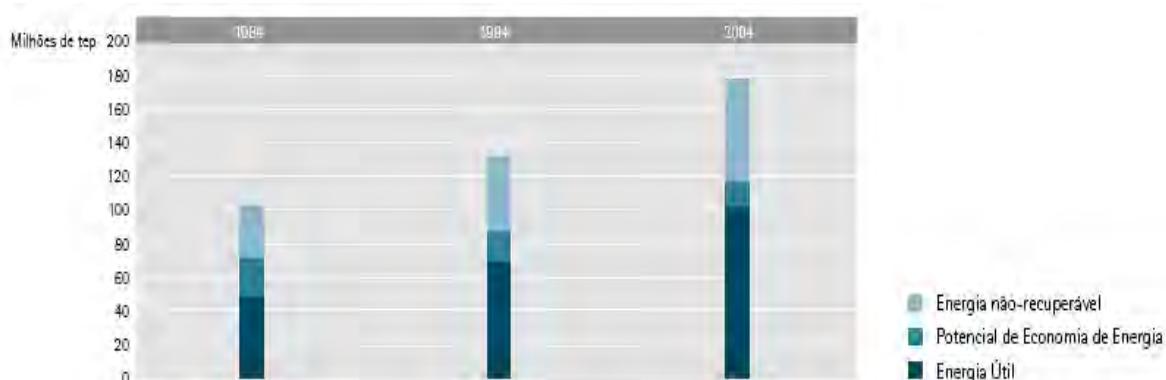


Fonte: BEN 2007, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-11 – Dependência externa de energia do Brasil – Período 1975 - 2005

Para se tirar partido das análises da evolução das demandas de energia a partir do BEU, vale ainda realçar que a Energia Útil é apurada considerando os Usos Finais, as formas de Energia Final e os setores de atividades contemplados no BEN. A Energia Final, por sua vez, é composta pela soma de duas parcelas: a Energia Útil e a Energia Perdida, esta última igual à soma do Potencial de Economia de Energia (PEE) com a Energia não Recuperável (EÑR). A Energia Útil é estimada com base nas eficiências médias das instalações de cada setor de atividade, existentes no ano do estudo. O PEE é estimado com base nas eficiências das instalações mais modernas de cada setor de atividade, existentes no ano do estudo. A EÑR é calculada por diferença.

A partir dos conceitos supracitados, e à luz do **GRÁFICO 4.2.5-12**, que resume os resultados do BEU para os anos de 1984, 1994 e 2004, conclui-se que a Energia Final e a Energia Útil têm aumentado ao longo dessas duas décadas. Por outro lado, o Potencial de Economia de Energia vem diminuindo à medida que os rendimentos dos processos se aproximam de seus paradigmas.



Fonte: BEN 2007, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-12 – Variação da energia final, útil e do potencial de economia de energia para o Período 1984 - 2004

A relação Energia Final / Energia Útil tem a dimensão de rendimento energético. Assim, o BEU permite avaliar o rendimento energético global da sociedade brasileira e os rendimentos específicos dos setores de atividade, das diferentes formas de energia e dos Usos Finais. A **TABELA 4.2.5-4** apresenta as evoluções dos rendimentos energéticos globais, dos principais setores de atividades, dos principais energéticos e dos principais Usos Finais, mostrando que os rendimentos energéticos aumentaram ao longo das décadas analisadas. Tal incremento foi devido, em parte, à evolução tecnológica dos equipamentos e, lado outro, à mudança da matriz energética do país, que migrou dos energéticos de uso menos eficiente para os de uso mais eficiente.

TABELA 4.2.5-4
Evolução dos rendimentos energéticos– Período 1984 - 2004

	1984	1994	2004
%			
Principais Energéticos			
Óleo Diesel	35,6	40,5	43,4
Elettricidade	58,1	64,3	68,8
Produtos da Cana	65	71,6	76,7
Principais Setores de Atividade			
Energético	65,8	73,5	75,2
Residencial	33,5	43,4	47,4
Transportes	31,4	35,4	37,5
Industrial	62,2	67,9	72
Principais Usos Finais			
Força Motriz	39,2	44	47,1
Calor de Processo	70,2	76	78,9
Aquecimento Direto	43	52,2	56,5
Global	46,9	53,9	57,5

Fonte: BEN 2007, EPE 2007

Ainda a partir do BEU é possível avaliar separadamente os efeitos da evolução da Tecnologia e da Sociedade no consumo energético nacional. A **TABELA 4.2.5-5** mostra que os efeitos da Tecnologia são, em geral, maiores que aqueles afetos à Sociedade. No entanto, nos segmentos Residencial e Aquecimento Direto e, em especial no período de 1984 a 2004, o efeito da Sociedade sobrepujou aquele afeto a outros segmentos. Tal variação foi motivada pelo processo de substituição dos fogões a lenha no setor residencial que ocorreu ao longo do decênio de 1984 a 1994. Já o efeito da Tecnologia é particularmente significativo no caso de segmentos como o Setor Industrial, em que a competitividade é um indutor do aumento de eficiência ou dos insumos energéticos usados nesse setor.

TABELA 4.2.5-5

Variação dos rendimentos energéticos – Participação dos efeitos da tecnologia e da sociedade
Período 1984 – 2004

	Período 2004 - 1994				Período 2004 - 1984			
	Variação Total	Efeito da Tecnologia	Efeito da Sociedade	Verificado	Variação Total	Efeito da Tecnologia	Efeito da Sociedade	Verificado
Principais Energéticos								
Óleo Diesel	2,9	3	-0,1	2,9	7,8	7,9	-0,1	7,8
Eletricidade	4,4	4,5	-0,2	4,3	10,7	11,8	-1,2	10,6
Produtos da Cana	5	5,1	-0,1	5	1,7	11,7	-0,1	11,6
Principais Setores de Atividade								
Energético	1,6	-1,4	1,7	0,3	9,4	6,7	2,6	9,3
Residencial	4,1	3,4	0,7	4,1	13,9	6,3	7,6	13,9
Transportes	2,1	2,3	-0,1	2,2	6,1	6,5	-0,7	5,8
Industrial	4,1	4,6	0,1	4,7	9,8	9,2	1,1	10,2
Principais Usos Finais								
Força Motriz	3,1	2,7	0,4	3,1	7,9	7,3	-0,2	7,1
Calor de Processo	2,9	2,8	-0,3	2,5	8,7	8,5	0,4	8,8
Aquecimento Direto	4,3	2,9	1	3,9	13,5	6,6	6,6	13,2
Global	3,6	3,2	0,6	3,8	10,6	8,8	2,4	11,1

Fonte: BEN 2007, EPE 2007

c) A Participação Atual da Energia Elétrica na Matriz Energética Brasileira

No período 1.975 a 2.006, o Setor Elétrico praticamente quintuplicou sua capacidade instalada de geração, como pode ser visualizado na **TABELA 4.2.5-6**. A partir desta Tabela, observa-se que, em 2.006, o setor contava com 96,6 GW em operação, incluindo os auto-produtores, sendo cerca de 76% de geração hidráulica e 24% de geração térmica e nuclear. Nesse ano, entraram em operação as UHE Peixe Angical – estado de Tocantins (498 MW), UHE Barra Grande – estados de Santa Catarina/Rio Grande do Sul (465 MW), UHE Tucuruí – estado do Pará (375 MW adicionais), UHE Irapé – estado de Minas Gerais (360 MW), UHE Capim Branco I – estado de Minas Gerais (240 MW), UHE Corumbá IV – estado de Goiás (127 MW) e UHE Fundão – estado do Paraná (120 MW). Cabe ainda destacar, no referido ano, a instalação dos Parques Eólicos de Osório, de Sangradouro e dos Índios, cada um com 50 MW, todos no Rio Grande do Sul, e da Usina Eólica Rio do Fogo/RN 15, no estado do Rio Grande do Norte (49,3 MW).

Ainda com relação ao ano de 2.006, ressalta-se que a capacidade instalada de geração hidráulica de 73,4 GW representava cerca de 35% do potencial hidráulico do país¹⁷. Com relação à evolução da capacidade instalada de geração hidráulica ao longo do período 1.975-

¹⁷ Segundo o BEN 2.007, o potencial hidrelétrico inventariado compreende as usinas em operação ou construção e os aproveitamentos disponíveis estudados nos níveis de inventário, viabilidade e projeto básico. Tomando-se por base o inventário como etapa em que se mede com toda precisão o potencial, pode-se avaliar a precisão dos valores obtidos para o potencial estimado. De acordo com estudos de avaliação, já procedidos, os valores estimados se situam em até cerca de 35% abaixo do valor final inventariado, donde se conclui que o potencial estimado é bastante conservador.

2.006, depreende-se, da **TABELA 4.2.5-6**, que o crescimento anual foi mais expressivo na década de 70, sofrendo uma desaceleração de 1.980 a 1.995, a partir de quando verificou-se a retomada do crescimento, atingindo taxas anuais de 4,7% entre 2.000 a 2.005.

TABELA 4.2.5-6
Capacidade instalada para geração de Energia Elétrica no Brasil (MW)

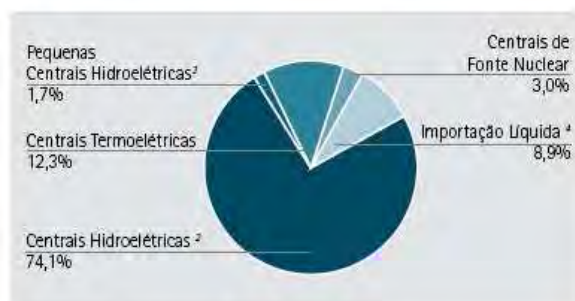
	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006
Hidro	16.316	27.649	37.077	45.558	51.367	61.063	70.620	73.434
Termo	4.652	5.823	6.373	6.835	7.097	10.642	20.238	21.194
Nuclear	-	-	657	657	657	2.007	2.007	2.007
TOTAL	20.968	33.472	44.107	53.050	59.120	73.712	92.865	96.634
Cresc. Anual	9,8%	5,7%	3,8%	2,2%	4,5%	4,7%	4,1%	

Nota: Dados obtidos em MME/EPE/BEM 2005, MME/PDE 2007-2016 e BEN 2007/EPE 2007

Especificamente com relação a 2006, o **GRÁFICO 4.2.5-13** permite observar que, comparativamente à estrutura da oferta de energia no mundo, o peso da hidroeletricidade no Brasil apresentava peso bem mais significativo.

■ Gráfico 1 | Energia Elétrica

Estrutura da oferta interna¹
Brasil 2006



¹ Inclui centrais elétricas autoprodutoras.

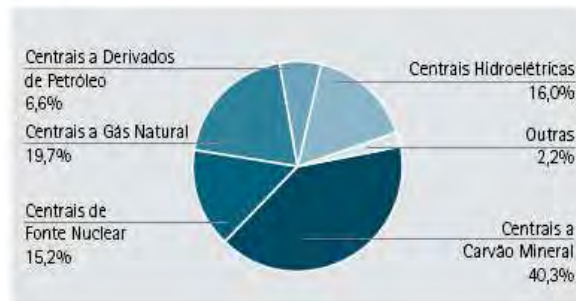
² Centrais hidroelétricas são aquelas com potência superior a 30 MW.

³ Pequenas centrais hidroelétricas são aquelas com potência igual ou inferior a 30 MW.

⁴ A importação inclui a parcela paraguaia de Itaipu.

■ Gráfico 2 | Energia Elétrica

Estrutura da oferta segundo a Fonte de Geração
Mundo 2006



Fonte – BEN 2008, EPE 2008

GRÁFICO 4.2.5-13 – Estrutura da oferta de energia elétrica no Brasil e no mundo - 2006

No tocante ao desenvolvimento da geração de energia hidrelétrica no Brasil, observa-se que este tem sido alicerçado em planejamento de longo prazo, com alocação de recursos vultosos, uma vez que a implantação dos aproveitamentos hidrelétricos requer um longo período de maturação. Diante destas características, ao longo das últimas décadas o desenvolvimento do Setor Elétrico foi conduzido pela esfera estatal, quando foram desenvolvidos os grandes potenciais nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, localizados próximos aos grandes centros consumidores do País, e iniciada a exploração dos potenciais da região Norte.

Conforme explicitado no PDEE 2.007/2.016, com o processo de desestatização e com a abertura do setor para a participação da iniciativa privada, o Setor Elétrico foi alvo de reestruturação, de modo a viabilizar o ingresso dos capitais necessários à sua operação e expansão. Contudo, alguns problemas e entraves nesta fase de transição, principalmente na questão do planejamento da expansão dos sistemas de geração e transmissão, resultaram na crise energética de 2.001, cujo efeito imediato foi o racionamento de energia elétrica, com corte do consumo da ordem de 20%. Neste sentido, o PDEE 2.007/2.016 enfatiza que as consequências desse racionamento, que se estendeu até inícios de 2.002, foram bastante negativas para o país, sendo que o mesmo foi uma das causas fundamentais para a retração da atividade econômica observada em 2.001.

Uma das soluções encontradas pelo governo, o Plano Prioritário de Termelétricas, teve a função de incrementar em curto intervalo de tempo a capacidade de geração por meio de usinas térmicas, movidas predominantemente a gás natural e implantadas com investimentos privados. Como resultado desta política, ocorreu a duplicação da capacidade instalada de geração térmica a gás no período de 2.000 a 2.006, conforme pode ser verificado na **TABELA 4.2.5-6**.

Por fim, e evoluindo na análise histórica da participação da energia elétrica na matriz energética brasileira, tem-se, na **TABELA 4.2.5-7** e no **GRÁFICO 4.2.5-14**, os dados que permitem ilustrar a variação percentual da contribuição das diferentes fontes entre os anos de 2.006 e 2.007. Já o Gráfico 15 detalha para 2.007, em termos percentuais, a participação de cada uma dessas fontes para compor o OIE.

TABELA 4.2.5-7

Variação percentual da contribuição das diferentes fontes geradoras de energia no Brasil no Período 2006 – 2007

	TWh		
Fontes	2007	2006	Δ%
Total	482,6	460,1	4,9
Energia Não Renovável	49,6	51,7	-4,1
Gás Natural	16,0	18,3	-12,3
Derivados de Petróleo	13,4	12,4	7,9
Nuclear	12,3	13,8	-10,2
Carvão e Derivados ¹	7,9	7,2	10,4
Energia Renovável	433,0	408,4	6,0
Hidráulica	371,5	348,8	6,5
Importação	40,9	40,9	-0,2
Biomassa ²	20,0	18,5	7,9
Eólica	0,6	0,2	135,8

Fonte – BEN 2008, EPE 2008



Fonte – BEN 2008, EPE 2008

GRÁFICO 4.2.5-14 – Variação percentual da contribuição das diferentes fontes geradoras de energia no Brasil no período 2006 – 2007

d) Projeções para a Evolução Mundial e no Brasil da Demanda de Energia

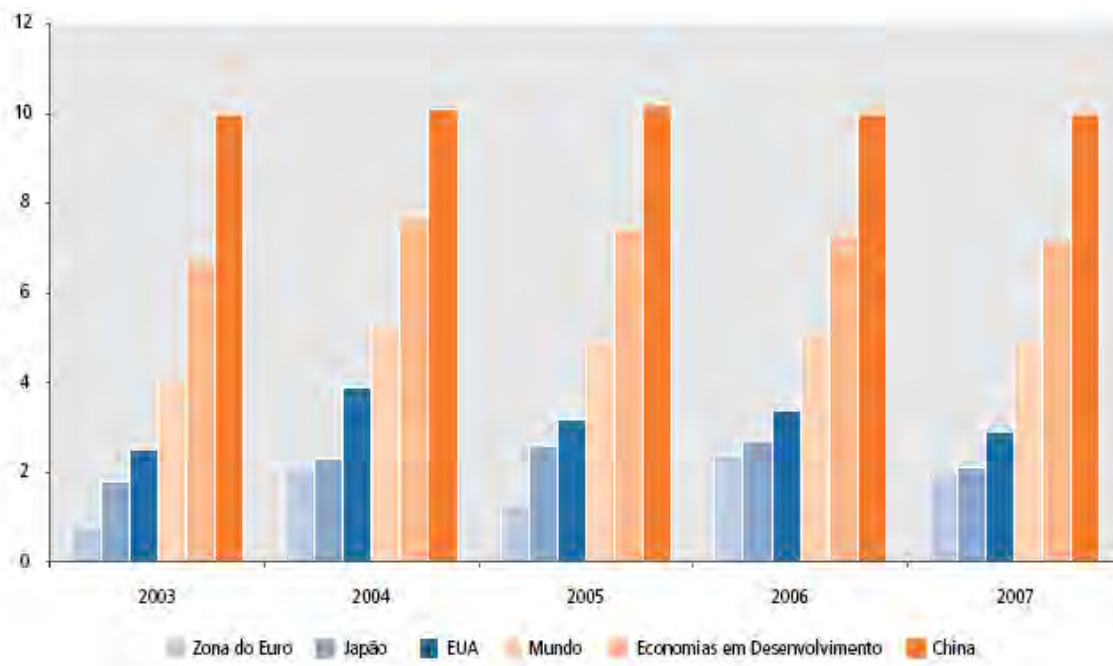
d.1) Contexto Econômico Mundial

Ressalta-se, neste item, que a abordagem aqui apresentada é aquela feita no PDEE 2.007/2.016, elaborado em 2.007 pela EPE, dado que este consiste no documento oficial mais recente disponível que contempla projeções para a demanda de energia no Brasil, inclusive comparativamente àquela no âmbito mundial.

Tal ressalva deve ser feita dado que, nos últimos meses, vem se verificando uma realidade de forte redução do ritmo de crescimento mundial, inclusive já com reflexos negativos no Brasil e nos planos de investimento da iniciativa privada. Este efeito decorre de um arrefecimento significativo da economia americana, com conseqüências no consumo doméstico e na integridade de instituições financeiras, iniciado por um desaquecimento do mercado imobiliário. Este arrefecimento, ainda que antevisto como uma tendência no PDEE 2.007/2.016, não foi considerado com a intensidade que vem sido revelada, tanto assim que, no citado PDEE, explicita-se que embora as projeções pudessem indicar uma pequena queda na taxa de crescimento econômico mundial, esta, ainda assim, encontrar-se-ia acima da média evolutiva associada a ciclos de expansão da economia mundial.

Neste sentido, o PDEE 2.007/2.0016 atribuiu esse desempenho otimista tendencial menos às economias desenvolvidas e mais àquelas emergentes, lideradas pela expressiva expansão chinesa. O Plano considerou, neste contexto, uma taxa de crescimento dos países emergentes continuando acima de 6% no período 2.008-2.009, ainda que inferior aos 7% de 2006, tomando como referência informações fornecidas pelo Banco Mundial (2006). A América Latina, por sua vez, ficaria para trás em relação à Índia, à China e à Rússia, também merecendo destaque a expansão brasileira mais modesta quando comparada com o restante do grupo dos BRIC¹⁸ (OECD, 2006). O **GRÁFICO 4.2.5-15** apresenta o crescimento diferenciado entre regiões, conforme cenário mundial considerado no referido PDEE.

¹⁸ A denominação BRIC, criada pelo banco de investimento Goldman Sachs em 2.003, refere-se a Brasil, Rússia, Índia e China, países com perspectivas de se tornarem potências econômicas globais até 2.050.



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-15 – Taxas de crescimento do PIB por regiões no mundo (% a.a.)

Observa-se, no entanto, que a despeito das perspectivas de crescimento econômico acelerado baseadas nos desempenhos destacados da China e da Índia, consideradas fundamentais para a manutenção dos preços das *commodities* e do barril de petróleo em níveis elevados, o PDEE 2.007/2.016 optou por construir um cenário econômico tendo, como referência principal, cenários de longo prazo elaborados pela EPE para o Plano Nacional de Energia 2.030. Para tanto, e como ponto de partida para a definição da conjuntura e das perspectivas da economia para os próximos anos, foram incorporadas três questões que poderiam afetar a manutenção do ritmo de crescimento dos últimos anos: o desaquecimento do mercado imobiliário nos EUA; as taxas de inflação relativamente altas nas economias desenvolvidas; e os desequilíbrios econômicos globais.

d.2) Contexto Econômico Nacional

O PDEE 2.007/2.016 apontou as seguintes diretrizes para o contexto econômico nacional considerado no horizonte do Plano, observando-se as ressalvas feitas no subitem d.1 em relação à realidade que ora se configura, em termos mundiais:

- A perspectiva econômica de curto prazo indicava uma continuidade de fortalecimento dos fundamentos da economia nacional, com redução importante dos passivos externos, manutenção dos superávits primários, estabilização (com perspectivas de queda) da relação entre dívida e PIB, e uma redução do aperto monetário, iniciada a partir do final de 2.005, e aprofundada ao longo de 2.006;
- O desempenho em termos de crescimento refletia um vigoroso crescimento do consumo, baseado principalmente na redução do patamar de inflação para os níveis de 4% ao ano, da expansão do crédito e do aumento do número de empregos com carteira assinada. Por

outro lado, reconheceu-se que uma parte deste consumo estava sendo direcionada para importações, ainda não fomentando um crescimento mais robusto da produção nacional;

- A indústria deveria continuar a ser influenciada positivamente pelo desempenho do setor extrativo, principalmente se as cotações internacionais das *commodities* minerais e os preços de petróleo continuassem em patamares elevados devido à expansão da economia mundial e, em particular, da China;
- A expectativa de continuação da expansão do setor extrativo alimentava investimentos pesados no setor de petróleo e gás natural, bem como de insumos básicos, como siderurgia e papel e celulose. Além disso, considerou-se que a construção civil deveria crescer em ritmo mais acelerado por conta dos incentivos concedidos pelo governo federal e pela perspectiva de expansão da infra-estrutura¹⁹;
- Remetendo-se a projeções feitas pelo Banco Central (2.006), o PDEE ainda apontou que: a agricultura deveria reverter também os impactos negativos sobre a produção de máquinas e equipamentos agrícolas; o aumento do interesse dos mercados mundiais no etanol deveria continuar a gerar incentivos positivos na produção de cana-de-açúcar e na de soja; e a pecuária ainda deveria expandir-se por conta da manutenção do crescimento econômico mundial e do fim dos embargos impostos por mercados consumidores de relevância.

Por fim, observa-se que a expectativa média das instituições consultadas²⁰ quando da elaboração do PDEE 2.007/2.016 em relação ao crescimento brasileiro no período 2.007 a 2.010 foi de 3,9% ao ano.

d.3) Cenário Econômico PDEE 2.007/2.016

O cenário econômico do PDEE 2.007/2.016 foi construído a partir da análise do então contexto econômico, contextualizado, conforme abordado nos subitens anteriores, por uma elevada probabilidade da manutenção da tendência de expansão da economia mundial e de continuidade do processo de fortalecimento dos fundamentos internos da economia brasileira.

De forma geral, o cenário econômico relativo ao PDEE 2.007/2.016 foi caracterizado principalmente por um crescimento da economia brasileira superior ao da economia mundial. Foi destacado, porém, um processo ainda a percorrer na consolidação da estabilidade macroeconômica, resultado, em parte, das etapas a vencer para a aprovação de reformas institucionais e econômicas, consideradas, no PDEE, como fundamentais para que os entraves em infra-estrutura sejam totalmente resolvidos.

¹⁹ O PDEE 2.007/2.016 ressalta que o montante esperado de investimento em infra-estrutura, por conta dos seus efeitos multiplicadores sobre os diferentes setores da economia, tem um aspecto crucial para alavancar o nível geral de investimento da economia. Neste sentido, o PDEE considera que o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado no início de 2007, é um importante elemento catalisador ao organizar os projetos de investimentos em infra-estrutura necessários para a obtenção de patamares mais elevados de crescimento para os próximos quatro anos, em especial nos setores de energia e logística que representam, respectivamente, 54,5% e 11,6% do total de investimento projetado no âmbito do PAC.

²⁰ Instituições consultadas: Banco Central, IPEA, Oxford Economics, IE/UFRJ e Banco Mundial

Além disto, esse cenário foi caracterizado:

- pelo esforço das corporações nacionais na conquista por mercados internacionais;
- por um moderado impulso em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I), limitado por restrições de acesso ao capital. Mesmo com uma melhoria de condições de acesso ao financiamento, foi considerado ainda não haver um fluxo suficiente de recursos para maior desenvolvimento de P&D&I, levando a um processo de desenvolvimento tecnológico mais lento;
- pela ocorrência de algum tipo de conflito entre o crescimento econômico e o aproveitamento dos recursos naturais, sendo que o mesmo poderia vir a sofrer uma lenta distensão no horizonte de planejamento do PDEE, permitindo um desenvolvimento mais sustentável do ponto de vista ambiental; e
- por um avanço modesto da redução da desigualdade sócio-regional, com redistribuição parcial de renda, lenta desconcentração regional do crescimento e uma pequena melhoria no quadro de instabilidade social nos grandes centros urbanos.

Em torno dessas linhas qualitativas gerais, e de forma a se levar em conta as sinalizações do Governo sobre as medidas a serem implementadas na área econômica, no sentido de o país alcançar uma rota de maior crescimento (nomeadamente o PAC), considerou-se adequado, no âmbito dos estudos para o PDEE, proceder-se a uma análise de sensibilidade adotando duas trajetórias de crescimento da economia dentro das condições do cenário.

Assim, para fins de elaboração do PDEE 2.007/2.016, as trajetórias consideradas de interesse para a evolução da economia nacional resultaram em um crescimento médio do PIB para o período 2.007/2.016 dentro de uma faixa entre 4,2% e 4,9% ao ano. A **TABELA 4.2.5-8** mostra a evolução da economia por quinquênios para as trajetórias superior e inferior da faixa de possibilidades considerada no PDEE em questão.

TABELA 4.2.5-8

Taxas médias de crescimento do PIB no Brasil para as trajetórias superior e inferior consideradas no PDE 2007/2016 (%)

Trajectoria	2006/2011	2011/2016	2006/2016
Superior	4,8	5,0	4,9
Inferior	4,0	4,5	4,2

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

A taxa de crescimento observada na trajetória superior foi considerada possível com a redução dos entraves internos a uma expansão econômica robusta, liberando assim recursos adicionais para o investimento, principalmente em educação e infra-estrutura. Com isto, elevar-se-á a produtividade total dos fatores e serão reduzidos paulatinamente os gargalos de infra-estrutura no primeiro quinquênio. Nos cinco anos seguintes, a economia observará uma pequena aceleração do crescimento, sustentada pela melhoria do ambiente interno, ainda que de forma lenta, e pela continuação do ambiente de crescimento da economia mundial nos níveis dos últimos anos.

No caso da trajetória inferior, um crescimento mais robusto encontrará um limitador na dificuldade de avançar de forma mais célere no encaminhamento dos problemas domésticos, o que impedirá o País de se expandir de forma mais acelerada no primeiro quinquênio, aproveitando a continuidade do crescimento econômico mundial conforme, reitera-se, contextualização feita pela EPE à época da elaboração do PDEE 2.007/2.016. Entretanto, considerou-se nesta trajetória que, à medida que os avanços se consolidem, será aberto espaço para uma aceleração do crescimento no segundo quinquênio.

No tocante aos fatores estruturais influenciadores do preço mundial do petróleo, importante balizador para os preços dos demais energéticos, o PDEE anteviu que:

- As pressões pelo lado da demanda deverão ser menores por conta de uma expansão do PIB mundial mais moderada – da ordem de 3,0% a.a. - e de medidas de eficiência energética de importantes consumidores;
- Pelo lado da oferta, a capacidade de produção de petróleo deverá ser crescente, em parte devido a uma maior participação dos países fora da OPEP (da Rússia e Região do Cáspio, em particular) em função da permanência de conflitos no Oriente Médio, o que, se configurado, deverá continuar prejudicando a expansão de produção da OPEP;
- A tendência de elevação de custos de produção do petróleo deverá ser mantida (países fora da OPEP terão maiores custos devido a dificuldades de acesso, transporte e pré-processamento), porém de forma mais amena, já que as pressões por aumento da produção deverão ser reduzidas;
- Com relação à demanda e à oferta de petróleo, o balanço entre estes dois fatores deverá permitir uma maior distensão no mercado, reduzindo-se os riscos de suprimento e viabilizando uma queda gradual prevista, não só nos preços do petróleo, como em sua volatilidade (melhor acomodação de choques de curto prazo devido à maior capacidade ociosa derivada do menor crescimento de demanda); e
- Deverá ocorrer uma redução do poder relativo da OPEP na disponibilidade de oferta de petróleo também devido ao crescimento dos investimentos em fontes alternativas energéticas, iniciados e motivados pelos elevados patamares de preços de petróleo previstos até 2.010. No entanto, o PDEE aponta que a queda prevista dos preços para níveis de US\$ 45 por barril em 2.015/2.016, se por um lado deva reduzir os ganhos extraordinários que vinham sendo obtidos pelos produtores (embora ainda permita uma situação confortável para os mesmos, sobretudo para a OPEP, cujos custos de produção são bem menores que os dos demais), por outro lado deverá ser bastante conveniente para os mesmos, na medida em que não estimulará maiores investimentos em reservas não convencionais de petróleo ou em fontes alternativas de energia.

d.4) Estimativas para o Mercado Brasileiro para Energia

- Aspectos Considerados

Para aplicação nos estudos de projeção do mercado brasileiro de energia, foram feitas, no âmbito do PDEE, projeções da população e do número de domicílios discretizadas em base anual. Para compor tais projeções, foram consideradas, como base de cálculo, as informações

do IBGE e a metodologia utilizada por essa instituição em seus estudos²¹.

Na **TABELA 4.2.5-9** apresenta-se a projeção da população segundo as Regiões Geográficas. As Regiões Norte e Centro-Oeste crescem a taxas acima da média nacional, o que reflete a manutenção da tendência histórica recente de expansão e ocupação das fronteiras agrícolas. Nas demais regiões, observa-se a manutenção de crescimentos inferiores ou iguais à média nacional.

TABELA 4.2.5-9

Projeção da População Total Residente (10³ Habitantes) – 2006/2016

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
2006	15,181	51,901	80,099	27,475	13,392	188,048
2011	16,730	54,726	85,316	29,081	14,584	200,436
2016	18,142	57,305	90,075	30,547	15,671	211,740
Variação (% ao ano)						
2006/2011	2,0	1,1	1,3	1,1	1,7	1,3
2011/2016	1,6	0,9	1,1	1,0	1,4	1,1
2006/2016	1,8	1,0	1,2	1,1	1,6	1,2
Estrutura de Participação (%)						
2006	8,1	27,6	42,6	14,6	7,1	100
2011	8,3	27,3	42,6	14,5	7,3	100
2016	8,6	27,1	42,5	14,4	7,4	100

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

Já na **TABELA 4.2.5-10** pode ser observada uma síntese das projeções do número de domicílios particulares permanentes ocupados, mostrando-se a evolução da sua estrutura e as taxas de crescimento segundo as Regiões Geográficas. Para 2016, projeta-se uma distribuição regional compatível com a tendência histórica observada nos Censos, isto é, as Regiões Norte e Centro-Oeste mantêm a tendência de ganho de participação, enquanto que as demais regiões apresentam trajetória inversa, observando-se ainda que, no Nordeste, a redução da participação no total nacional é expressiva.

TABELA 4.2.5-10

Projeção do Número de Domicílios (10³) – 2006/2016

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
2006	3,482	12,993	23,777	8,485	3,880	52,617
2011	3,999	14,218	26,564	9,515	4,442	58,739
2016	4,513	15,428	29,361	10,557	5,001	64,860
Variação (% ao ano)						
2006/2011	2,8	1,8	2,2	2,3	2,7	2,2
2011/2016	2,4	1,6	2,0	2,1	2,4	2,0
2006/2016	2,6	1,7	2,1	2,2	2,6	2,1
Estrutura de Participação (%)						
2006	6,6	24,7	45,2	16,1	7,4	100
2011	6,8	24,2	45,2	16,2	7,6	100
2016	7,0	23,8	45,3	16,3	7,7	100

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

²¹ Foram utilizados, como referência, os estudos do IBGE e o trabalho “Cenário Demográfico e de Domicílios (2005/2030)”, publicado em 2006 pela EPE.

Os estudos e análises relativos ao PDEE 2.007/2.016 levaram também em conta questões ambientais, tecnológicas e de racionalização energética, incorporando, entre seus objetivos, o atendimento da demanda de energia de forma ambientalmente aceitável e economicamente sustentável. Neste sentido, o PDEE advoga que:

- Apesar de o segmento de transportes no Brasil ser baseado fortemente no modal rodoviário e com uma logística, em muitos casos, não benéfica e não eficiente, o país possui uma matriz energética considerada “limpa” pelos padrões internacionais, em função do uso intenso de recursos hidráulicos e do aproveitamento energético da cana-de-açúcar, entre outras fontes renováveis;
- Considerando-se a perspectiva de maior uso da eletricidade, tendência que se verifica na maioria dos países do mundo, inclusive no Brasil, em face do estágio de desenvolvimento econômico do país, a manutenção de uma matriz relativamente limpa deve levar em conta a continuidade no aproveitamento do vasto recurso hidrelétrico ainda inexplorado;
- A localização na região amazônica ou no cerrado de cerca de 70% do potencial hidráulico a ser aproveitado, biomas que cobrem aproximadamente dois terços do território nacional, majora a relevância de serem auferidas práticas de manejo ambiental sustentável. Neste sentido, o PDEE ressalta como um fator positivamente benéfico atrelado ao aproveitamento do recurso hidráulico para geração de energia é o fato de que a área a ser ocupada pelos reservatórios é relativamente pequena quando comparada com o território destas regiões e bem menor do que a ocupação de terra para agricultura, pecuária ou outras atividades energéticas, como a plantação de cana-de-açúcar. Por outro lado, e em especial no caso da Amazônia, aponta-se como um dos grandes desafios a serem vencidos a concorrência dos sítios onde se localiza tal potencial com áreas sob proteção legal, como as Terras Indígenas (TIs) e as Unidades de Conservação (UCs);
- No tocante ao nível de emissões que a expansão da demanda e da oferta de energia deverá provocar, em especial dos gases de efeito estufa, o Brasil dispõe de alternativas que se mostram aceitáveis: o etanol, o biodiesel, o uso de óleos vegetais na produção do diesel (H-bio) e a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis (cogeração a partir da biomassa, centrais eólicas, energia solar) ou não convencionais (resíduos urbanos), além da energia nuclear²²²³. No entanto, no PDEE explicita-se que, em especial se forem impostas restrições ao aproveitamento do potencial hidráulico, o atendimento do aumento da demanda deverá ser feito a partir de combustíveis fósseis; e
- Apesar das alternativas possíveis para gerar energia com níveis mais reduzidos de emissões, esforços na direção de aumentar a eficiência energética e o uso racional da

²² O PDEE 2.007/2.016 explicita que, em 2007, um montante de 46,4% do total de energia demandada no Brasil foi atendido por fontes provenientes de origens renováveis (hidráulica, biomassa, etc.). Por outro lado, no mundo, a utilização de energia renovável é bem menor, atualmente da ordem de 20%, de acordo com o relatório *Key World Energy Statistics 2006*, publicado pela *International Energy Agency – IEA*.

²³ O PDEE 2.007/2.016 elenca algumas novas tecnologias que poderão contribuir significativamente, na geração de energia elétrica, para a redução de emissões de CO₂ com aumento de eficiência e redução de custos: queima conjunta de carvão mineral e biomassa; adição de biogás ao gás natural; captura e estocagem de CO₂; aumento da produtividade do uso da terra na produção da biomassa; e sistemas geradores a célula combustível utilizando hidrogênio produzido a partir de combustíveis derivados do petróleo, tais como o querosene e o gás liquefeito do petróleo mais o oxigênio do ar. O PDEE ressalta ainda que a escolha das alternativas dependerá, contudo, da disponibilidade de recursos, dos preços das fontes energéticas, das definições regulatórias, das restrições institucionais e dos custos das tecnologias.

energia serão igualmente necessários, devendo a promoção da eficiência energética e a expansão da oferta de energia por meio de fontes convencionais ou alternativas serem vistos como processos complementares e não excludentes.

- Considerações sobre Eficiência Energética e Econômica

Conforme antes abordado, a questão da eficiência energética e econômica foi merecedora de considerações específicas no PDEE 2.007/2.016, elaborado pela EPE, o que demonstra a importância que as ações de conservação e uso racional da energia desenvolvidas no Brasil vêm tendo no tocante ao planejamento energético.

Dentre estas ações, merecem destaque o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET). São de igual importância as leis nos 9.991, de 24 de julho de 2000, e 10.295, de 17 de outubro de 2001, as quais estabelecem, respectivamente, o investimento mínimo obrigatório em projetos de eficiência no uso final por parte das concessionárias distribuidoras de eletricidade e o procedimento de índices mínimos de eficiência energética para máquinas e aparelhos consumidores de energia.

Apesar dos expressivos resultados já alcançados no âmbito dessas iniciativas, as crescentes exigências na área ambiental e os elevados custos envolvidos na expansão da oferta de energia demandarão ações futuras mais intensas no sentido de alcançar maior eficiência energética, segurança e confiabilidade no abastecimento de energia.

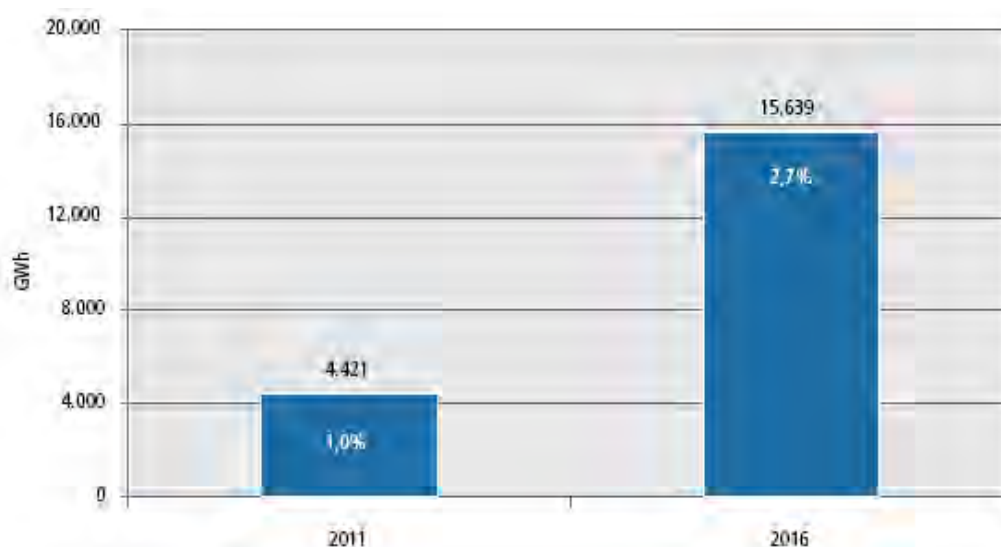
Observa-se que, no que tange à conservação e racionalização de energia, além da energia elétrica, premissas relativas a ganhos de eficiência também foram consideradas nas projeções de demanda de combustíveis fósseis realizadas no âmbito do PDEE 2.007/2.016. Nos modelos de uso final, a incorporação destes ganhos se deu de modo explícito e direto.

O tratamento dado à eficiência no uso da energia no âmbito do PDEE 2.007/2.016 contemplou uma dinâmica tendencial de aumento de eficiência, denominada de “progresso autônomo”. O PDEE afirma que ações neste sentido são intrínsecas a cada setor e consequência do que se pode chamar de “substituição tecnológica tendencial”, motivada pelo término da vida útil do equipamento, por pressões de mercado ou ambientais, ou por programas e medidas de conservação em vigor no país. Além disso, foi considerado no referido Plano, a partir de 2.012, um aumento adicional da eficiência energética, obtido a partir da instituição de programas e ações específicas, orientadas para determinados setores e refletindo políticas públicas. Este fator é denominado, no PDEE 2.007/2.016, de “conservação ou eficiência induzida”.

A fim de projetar a conservação de energia elétrica obtida mediante “progresso autônomo”, tomou-se por base, no PDEE 2.007/2.016, a evolução da energia útil e a da energia final em cada setor, por tipo de uso (força motriz, aquecimento e refrigeração, calor de processo e iluminação), sendo referência para estas estimativas o BEU, do MME, e o BEN elaborado pela EPE (vide **TABELA 4.2.5-5** e **TABELA 4.2.5-6**).

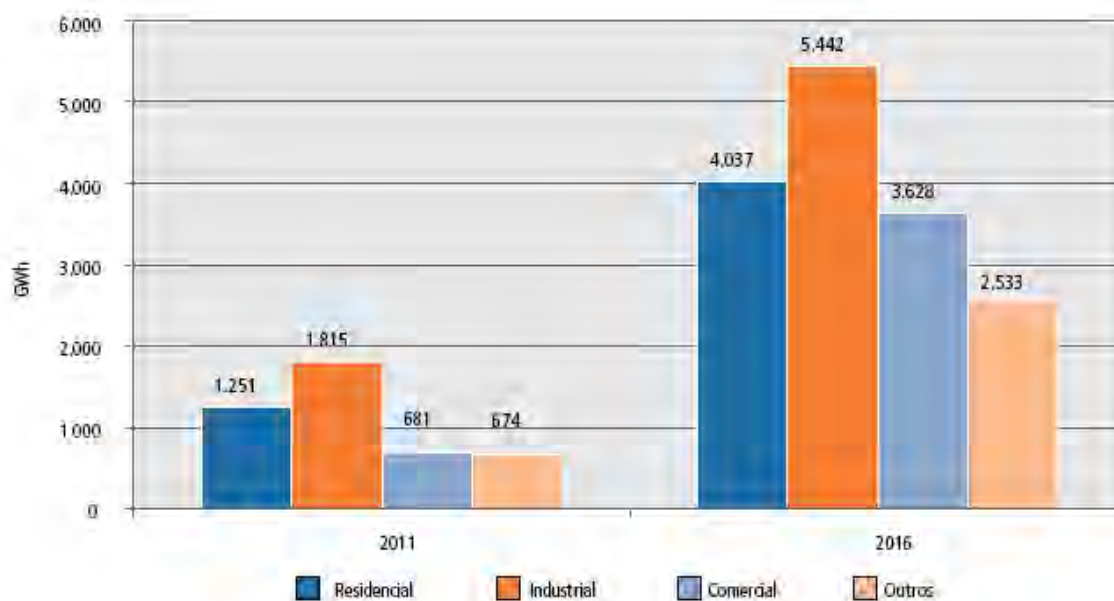
Segundo avaliações feitas no PDEE 2.007/2.016, o resultado conjunto da conservação correspondente ao “progresso autônomo” e da “conservação induzida” considerados para o período 2.012/2.016 deve conduzir a um montante de energia conservada de 15.639 GWh no

ano de 2.016 (vide **GRÁFICO 4.2.5-16**, cerca de 2,7% do consumo total de eletricidade projetado. No **GRÁFICO 4.2.5-17** é apresentada a parcela de energia antevista como conservada por setor (residencial, comercial, industrial e outros). Estas projeções dão idéia do significativo potencial de conservação de energia nesses setores. Em função disso, o PDEE 2.007/2.016 ressalta que cabe ao Governo, sobretudo, o fomento à constituição de mecanismos que façam da promoção da eficiência energética um negócio atrativo ao mercado.



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-16 – Eletricidade total Conservada Projetada



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-17 – Parcela da Eletricidade Conservada por Setor

– Aspectos Metodológicos Considerados no PDEE 2.007/2.016

Este item sintetiza os resultados dos estudos prospectivos sobre a evolução da demanda final de energia do país, no horizonte decenal, elaborados no âmbito do PDEE 2.007/2.016. Observa-se, no entanto, que o mesmo se atém à demanda de energia elétrica, com base nos estudos desenvolvidos pela Superintendência de Economia de Energia da EPE, não entrando no mérito de outros pontos apresentados no PDEE 2.007/2.016 relativos aos resultados dos estudos afetos a óleo diesel, GLP, gasolina e álcool carburante, óleo combustível, outros derivados de petróleo e biocombustíveis - estes elaborados pela Superintendência de Petróleo da EPE -, bem como os resultados dos estudos sobre gás natural, a cargo da Superintendência de Gás e Biocombustíveis.

Os principais destaques relativos aos procedimentos metodológicos adotados no PDEE 2.007/2.016 para o cálculo das projeções para as demandas de energia elétrica são:

- ✓ A projeção do mercado de energia elétrica foi elaborada por subsistema elétrico e por classe de consumo (residencial, industrial, comercial e outras);
- ✓ A projeção por classe de consumo baseou-se na evolução de alguns parâmetros característicos do correspondente segmento do mercado, bem como na evolução do PIB e da população;
- ✓ Para a classe residencial foram considerados dois parâmetros básicos: o consumo médio por consumidor residencial e a relação entre o número de consumidores residenciais e a população;
- ✓ Para a classe comercial destacou-se o consumo comercial *per capita* e, para as outras classes de consumo, o seu consumo *per capita*;
- ✓ No caso da classe industrial, tratam-se separadamente dois grupos de consumidores: o dos chamados grandes consumidores industriais e o restante da indústria, cujo consumo é denominado de “consumo industrial tradicional”;
- ✓ A projeção do consumo dos grandes consumidores industriais, que engloba os segmentos de alumínio, siderurgia, ferroligas, pelletização, cobre, soda-cloro, petroquímica, papel e celulose e cimento, foi feita a partir das perspectivas de evolução da produção física e dos consumos específicos de energia elétrica (kWh por tonelada) de cada um destes segmentos. Tal projeção levou em conta as séries históricas e as perspectivas de evolução da respectiva capacidade instalada, nível de produção e consumo de energia elétrica. Para cada um destes segmentos, foram analisadas as perspectivas de evolução futura da produção física, a partir da demanda interna pelos respectivos produtos e dos níveis de exportação e importação. Foram também analisados os consumos específicos de energia elétrica desses setores (kWh por tonelada);
- ✓ Para cada um dos segmentos industriais grandes consumidores de energia elétrica foram estabelecidas premissas relativas à demanda interna (consumo interno dos respectivos produtos) e aos níveis de exportação e de importação, expressos em unidades físicas (toneladas). A demanda interna foi projetada com base em sua elasticidade relativamente ao PIB, estimado com base na observação da sua

evolução histórica e em comparações entre diferentes regiões e países. Os níveis de importação e exportação levaram em conta a evolução da participação brasileira no comércio mundial e a análise das relações Exportação/Produção e Importação/Demanda Interna.

- ✓ Também foram levadas em conta as perspectivas de expansão/ampliação da capacidade instalada, de forma que esta não venha a se constituir em um gargalo para a produção. Eventualmente, foram consideradas expansões adicionais da capacidade instalada de determinado segmento, de forma a permitir alcançar os níveis de produção projetados;
- ✓ Conforme antes aqui já abordado, foram incorporadas medidas de eficiência energética, admitindo-se, em alguns casos, uma redução gradual do consumo específico de eletricidade, levando-se em conta padrões internacionais e as perspectivas de evolução tecnológica;
- ✓ As premissas de autoprodução para os grandes consumidores industriais foram elaboradas com base no potencial de cogeração e na pesquisa dos projetos de autoprodução dessas indústrias. Segmentos como o de alumínio, que apresentaram nos últimos anos pesados investimentos em consórcios de geração hidrelétrica, não foram considerados como autoprodutores clássicos nas projeções realizadas quando essas usinas operam integradas ao SIN e são despachadas centralizadamente pelo ONS. Segundo o PDEE 2.007/2.106, este tipo de autoprodução tem sido denominado de “autoprodução transportada”, pelo fato de fazer uso das instalações de transporte (transmissão e/ou distribuição) da rede elétrica;
- ✓ A autoprodução considerada no PDEE 2.007/2.016, para efeito de abatimento do consumo industrial total de energia elétrica, tendo em vista a demanda a ser atendida pelo Sistema Elétrico, inclui apenas a chamada “autoprodução clássica”²⁴. Conseqüentemente, nas estimativas realizadas no referido Plano não foi retirado do consumo de energia elétrica dos grandes consumidores industriais a sua participação em usinas hidrelétricas como produtores independentes ou autoprodutores, nem a produção térmica de eletricidade em usinas que são integradas ao Sistema Elétrico Interligado e que são despachadas centralizadamente pelo NOS;
- ✓ Para projetar a parcela do consumo de energia elétrica dos grandes consumidores industriais a ser atendida pelo Sistema Elétrico, foram estabelecidas, no PDEE 2.007/2.016, as seguintes premissas relativas à autoprodução nesses segmentos industriais:
 - Inicialmente foi projetado o consumo total de energia elétrica demandada por esses segmentos em função da previsão da sua produção física; e

²⁴ Segundo o PDEE 2.007/2.016, considera-se como “autoprodução clássica” apenas aquela que corresponde ao consumidor com instalações próprias de geração de energia elétrica, localizadas junto às unidades de consumo, que não utiliza para o auto-suprimento a rede elétrica de concessionários de transmissão/distribuição (exemplo: cogeração).

- A parcela a ser atendida pelo Sistema Elétrico foi calculada pela diferença entre o consumo total de energia elétrica desses consumidores e a respectiva parcela de “autoprodução clássica” (TABELA 4.2.5-11 a TABELA 4.2.5-13).

TABELA 4.2.5-11

Grandes Consumidores Industriais - Autoprodução Clássica (twh) Trajetórias Superior e Inferior

Trajetórias Superior e Inferior			
Trajetória	2006	2011	2016
Inferior	18,0	26,1	38,0
Superior	18,0	27,0	39,6

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

TABELA 4.2.5-12

Grandes Consumidores Industriais - Produção Física
(10³ T/ANO)

Setor	2006	Trajetória			
		Inferior		Superior	
		2011	2016	2011	2016
Alumínio	1.531	1.628	2.074	1.628	2.074
Siderurgia	33.409	44.475	62.875	44.475	62.875
Soda-Cloro	1.389	1.784	2.352	1.786	2.355
Pelotização	46.46	65.32	71.760	65.320	71.760
Celulose	10.278	12.613	15.908	13.358	17.300
Papel	9.114	11.976	16.305	12.523	17.637
PAR(*)	450	878	1.068	878	1.258
Petroquímica	2.948	4.305	6.526	4.543	7.198
Ferroligas	1.239	1.564	2.028	1.600	2.028
Cobre	388	2.179	2.510	2.179	2.510
Cimento	38.723	50.696	68.285	52.705	73.302

(*) PAR = Pasta mecânica de alto rendimento.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

TABELA 4.2.5-13
Grandes Consumidores Industriais – Consumo de Energia Elétrica (TWH)

Setor	2006	Trajetória			
		Inferior		Superior	
		2011	2016	2011	2016
Alumínio	23,0	24,3	30,6	24,3	30,6
Siderurgia	17,3	22,7	31,6	22,7	31,6
Soda-Cloro	4,3	5,3	6,8	5,3	6,8
Pelotização	2,3	3,3	3,6	3,3	3,6
Celulose	9,2	11,0	13,6	11,6	14,7
Papel	6,3	8,2	11,1	8,6	11,9
PAR (*)	1,0	1,9	2,3	1,9	2,7
Petroquímica	4,7	7,0	10,5	7,4	11,6
Ferroligas	8,5	10,3	13,0	10,5	13,0
Cobre	0,8	3,2	3,6	3,2	3,6
Cimento	4,2	5,5	7,2	5,7	7,7
Total	81,7	102,6	133,8	104,5	137,9

(*) PAR = Pasta mecânica de alto rendimento.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

– Projeções do Mercado de Energia Elétrica

✓ Projeção do Consumo Total de Energia Elétrica

Na **TABELA 4.2.5-14** apresenta-se um resumo da projeção do consumo de energia elétrica conforme constante do PDEE 2.007/2.016, ressaltando-se que o mesmo é entendido, no Plano, como sendo o consumo total, incluindo autoprodução clássica e transportada, para efeito de comparação com a evolução da economia (PIB).

TABELA 4.2.5-14
Consumo Total de Energia Elétrica (TWH) – Trajetórias Superior e Inferior

Período	Trajetória	
	Inferior	Superior
Consumo (TWh) *		
2006	388,3	388,3
2011	496,0	514,7
2016	636,6	673,1
Variação (% ao ano)		
2006/2011	5,0	5,8
2011/2016	5,1	5,5
2006/2016	5,1	5,7
Elasticidade		
2006/2011	1,26	1,21
2011/2016	1,14	1,10
2006/2016	1,19	1,15

*Inclui Autoprodução.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

Conforme conclusão constante do PDEE 2.007/2.016, as elasticidades-renda resultantes são maiores do que a unidade, porém menores do que as verificadas no histórico recente e com uma tendência declinante ao longo do horizonte decenal, refletindo um mercado mais maduro, que faz um uso mais racional da energia elétrica.

No âmbito do cenário adotado no PDEE supracitado, o Plano aponta diversos fatores que são considerados como justificativas para a diminuição da elasticidade ao longo do horizonte decenal, a saber:

- Enquanto o nível de expansão da atividade econômica é superior ao do histórico recente, o cenário prevê uma participação crescente do setor de serviços em detrimento do setor industrial;
- O uso da eletricidade nos diferentes setores da economia deverá ser cada vez mais eficiente, em vários deles aproximando-se dos padrões tecnológicos internacionais, sendo a velocidade de ganho de eficiência maior no segundo quinquênio em decorrência do tempo necessário para implementar certas medidas de conservação (conservação induzida). Assim, tanto a crescente terceirização da economia quanto a maior eficiência dos processos produtivos deverão contribuir para a diminuição do chamado “conteúdo energético”, ou “intensidade energética da economia”.

Neste contexto, o PDEE 2.007/2.016 considerou, no cenário de projeção do consumo total de energia elétrica ali delineado, os chamados “efeitos de primeira ordem”, impulsionadores deste tipo de consumo e que têm consequências no comportamento da elasticidade: o efeito de atividade econômica; o efeito de conteúdo ou intensidade energética; e o efeito de estrutura setorial da economia. Além destes, outros fatores contribuintes para a expansão do consumo

de energia elétrica foram também contemplados, como, por exemplo, o crescimento da população.

Por fim, há que se ressaltar que estudos em relação ao mercado de energia elétrica, não só no Brasil como em outros países, revelam geralmente uma relação decrescente da elasticidade em função da taxa de crescimento da atividade econômica.

✓ Projeção do Consumo por Classe e por Subsistema

As **TABELA 4.2.5-15** e **TABELA 4.2.4-16** apresentam os resultados agregados das projeções do consumo de energia elétrica a ser atendido pelo Sistema Elétrico Brasileiro (isto é, excluída a autoprodução clássica), por classe, correspondentes às trajetórias inferior e superior consideradas, no PDEE 2.007/2.016, como limites da faixa de possibilidades adotada para a evolução da economia brasileira.

TABELA 4.2.5-15
Consumo de Energia Elétrica, por classe (GWH)* – Trajetória Inferior

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outras Classes	Total
2006	86.062	165.537	55.593	52.530	359.722
2007	91.139	173.124	59.464	55.062	378.789
2008	96.155	180.003	63.514	57.581	397.254
2009	101.314	186.617	67.746	60.159	415.836
2010	106.610	195.030	72.165	62.797	436.602
2011	112.039	202.383	76.776	65.494	456.691
2012	117.848	210.351	81.909	68.379	478.487
2013	123.809	219.197	87.293	71.334	501.633
2014	129.921	227.758	92.941	74.361	524.981
2015	136.184	241.027	98.866	77.463	553.539
2016	142.597	253.621	105.082	80.640	581.941
Período	Variação (% ao ano)				
2006/2011	5,4	4,1	6,7	4,5	4,9
2011/2016	4,9	4,6	6,5	4,2	5,0
2006/2016	5,2	4,4	6,6	4,4	4,9
Ano	Estrutura de Participação (%)				
2006	23,9	46,0	15,5	14,6	100,0
2011	24,5	44,3	16,8	14,3	100,0
2016	24,5	43,6	18,1	13,9	100,0

* Não inclui autoprodução clássica.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

TABELA 4.2.5-16
Consumo de Energia Elétrica, por classe (GWH)* – Trajetória Superior

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outras Classes	Total
2006	86.062	165.537	55.593	52.530	359.722
2007	91.399	174.232	59.820	55.342	380.794
2008	96.770	182.379	64.291	58.202	401.642
2009	102.327	190.386	69.014	61.167	422.895
2010	108.069	200.379	74.000	64.240	446.689
2011	113.993	209.334	79.260	67.422	470.009
2012	120.103	218.691	84.853	70.712	494.360
2013	126.393	228.831	90.743	74.113	520.081
2014	132.863	239.161	96.946	77.629	546.599
2015	139.513	254.128	103.478	81.263	578.382
2016	146.346	268.858	110.360	85.021	610.584
Período	Variação (% ao ano)				
2006/2011	5,8	4,8	7,4	5,1	5,5
2011/2016	5,1	5,1	6,8	4,7	5,4
2006/2016	5,5	5,0	7,1	4,9	5,4
Ano	Estrutura de Participação (%)				
2006	23,9	46,0	15,5	14,6	100,0
2011	24,3	44,5	16,9	14,3	100,0
2016	24,0	44,0	18,1	13,9	100,0

* Não inclui autoprodução clássica.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

A partir das referidas Tabelas, observa-se que:

- As classes comercial e residencial são as que apresentam maiores crescimentos médios anuais no período 2.006/2.016. O consumo comercial deverá crescer entre 6,6% e 7,1% ao ano, respectivamente, nas trajetórias inferior e superior, enquanto que a expansão do consumo residencial deverá se situar entre 5,2% ao ano (trajetória inferior) e 5,5% ao ano (trajetória superior). Desta forma, o PDEE 2.007/2.016 conclui que a classe comercial é a que mais deverá ganhar em termos de participação no consumo total, passando dos atuais 15,5% para 18,1% em 2.016, em qualquer das trajetórias;
- A classe residencial deverá evoluir de uma participação de 23,9% para algo entre 24,5% (trajetória inferior) e 24,0% (trajetória superior), no final do horizonte;
- A classe industrial e o agregado das demais classes de consumo deverão perder participação, ocorrendo a perda mais acentuada na classe industrial, passando dos atuais 46,0% do consumo total para cerca de 43,6% (trajetória inferior) ou 44,0% (trajetória superior) no ano de 2.016; e
- O consumo comercial apresenta a dinâmica de maior crescimento no horizonte de projeção, sinalizando a perspectiva de manutenção da tendência de expansão, fortalecimento e terceirização da economia.

No tocante à evolução do consumo por subsistema elétrico, os resultados das projeções feitas no PDEE 2.007/2.016 podem ser visualizados nas **TABELA 4.2.5-17** e **TABELA 4.2.5-18**, respectivamente para as trajetórias inferior e superior.

TABELA 4.2.5-17
Consumo de Energia Elétrica, por Subsistema (GWH)* – Trajetória Inferior

Ano	Sistemas Isolados**	Sistemas Interligados				SIN***	Brasil
		Norte	Nordeste	Sudeste/Centro-Oeste	Sul		
2006	7.471	24.234	49.719	218.636	59.662	352.251	359.722
2007	8.055	25.060	52.720	230.279	62.676	370.733	378.789
2008	8.681	27.082	55.187	240.627	65.676	388.573	397.254
2009	9.351	28.409	57.758	251.051	69.268	406.485	415.836
2010	10.067	29.494	61.872	262.089	73.081	426.535	436.602
2011	10.834	31.626	64.784	273.107	76.341	445.858	456.691
2012	11.695	33.209	68.145	285.595	79.843	466.792	478.487
2013	12.621	34.162	71.273	300.151	83.427	489.012	501.633
2014	13.617	35.418	75.273	312.796	87.878	511.364	524.981
2015	14.688	40.134	79.437	327.176	92.104	538.851	553.539
2016	15.841	45.603	83.414	340.762	96.321	566.100	581.941
Período		Variação (% ao ano)					
2006/2011	7,7	5,5	5,4	4,5	5,1	4,8	4,9
2011/2016	7,9	7,6	5,2	4,5	4,8	4,9	5,0
2006/2016	7,8	6,5	5,3	4,5	4,9	4,9	4,9
Ano		Estrutura de Participação (%)					
2006	2,1	6,7	13,8	60,8	16,6	97,9	100,0
2011	2,4	6,9	14,2	59,8	16,7	97,6	100,0
2016	2,7	7,8	14,3	58,6	16,6	97,3	100,0

* Não inclui autoprodução clássica.

** Conjunto dos atuais sistemas isolados.

*** SIN = Sistema Interligado Nacional

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

TABELA 4.2.5-18
Consumo de Energia Elétrica, por Subsistema (GWH)* – Trajetória Superior

Ano	Sistemas Isolados**	Subsistemas Interligados				SIN***	Brasil
		Norte	Nordeste	Sudeste/Centro-Oeste	Sul		
2006	7.471	24.234	49.719	218.636	59.662	352.251	359.722
2007	8.099	25.125	52.957	231.620	62.993	372.695	380.794
2008	8.776	27.234	55.712	243.542	66.378	392.866	401.642
2009	9.506	28.655	58.601	255.730	70.403	413.390	422.895
2010	10.292	29.845	63.590	268.457	74.505	436.397	446.689
2011	11.139	32.110	66.250	282.099	78.411	458.869	470.009
2012	12.069	33.769	70.099	296.194	82.229	482.290	494.360
2013	13.074	34.759	74.095	311.966	86.188	507.007	520.081
2014	14.158	36.273	78.240	326.279	91.647	532.440	546.599
2015	15.331	41.086	82.688	342.779	96.498	563.051	578.382
2016	16.599	46.513	87.067	358.707	101.697	593.985	610.584
Período		Variação (% ao ano)					
2006/2011	8,3	5,8	5,9	5,2	5,6	5,4	5,5
2011/2016	8,3	7,7	5,6	4,9	5,3	5,3	5,4
2006/2016	8,3	6,7	5,8	5,1	5,5	5,4	5,4
Ano	Estrutura de Participação (%)						
2006	2,1	6,7	13,8	60,8	16,6	97,9	100,0
2011	2,4	6,8	14,1	60,0	16,7	97,6	100,0
2016	2,7	7,6	14,3	58,7	16,7	97,3	100,0

* Não inclui autoprodução clássica; ** Conjunto dos atuais sistemas isolados;

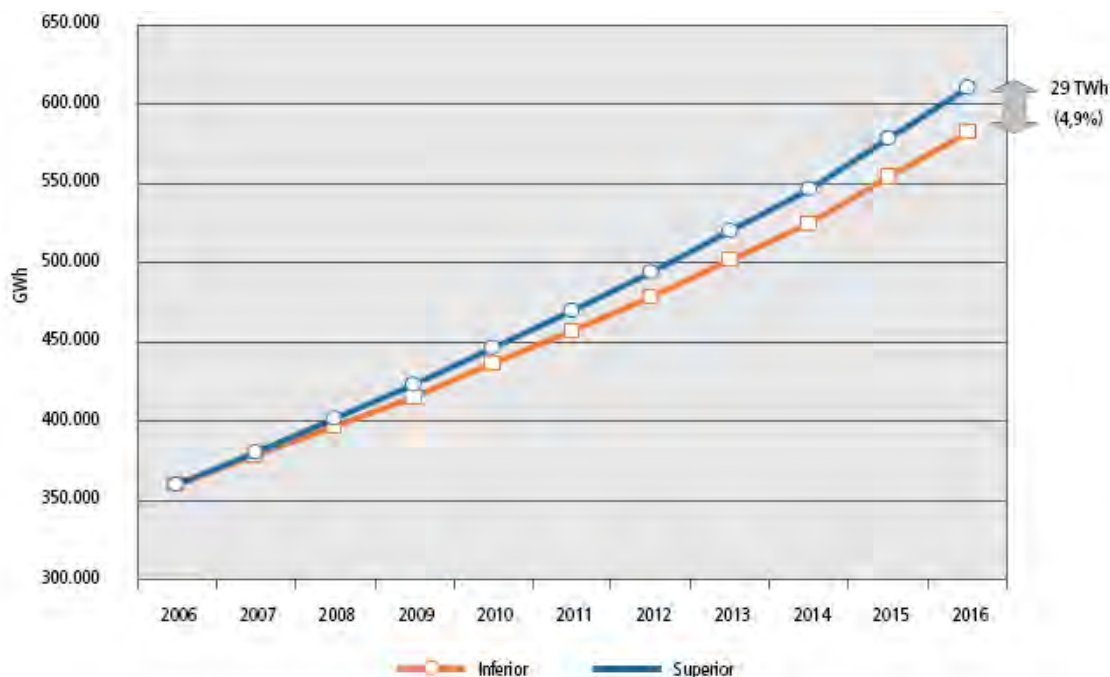
*** SIN = Sistema Interligado Nacional.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

Com base nestas Tabelas, observa-se que:

- O consumo por subsistema elétrico deverá crescer a taxas mais elevadas nos sistemas isolados e no subsistema interligado Norte: no primeiro caso, em virtude do grande potencial da região, função das ainda precárias condições de atendimento, que deverão ser muito atenuadas com as futuras interligações ao SIN previstas para ocorrer ao longo do horizonte decenal, abrangendo boa parte desses sistemas isolados; e, no caso do subsistema Norte, em virtude da entrada de grandes cargas industriais;
- Enquanto o consumo no Brasil, para o período 2.006/2.016, deverá crescer em média entre 4,9% e 5,4% ao ano, nos sistemas isolados o crescimento deverá variar entre 7,8% e 8,3% ao ano e, no subsistema Norte, entre 6,5% e 6,7% ao ano. O subsistema Nordeste apresenta um crescimento previsto para oscilar entre 5,3% e 5,8% ao ano, também superior à média nacional; o subsistema Sul deverá evoluir a taxas próximas à média nacional; e o subsistema Sudeste/Centro-Oeste deverá crescer a taxas inferiores a esta média, variando entre 4,5% (trajetória inferior) e 5,1% (trajetória superior) ao ano;
- A participação do consumo da região correspondente aos atuais Sistemas Isolados no consumo total do Brasil deverá aumentar de 2,1% em 2.006 para 2,7% em 2.016, e a participação do subsistema Norte interligado é prevista para evoluir dos atuais 6,7% para algo em torno de 7,7%. O subsistema Nordeste deverá aumentar a participação de 13,8% para 14,3%, o subsistema Sul deverá manter participação aproximadamente constante e no subsistema Sudeste/Centro-Oeste deverá ser verificada uma perda significativa, passando de 60,8% do mercado total em 2.006 para cerca de 58,6% em 2.016.

Como conclusão constante do PDEE 2.007/2.016, tem-se que o mercado de energia elétrica ficará, no caso da trajetória superior, 2,9% acima da trajetória inferior em 2.011. Já no ano de 2016, o mercado correspondente à trajetória superior ficará em torno de 4,9% maior que o da trajetória inferior. O **GRÁFICO 4.2.5-18** apresenta a evolução do consumo de energia elétrica, para as duas trajetórias de crescimento econômico, previstas no Plano, observando-se que o consumo de eletricidade considerado é aquele a ser atendido pelo Sistema Elétrico, excluída, portanto, a autoprodução clássica.



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-18 - Consumo de Energia Elétrica (GWh) – Trajetórias Superior e Inferior*

✓ Projeção da Carga de Energia

A projeção da carga de energia (consumo mais perdas), que representa o requisito de geração de energia elétrica na barra das usinas para o atendimento do mercado, é importante para avaliar o dimensionamento do parque elétrico nacional - particularmente as necessidades de expansão da capacidade instalada de geração -, e para orientar a operação otimizada do sistema elétrico. Além disso, juntamente com a projeção da carga de demanda, apresentada em seguida, constitui-se em importante referência para os estudos de expansão da rede de transmissão. A partir da projeção do consumo de energia elétrica e da evolução das perdas (técnicas e comerciais) ao longo do horizonte decenal, obtém-se a projeção da carga de energia.

A projeção da carga de energia apresentada neste item incorpora as interligações previstas dos sistemas isolados Acre/Rondônia ao subsistema Sudeste/Centro-Oeste - consideradas no PDEE 2.007/2.016 para ocorrer em agosto de 2008 -, e Manaus/Amapá e margem esquerda do rio Amazonas ao subsistema Norte, em janeiro de 2012 conforme projeções do citado Plano, refletindo, dessa forma, a evolução futura da configuração do SIN.

O PDEE 2.007/2.016 observa que a interligação elétrica entre os subsistemas possibilita intercâmbios de energia com característica sazonal, permitindo uma maior exploração da diversidade hidrológica entre as regiões brasileiras mediante a operação integrada, o que proporcionará ganhos sinérgicos e aumentará a confiabilidade da operação do sistema.

A estimativa de evolução das perdas foi feita, no PDEE 2.007/2.016, com base nos valores verificados e na hipótese de que, no futuro, as mesmas serão proporcionalmente inferiores por conta de programas de redução de perdas das empresas concessionárias, resultando, desta

forma, em índices de perdas menores. Neste sentido, o referido Plano admitiu que os índices de perdas nos subsistemas interligados Norte, Nordeste, Sudeste/Centro-Oeste e Sul, passarão, entre 2.007 e 2.016, de 18,3%, 17,8%, 16,3% e 14,0% para 16,0%, 16,5%, 15,5% e 12,0%, respectivamente. Como consequência, o índice de perdas resultante para o SIN deverá diminuir de 16,3% para 15,1% no período.

Nas **TABELA 4.2.5-19** e **TABELA 4.2.5-20** são apresentados os resultados previstos no PDEE 2.007/2.016 para a projeção da carga de energia, expressa em MW médio, por subsistema interligado, correspondentes às duas trajetórias consideradas.

Observa-se, com base nas Tabelas supracitadas, que a carga de energia deverá crescer a taxas um pouco inferiores às do consumo de energia elétrica, devido ao fato de estar ocorrendo uma redução gradual do índice de perdas, ao longo do tempo.

TABELA 4.2.5-19
Sistema Interligado Nacional (SIN) e Subsistemas: Carga de Energia (MW Médio) – Trajetória Inferior

Ano	Subsistemas Interligados				SIN
	Norte ⁽¹⁾	Nordeste	Sudeste/Centro-Oeste ⁽²⁾	Sul	
2006	3.398	6.920	29.866	7.941	48.124
2007	3.502	7.324	31.421	8.320	50.568
2008	3.773	7.653	32.959	8.696	53.081
2009	3.946	7.995	34.594	9.148	55.683
2010	4.083	8.550	36.080	9.626	58.339
2011	4.365	8.936	37.596	10.030	60.927
2012	5.759	9.383	39.279	10.463	64.885
2013	5.966	9.796	41.241	10.905	67.908
2014	6.220	10.327	42.943	11.458	70.947
2015	6.950	10.879	44.878	11.978	74.685
2016	7.784	11.404	46.706	12.495	78.388
Período	Variação (% ao ano)				
2006/2011	5,1	5,2	4,7	4,8	4,8
2011/2016	12,3	5,0	4,4	4,5	5,2
2006/2016	8,6	5,1	4,6	4,6	5,0
Ano	Estrutura de Participação (%)				
2006	7,1	14,4	62,1	16,5	100,0
2011	7,2	14,7	61,7	16,5	100,0
2016	9,9	14,5	59,6	15,9	100,0

(1) Inclui a interligação dos atuais sistemas isolados de Manaus, Amapá e margem esquerda do Amazonas a partir de janeiro de 2012.

(2) Inclui a interligação dos atuais sistemas isolados do Acre e Rondônia a partir de agosto de 2008.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

TABELA 4.2.5-20
Sistema Interligado Nacional (SIN) e Subsistemas: Carga de Energia (MWMÉDIO) – Trajetória Superior

Ano	Subsistemas Interligados				SIN
	Norte ⁽¹⁾	Nordeste	Sudeste/Centro-Oeste ⁽²⁾	Sul	
2006	3.398	6.920	29.866	7.941	48.124
2007	3.512	7.357	31.604	8.362	50.835
2008	3.794	7.726	33.358	8.789	53.667
2009	3.980	8.112	35.238	9.298	56.628
2010	4.132	8.787	36.956	9.814	59.689
2011	4.432	9.138	38.830	10.302	62.702
2012	5.875	9.652	40.733	10.776	67.036
2013	6.094	10.184	42.862	11.266	70.405
2014	6.391	10.734	44.790	11.949	73.866
2015	7.145	11.325	47.014	12.550	78.033
2016	7.984	11.903	49.161	13.192	82.240
Período	Variação (% ao ano)				
2006/2011	5,5	5,7	5,4	5,3	5,4
2011/2016	12,5	5,4	4,8	5,1	5,6
2006/2016	8,9	5,6	5,1	5,2	5,5
Ano	Estrutura de Participação (%)				
2006	7,1	14,4	62,1	16,5	100,0
2011	7,1	14,6	61,9	16,4	100,0
2016	9,7	14,5	59,8	16,0	100,0

(¹) Inclui a interligação dos atuais sistemas isolados de Manaus, Amapá e margem esquerda do Amazonas a partir de janeiro de 2012.

(²) Inclui a interligação dos atuais sistemas isolados do Acre e Rondônia a partir de agosto de 2008.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

✓ Projeção da Carga de Demanda

Com base nas projeções da carga de energia e em premissas para a evolução dos fatores de carga, por sistema e subsistema interligados, projetou-se, no PDEE 2.007/2.016, a carga de demanda correspondente. Para ressaltar que o conceito de carga de demanda utilizado é o da demanda máxima integralizada em uma hora, a carga de demanda foi expressa, no Plano, em MWh/h.

As análises feitas no Plano partiram das seguintes premissas:

- Não deverão ocorrer variações significativas nos fatores de carga, analisando-se a evolução da estrutura futura do consumo por classe e considerando-se o comportamento histórico da demanda por região e os respectivos fatores de carga. Com isso, foram adotados, nas projeções, fatores de carga aproximadamente constantes ao longo do horizonte decenal; e
- A demanda máxima instantânea (ou a demanda máxima integralizada em uma hora) não deverá coincidir com a soma das correspondentes demandas dos subsistemas, dada a não simultaneidade da ponta, isto é, da demanda máxima dos vários subsistemas interligados quando se agregam os subsistemas. Para obter a demanda agregada dos sistemas interligados, foram utilizados, no cálculo, “fatores de diversidade”, que incorporam o efeito da não simultaneidade da ponta dos diferentes subsistemas.

Desta forma, obtiveram-se as projeções da carga de demanda (demanda integralizada em uma hora), para as duas trajetórias consideradas, conforme apresentado nas **TABELA 4.2.5-21** e **TABELA 4.2.5-22**.

TABELA 4.2.5-21
Sistema Interligado Nacional (SIN) e Subsistemas: Carga de Demanda* (MWH/H) – Trajetória Inferior

Ano	Subsistema				Sistema		
	N ⁽¹⁾	NE	SE/CO ⁽²⁾	S	N/NE	S/SE/CO	SIN
2006	3.861	8.796	38.700	10.750	12.560	48.673	60.388
2007	4.010	9.360	41.004	11.316	13.207	51.781	64.360
2008	4.352	9.833	43.318	11.882	14.013	54.631	67.981
2009	4.585	10.328	45.794	12.558	14.732	57.752	71.783
2010	4.782	11.103	48.107	13.278	15.692	60.752	75.706
2011	5.111	11.605	50.127	13.835	16.514	63.303	79.045
2012	6.744	12.185	52.372	14.432	18.700	66.116	83.997
2013	6.986	12.722	54.988	15.042	19.469	69.309	87.920
2014	7.283	13.412	57.257	15.804	20.444	72.308	91.856
2015	8.082	14.129	59.837	16.522	21.941	75.572	96.571
2016	8.999	14.810	62.275	17.234	23.520	78.690	101.222
Período	Variação (% ao ano)						
2006/2011	5,8	5,7	5,3	5,2	5,6	5,4	5,5
2011/2016	12,0	5,0	4,4	4,5	7,3	4,4	5,1
2006/2016	8,8	5,3	4,9	4,8	6,5	4,9	5,3

*Demanda máxima integralizada em uma hora.

⁽¹⁾ Inclui a interligação dos atuais sistemas isolados de Manaus, Amapá e margem esquerda do Amazonas a partir de janeiro de 2.012.

⁽²⁾ Inclui a interligação dos atuais sistemas isolados do Acre e Rondônia a partir de agosto de 2.008.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

TABELA 4.2.5-22
Sistema Interligado Nacional (SIN) e Subsistemas: Carga de Demanda* (MWH/H) – Trajetória Superior

Ano	Subsistema				Sistema		
	N ⁽¹⁾	NE	SE/CO ⁽²⁾	S	N/NE	S/SE/CO	SIN
2006	3.861	8.796	38.700	10.750	12.560	48.673	60.388
2007	4.020	9.402	41.243	11.373	13.259	52.074	64.702
2008	4.376	9.926	43.842	12.009	14.129	55.276	68.735
2009	4.625	10.478	46.647	12.764	14.920	58.799	73.007
2010	4.839	11.412	49.275	13.537	16.053	62.164	77.461
2011	5.189	11.868	51.774	14.210	16.850	65.304	81.360
2012	6.879	12.535	54.311	14.863	19.178	68.462	86.793
2013	7.136	13.226	57.149	15.539	20.114	71.940	91.165
2014	7.484	13.941	59.721	16.482	21.165	75.417	95.649
2015	8.308	14.707	62.685	17.310	22.736	79.171	100.922
2016	9.229	15.459	65.548	18.196	24.389	82.881	106.234
Período	Variação (% ao ano)						
2006/2011	6,1	6,2	6,0	5,7	6,1	6,1	6,1
2011/2016	12,2	5,4	4,8	5,1	7,7	4,9	5,5
2006/2016	9,1	5,8	5,4	5,4	6,9	5,5	5,8

*Demanda máxima integralizada em uma hora.

(1) Inclui a interligação dos atuais sistemas isolados de Manaus, Amapá e margem esquerda do Amazonas a partir de janeiro de 2012.

(2) Inclui a interligação dos atuais sistemas isolados do Acre e Rondônia a partir de agosto de 2008.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

✓ Consolidação das Projeções do Consumo Final Energético

Para analisar a evolução da demanda de energia *vis a vis* o comportamento da economia, é importante considerar-se o consumo final energético total, incluindo o consumo do setor energético. Neste sentido, no PDEE 2.007/2.016 procedeu-se à extrapolação da participação do consumo do setor energético no consumo final energético total, com base em premissas aderentes às adotadas nos estudos do Plano Nacional de Energia – PNE 2.030, o que resultou numa participação crescente, ao longo do horizonte decenal, do consumo do setor energético, evoluindo de 9,7% em 2006, para 10,5% em 2011 e 11,0% em 2016.

A **TABELA 4.2.5-23** apresenta o consumo final energético total (incluindo o consumo do setor energético) para as duas trajetórias de crescimento analisadas no Plano.

TABELA 4.2.5-23
Brasil: Economia e Consumo Final Energético 2.006/2.016
Trajetórias Superior e Inferior

	2006	2011	2016	Variação(% ao ano)		
				2006/2011	2011/2016	2006/2016
Consumo Final Energético (10³ tep)*						
Inferior	193.627	236.732	298.732	4,1	4,8	4,4
Superior	193.627	244.934	316.647	4,8	5,3	5,0
PIB (10⁹ R\$ 2006)						
Inferior	2.323	2.826	3.522	4,0	4,5	4,2
Superior	2.323	2.936	3.748	4,8	5,0	4,9
Intensidade Energética da Economia (tep/10³ R\$ [2006])						
Inferior	0,083	0,084	0,085	-	-	-
Superior	0,083	0,083	0,084	-	-	-
Elasticidade						
Inferior	-	-	-	1,03	1,06	1,04
Superior	-	-	-	1,00	1,05	1,03

*Inclui o consumo do setor energético.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

Com base nos resultados da referida Tabela, conclui-se, no PDEE 2.007/2.016, que:

- Para a trajetória inferior de crescimento, o consumo final energético deverá ter um incremento médio anual de 4,1% até o ano de 2.011, e de 4,8% ao ano de 2.012 a 2.016. Em média, durante a década, o consumo de energia deverá crescer à taxa de 4,4% ao ano, ligeiramente superior ao crescimento da economia, de 4,2% ao ano, resultando, assim, em uma elasticidade-renda de 1,04;
- No caso da trajetória superior, o consumo final energético deverá crescer, em média, 5,0% ao ano no período decenal, ligeiramente superior ao crescimento médio anual do PIB brasileiro neste período (4,9%), resultando numa elasticidade-renda de 1,03. Baseado neste resultado, o PDEE 2.007/2.016 conclui que o crescimento do consumo de energia, em qualquer das trajetórias, deverá acompanhar, de perto, a evolução da economia, situando-se a elasticidade-renda no entorno da unidade. Adicionalmente, a intensidade energética deverá manter-se praticamente constante ao longo do período.
- A elasticidade-renda média resultante, para o próximo decênio, deverá situa-se em torno de 1,0, abaixo do valor de 1,1, média do período 2000/2005. Esta queda no valor da elasticidade pode ser explicada por vários fatores decorrentes do cenário e das premissas utilizadas no PDEE 2007/2016:

- Maior crescimento da economia que deverá resultar, como de hábito, em elasticidades menores, observando-se que, mesmo na trajetória inferior, a taxa de crescimento do PIB deverá ser superior àquela do histórico;
- O setor de serviços, que é menos intensivo em energia e agrega mais valor ao produto do que a indústria e outros setores da economia, deverá ganhar participação na economia nacional;
- Maior eficiência na produção e no uso da eletricidade, maior eficiência energética da frota de veículos do País, resultando em ganhos de eficiência energética na economia;
- Penetração, com ganho de participação, de fontes mais eficientes de energia, tais como a eletricidade, o gás natural e o bagaço de cana, e conseqüente redução de participação das fontes menos eficientes, como os combustíveis fósseis e a lenha; e
- Queda da participação relativa dos consumidores eletro-intensivos, no consumo e energia do País.

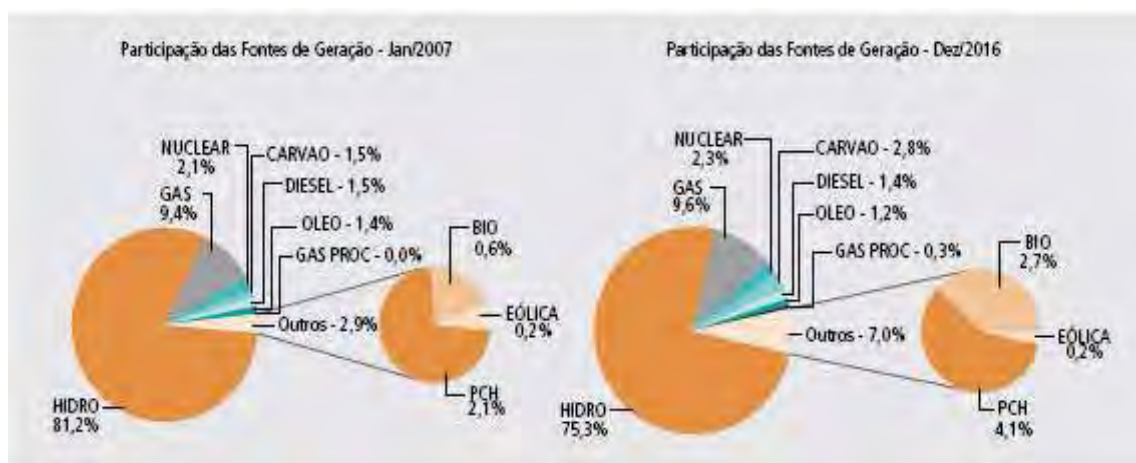
e) Alternativas Tecnológicas para Atendimento da Demanda de Energia Elétrica

Uma vez contextualizadas, com base no planejamento energético oficial brasileiro, a participação atual da energia elétrica na matriz energética e as projeções evolutivas da demanda deste recurso para o horizonte 2.007/2.016, parte-se, neste item, para a abordagem de como os organismos responsáveis pelo planejamento do setor, no Brasil, pretendem atender tal demanda considerando a utilização das alternativas tecnológicas disponíveis para tal.

Para tanto, mantêm-se, como principal referência, o PDEE 2.007/2.016, que considera, como os princípios norteadores da futura expansão do sistema elétrico brasileiro, aqueles a seguir relacionados:

- Desenvolvimento sustentável;
- Expansão ao menor custo para a sociedade;
- Integração nacional dos sistemas elétricos;
- Fortalecimento do sistema de transmissão;
- Priorização do aproveitamento do potencial hidrelétrico;
- Aproveitamento do gás natural para geração de energia; e
- Diversificação da Matriz: uso de energias alternativas.

É seguindo, portanto, tais princípios que o planejamento da expansão do sistema elétrico tem procurado a diversificação da matriz energética, como demonstra o **GRÁFICO 4.2.5-19**, seja mediante o aumento da participação da biomassa, seja aumentando a participação da energia produzida por pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), a princípio consideradas menos impactantes que as grandes usinas.



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-19 – Evolução da participação projetada para os diversos tipos de fonte (2.007/2.016) (% de Capacidade Instalada)

Há que se ressaltar que o PDEE foi concebido de acordo com as diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que estabeleceu, através da Resolução nº 1, de 18/11/04, que os estudos de planejamento de expansão da oferta de energia elétrica devem aplicar como critério de garantia que: *"o risco de insuficiência da oferta de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional não poderá exceder a 5% em cada um dos subsistemas que o compõem"*. O "risco de déficit" corresponde à probabilidade de que a disponibilidade de oferta de energia elétrica seja menor do que o mercado de energia correspondente, em pelo menos um mês do ano, não importando a magnitude do déficit.

Outro critério adotado no Plano para elaboração das alternativas de expansão da geração foi a igualdade entre os custos marginais de operação e de expansão para cada ano no período de 2.007 a 2.016. Deste modo, a metodologia considerada consiste em agregar fontes de geração de energia, segundo um critério de ordenação dos índices custo/benefício dos projetos candidatos no período 2.007/2.016, de tal forma que o custo marginal de operação em cada subsistema seja igual ao custo marginal de expansão.

Observa-se que o custo marginal de expansão foi estimado, para fins do PDEE 2.007/2.016, com base nos preços finais relativos ao conjunto de novos empreendimentos hidrelétricos e termelétricos que venderam energia no leilão de compra de energia nova realizado em outubro de 2.006, energia esta prevista para ser entregue às distribuidoras do SIN a partir de janeiro de 2.011. Assim, o PDEE 2.007/2.016 adotou, no processo de convergência, o valor de R\$ 138/MWh para o custo marginal de expansão, correspondente ao valor de preço máximo obtido naquela amostra.

Em síntese, dado um determinado custo do déficit, o planejamento da expansão da geração considerado no Plano deve atender ao critério de segurança estabelecido pelo CNPE em que o risco anual de déficit deve não superar 5% em cada subsistema e, simultaneamente, ao critério da expansão econômica com a igualdade do custo marginal de operação e do custo marginal de expansão.

O fato de o planejamento adotar, adicionalmente, este critério da expansão econômica parte do princípio de que, mesmo com os níveis de garantia assegurados, por vezes a expansão do

parque gerador pode ser desejável do ponto de vista econômico, caso ela seja mais barata do que o incremento do custo de operação.

A adoção concomitante destes dois critérios pode indicar a necessidade de expansão da geração superior à que ocorreria em um leilão de energia nova e da expansão proporcionada pelo mercado livre. Isto decorre, segundo o Plano, do fato de que atualmente o planejamento é feito com um valor de custo de déficit definido exogenamente e os leilões de energia nova se realizam tendo por base a busca da igualdade das declarações de compra das distribuidoras e a garantia física das usinas contratadas, as quais são calculadas com o critério de risco anual de déficit igual a 5%.

Por fim, observa-se que no PDEE 2.007/2.016 entende-se como uma linha de pesquisa válida para os próximos ciclos de planejamento da expansão a identificação de um Custo de Déficit em função do risco de déficit tendendo ao limite de 5%, garantindo o equilíbrio entre oferta e demanda sem abrir mão do critério da expansão econômica.

Feitas estas considerações gerais, sintetiza-se, nos itens subseqüentes, a utilização prevista no Plano para o atendimento da demanda de energia por meio das diferentes fontes de energia que compõem a matriz energética brasileira.

e.1) Energia Hidráulica

A fonte hidrelétrica constitui uma das maiores vantagens competitivas do país, por se tratar de um recurso renovável e passível de ser implementada e atendida pelo parque industrial brasileiro com mais de 90% (noventa por cento) de bens e serviços nacionais.

O **GRÁFICO 4.2.5-20** ilustra como se distribui o aproveitamento do potencial hidrelétrico brasileiro, podendo-se verificar que as regiões Sul, Sudeste e Nordeste já tiveram mais de 50% de seu potencial aproveitado. A região Norte, com o maior potencial hidrelétrico do país (112GW), é a que apresenta o menor percentual de aproveitamento (9%).

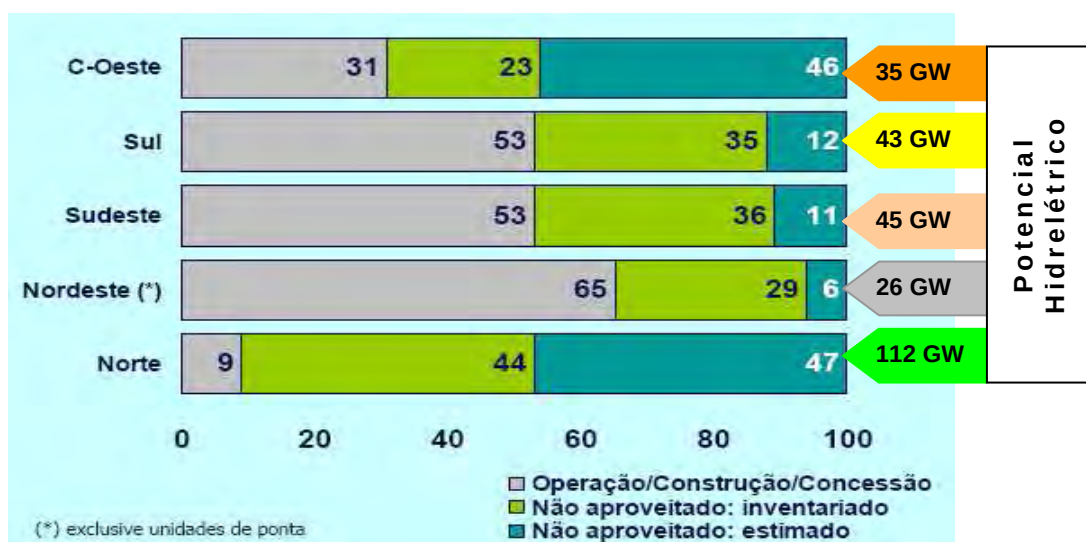


GRÁFICO 4.2.5-20 – Aproveitamento do Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Macro-Região

O PDEE 2.007/2.016 destaca a realização de vários estudos de Avaliação Ambiental Integrada em diversas bacias, que têm como objetivo identificar e avaliar os efeitos sinérgicos e cumulativos resultantes dos impactos ambientais ocasionados pelo conjunto de aproveitamentos hidrelétricos em uma bacia hidrográfica.

Neste contexto, o Plano destaca que:

- Os estudos existentes a respeito do potencial hidrelétrico inexplorado estão desatualizados, não só considerando os custos e o desenvolvimento do aproveitamento ótimo dos recursos hídricos mas, em especial, no que diz respeito às novas exigências ambientais. Ademais, reconhece-se, no Plano, que os estudos recentemente desenvolvidos nem sempre observaram a otimização do uso dos recursos naturais nacionais;
- Em função do acima exposto, o MME tem envidado esforços para o estabelecimento de uma base de dados atual e consistente que permita o pleno aproveitamento do potencial hidrelétrico brasileiro, sem prejuízo às melhores práticas ambientais;
- Encontram-se em desenvolvimento novos estudos de inventário, para melhor avaliar o potencial hidrelétrico nacional. Ao mesmo tempo, foram iniciados os estudos de viabilidade técnica, econômica e socioambiental para estabelecer novos paradigmas para os projetos, a serem apresentados quando de sua avaliação para obtenção da habilitação técnica, com vistas a serem ofertados aos empreendedores nos leilões de compra de energia, provenientes de novos empreendimentos de geração;
- De modo a dar continuidade aos estudos de viabilidade e aumentar o número de empreendimentos com projetos de viabilidade prontos para terem seus contratos de concessão levados a leilão, foi definida a realização pela EPE dos estudos de viabilidade técnica, econômica e socioambiental dos seguintes empreendimentos que, no conjunto, totalizam 3.697 MW de capacidade instalada, sendo considerados no horizonte do PDEE 2.007/2.016:
 - No curso principal do rio Teles Pires: Colíder (342 MW); Magessi (53 MW); São Manoel (746 MW); Sinop (461 MW); e Teles Pires (1.820 MW); e
 - No rio Apiacás: aproveitamento Foz do Apiacás (275 MW).
- De modo a dar continuidade aos estudos de quantificação do potencial hidrelétrico nacional, e fazê-lo atendendo aos novos paradigmas, principalmente de ordem socioambiental, foi definida a realização pela EPE de estudos de inventário de bacias hidrográficas com o fim de quantificar, mais detalhadamente, o seu potencial de geração de energia elétrica. Neste sentido, foram priorizadas as seis bacias hidrográficas relacionadas a seguir e cujos estudos de inventário, ora em andamento, indicarão os novos empreendimentos a serem considerados nos ciclos futuros de planejamento decenal²⁵:

²⁵ Adicionalmente aos inventários citados, observa-se que estão em análise pela ANEEL os Estudos de Inventário Hidrelétrico para a Bacia Hidrográfica do rio Tapajós (Processo nº 48500.000623/2005-92), elaborados pela ELETRONORTE e Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A., com data de aceite dos estudos, pela referida agência, e, 17/09/08 (fonte: site [HTTP://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Prioridade_Inventário_maior50_Out2008.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Prioridade_Inventário_maior50_Out2008.pdf), consulta realizada em 09/11/08 às 20:16 hrs).

- Bacia do rio Branco (2.000 MW);
 - Bacia do rio Trombetas (3.000 MW);
 - Bacia do rio Aripuanã (3.000 MW);
 - Bacia do rio Jarí (1.100 MW);
 - Bacia do rio Sucunduri (650 MW); e
 - Bacia do rio Juruena (5.000 MW).
- Há também estudos ora em desenvolvimento pelo Brasil e países vizinhos para a identificação do melhor conjunto de aproveitamentos hidrelétricos binacionais a serem desenvolvidos, de forma a explorar de forma ótima a complementaridade hidrológica existente. Estes empreendimentos também serão considerados nos futuros planos decenais.

Refletindo as considerações supracitadas, a **TABELA 4.2.5-24** apresenta a relação das usinas hidrelétricas existentes e planejadas, segundo o PDEE 2.007/2.016, para diferentes regiões hidrográficas, em acordo com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

TABELA 4.2.5-24
Sistema Existente e Planejado – Distribuição das UHEs nas Regiões Hidrográficas

Região Hidrográfica (CNRH 32)	Existente		Planejado		Total	
	UHE Operação	Potência Instalada (MW)	UHE Planejada	Potência Instalada (MW)	UHEs	Potência Instalada (MW)
Amazônica	6	723	12	16.200	18	16.932
Atlântico Norte	0	0	0	0	0	0
Tocantins- Araguaia	7	10.415	15	8.806	22	19.221
Parnaíba	1	237	5	617	6	854
São Francisco	11	10.486	3	852	14	11.338
Atlântico Leste	6	1.148	3	530	9	1.678
Atlântico Sudeste	39	3.970	9	963	48	4.933
Paraná	63	39.257	29	4.613	92	43.870
Paraguai	7	760	0	0	7	760
Atlântico Sul	11	1.188	4	477	15	1.665
Uruguai	5	3.636	10	3.776	15	7.412
Total	156	71.820	90	36.834	246	108.663

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

Na programação da expansão da oferta de energia hidrelétrica (PDEE 2.007/2.016) constam 7 empreendimentos com estudos de viabilidade aprovados⁽²⁶⁾ pela ANEEL, representando o total de 713,3 MW de capacidade instalada, mas que ainda não haviam sido licitados até dezembro de 2.006. Destes, 4 situam-se nas regiões Sul e Sudeste (estados do Rio de Janeiro e Paraná); um se situa na região amazônica (estado do Mato Grosso); um no Centro-Oeste (estado de Goiás) e outro no Nordeste (estado da Bahia).

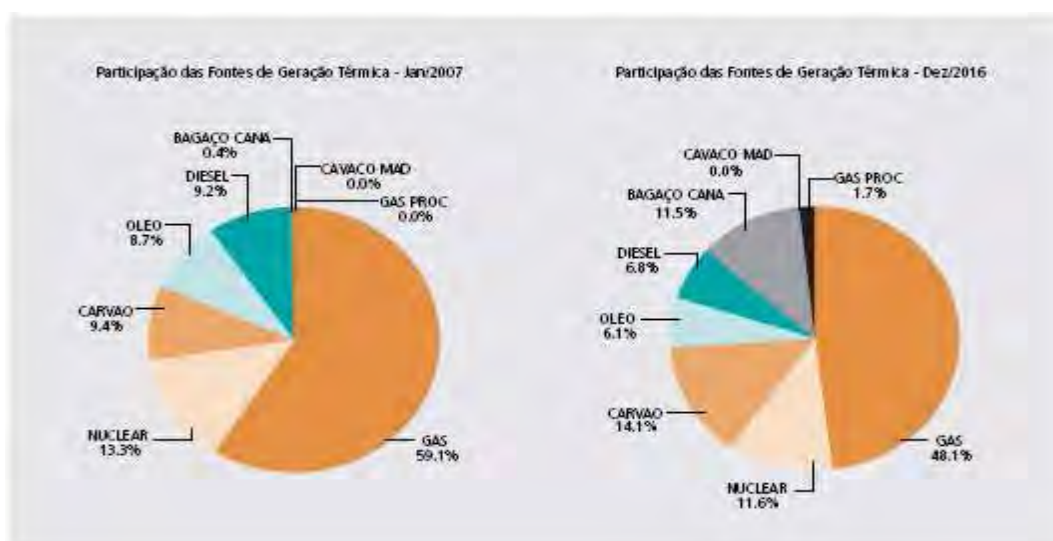
Constam também desta programação outros 12 empreendimentos cujos estudos de viabilidade estavam em análise pela ANEEL, tendo como data base dezembro de 2.006. Eles totalizam cerca de 20.397,4 MW de capacidade instalada, sendo um deles o AHE Belo Monte, objeto do presente EIA. Com capacidade instalada de 11.181,3 MW, o AHE Belo Monte representa cerca de 55% da capacidade instalada referente aos estudos de viabilidade em análise pela ANEEL.

Além desses, o PDEE 2.007/2.016 projeta cerca de 5.900 MW oriundos de 25 aproveitamentos em fase de estudos de viabilidade a serem concluídos até o final de 2.007, além de mais 15 empreendimentos com conclusão de seus estudos de viabilidade em 2008.

e.2) Energia Termelétrica

Neste item serão abordadas as termelétricas movidas a óleo, carvão e gás, com exceção da cogeração - tratada no âmbito das fontes alternativas -, e das nucleares, tratadas em item separado.

No PDEE 2.007/2.016, as estimativas de expansão da oferta de energia elétrica por fonte térmica levaram em conta a manutenção do predomínio da participação do gás, porém diminuindo sua participação relativa, tal como se pode ver nos comparativos apresentados no **GRÁFICO 4.2.5-21**

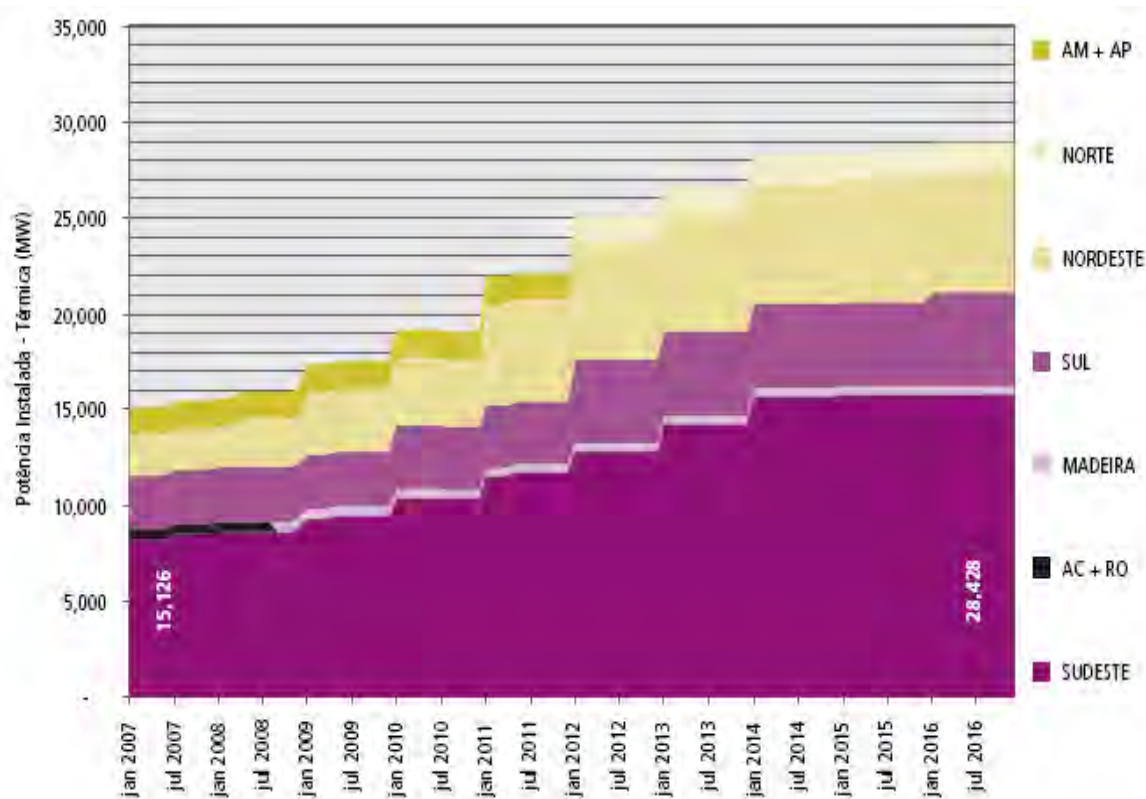


Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-21 – Participação das Diversas Fontes Termelétricas na Geração Elétrica

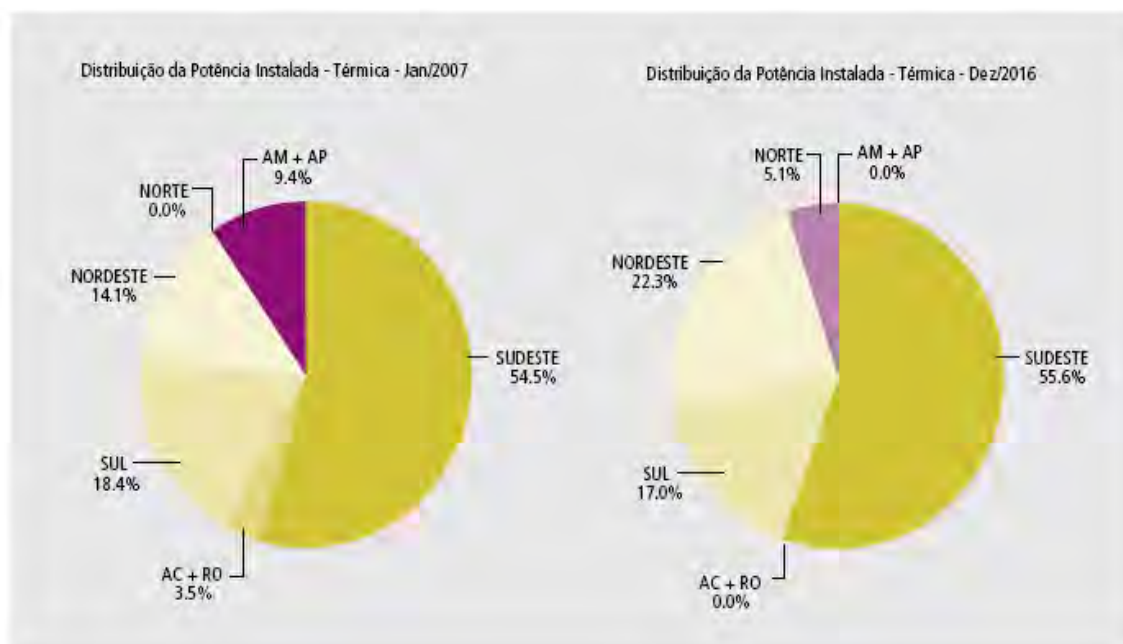
²⁶ O aproveitamento de Ipueiras (480 MW), no rio Tocantins, foi excluído por estar em desacordo com as exigências para obtenção das licenças ambientais, segundo o IBAMA.

O **GRÁFICO 4.2.5- 22** ilustra a evolução da distribuição da capacidade instalada de fontes térmicas no SIN, enquanto que o **GRÁFICO 4.2.5- 23** permite a visualização da distribuição prevista no PDEE, para o horizonte 2.007/2.016, pelos diferentes subsistemas. A exemplo das fontes de geração de energia hidráulica, também observa-se a continuidade da predominância das fontes na região Sudeste, com um crescimento da participação da região Nordeste (de 14,1% para 22,3%) e um decréscimo da região Sul (de 18,4% para 17,0%). Vale ainda observar que, em função das interligações previstas ao SIN dos sistemas isolados Acre/Rondônia ao subsistema Sudeste/Centro-Oeste - prevista no PDEE 2.007/2.016 para agosto de 2008 -, e Manaus/Amapá e margem esquerda do rio Amazonas ao subsistema Norte, em janeiro de 2012, tem-se a participação dos sistemas hoje isolados Acre/Rondônia e Manaus/Amapá restrita a, respectivamente, julho de 2.008 e janeiro de 2.012. Por fim, ressalta-se ainda a menor participação, no SIN, das contribuições para geração termelétrica advindas da região Norte.



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5- 22 – Evolução da Capacidade Instalada Termelétrica do SIN



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5- 23 – Distribuição da Capacidade Instalada Termelétrica nos Subsistemas

- Termelétricidade a Gás Natural

Entre as fontes de recursos para produção de energia primária que compõem a matriz energética brasileira, o gás natural foi uma das de maior crescimento percentual, passando de 5,8% em 1.990 para 8,8% em 2.005, conforme apontado no PDEE 2.007/2.016. Neste sentido, o referido Plano observa que:

- O deslocamento de combustíveis fósseis líquidos, com acentuadas características poluidoras, trouxe melhorias ao meio ambiente, principalmente em regiões industriais de grande concentração urbana ou nas cidades em que ocorreu maior inserção dos veículos automotivos a gás natural. Outra vantagem importante apontada foi a melhoria nos processos e produtos de alguns segmentos industriais que requerem energia de queima mais eficiente e limpa;
- O crescimento da termogeração a gás natural também trouxe benefícios importantes ao sistema elétrico do país, tanto em termos energéticos, para aumentar as garantias do sistema gerando eletricidade quando há maiores riscos de geração hidrelétrica futura, quanto em termos de estabilidade do sistema elétrico, pois as termelétricas a gás natural podem ser instaladas próximas aos centros de carga, onde podem atuar na estabilização dos níveis de tensão dos sistemas de transmissão;
- Entretanto, apesar do grande crescimento de oferta e demanda de gás natural no país nos últimos anos, com taxa média de 15 % ao ano (2.000 a 2.005), o PDEE reconhece que a indústria de gás natural ainda enfrenta um período transitório de oferta limitada do combustível, que as grandes empresas do setor estão atuando para superar, aumentando a oferta de gás natural, como a PETROBRÁS, que projeta, em seu planejamento estratégico de 2.007 a 2.011, uma taxa de crescimento para o mercado de gás natural em torno de 18% ao ano, superior àquela do histórico recente;

- Por fim, é ressaltado que tais restrições temporárias deverão ser superadas tão logo algumas questões sejam resolvidas, como, por exemplo, a conclusão da construção de gasodutos, em curso ou em projeto, e a confirmação de importantes projetos de produção de gás natural, nas bacias marítimas de Santos, Campos e Espírito Santo.

Quanto aos gasodutos, ressalta-se no Plano elaborado para o horizonte 2.007/2.016 que alguns se encontram em construção, com destaque para o Urucu-Coari-Manaus, Campinas-Rio de Janeiro, Catu-Itaporanga-Carmópolis, Pilar-Ipojuca, o Projeto GASENE, que interliga as malhas de gasodutos do Sudeste e do Nordeste (trechos Vitória-Cacimbas, Cacimbas-Catu e Vitória-Cabiúnas), ou em ampliação, como o gasoduto Rio-Belo Horizonte. O PDEE 2.007/2.016 observa que o trecho Cacimbas-Catu do GASENE tem o início de suas operações previsto para 2.009, totalizando investimentos da ordem de US\$ 3,3 bilhões por parte da PETROBRÁS.

Por fim, o Plano observa que quanto à perspectiva de maior oferta de gás natural no médio e longo prazos, não pode ser ignorado o grande volume comprovado de reservas de gás natural existente na América do Sul e Central, totalizando sete trilhões de metros cúbicos de gás, suficientes para suprir o consumo atual do continente por mais de 50 anos. Neste sentido, recomenda-se, no Plano, que a oferta incremental de gás natural deva ser equacionada com acordos políticos com países como a Bolívia e a Venezuela, onde se encontram as maiores reservas comprovadas da América do Sul.

- Termeletricidade a Carvão

No que se refere às usinas termelétricas movidas a carvão, o PDEE 2.007/2.016 leva em conta que o Brasil possui importantes reservas de carvão mineral, de cerca de 32 bilhões de toneladas, localizadas em sua maior parte (89%) no Rio Grande do Sul, nas regiões de Candiota, Baixo Jacuí e litoral. Estas reservas nacionais, segundo o Plano, seriam suficientes para suprir termelétricas que totalizariam 28.000 MW, durante 100 anos, se considerado um fator de recuperação das minas de 60%, um percentual de aproveitável de 50%, um fator de capacidade médio de 55% e uma eficiência de 35.

A usina térmica movida a carvão de Candiota III, no Rio Grande do Sul, em construção à época da elaboração do PDEE 2.007/2.016, teve sua energia totalmente contratada no leilão de energia nova realizado em dezembro/2.005, para entrega em 2.009 e 2.010. Outras cinco usinas foram apontadas no Plano como sendo estudadas, totalizando, juntas, uma potência instalada de 2.128MW, correspondendo a uma oferta líquida de energia de cerca de 1.800MW médios, que poderiam ser disponibilizados a médio prazo para expansão do sistema.

- Termeletricidade a Óleo Combustível

O planejamento energético brasileiro aponta que nos últimos anos as exportações nacionais de óleo combustível têm se mantido em constante crescimento, verificando-se entre 2.002 e 2.006 um aumento da ordem de 38%. Destas exportações, 95% são destinados aos mercados Norte Americano e Asiático-Pacífico. Destaca-se ainda que, no ano de 2.006, foram exportados 6.792.264 m³, segundo dados da Associação Brasileira de Geradoras Termelétricas (ABRAGET) e da Agência Nacional de Petróleo (ANP).

Conforme o balanço dos principais derivados de petróleo, especificamente a égide Escuros, referente ao óleo combustível, pode-se observar uma oferta sempre superior à demanda no

horizonte 2.007/2.016, confirmando a expectativa obtida ao se analisar o histórico recente.

O PDEE considera que a disponibilidade deste energético, associada à utilização dos modernos motores de combustão interna, com rendimentos na ordem de 40%, pode representar um potencial importante no atendimento da demanda de energia elétrica no curto prazo, dado os menores investimentos requeridos e a celeridade na implementação de uma usina termelétrica utilizando tal tecnologia. Ressalta, ainda, que em muitos casos é viável efetuar a conversão dos motores mais modernos para operar utilizando o gás natural como combustível, conferindo uma flexibilidade desejável a esta fonte de geração termelétrica.

O PDEE 2.007/2.016 indica 9 usinas termelétricas a óleo combustível em operação no país, totalizando 1.139 MW de potência instalada. Em 2.006, mais 4 usinas foram apontadas como em construção, totalizando uma potência instalada de 464 MW, com suas energias contratadas no leilão de energia nova de 2.006. Por fim, mais 21 usinas, perfazendo 2.837 MW de potência instalada, foram apontadas no PDEE 2.007/2.016 como em fase de estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental, correspondendo a uma oferta potencial de energia de 2.000 MW médios, passível, portanto, de ser adicionada ao SIN nos próximos anos.

- Termeletricidade à Biomassa

No Brasil existe um potencial expressivo para geração de energia elétrica a partir de biomassa, a chamada “bioeletricidade”, produzida especialmente a partir de resíduos da indústria sucroalcooleira, sobretudo o bagaço de cana-de-açúcar. A exploração deste potencial consiste em uma fonte de energia renovável (bagaço e palhas da cana-de-açúcar), além de contribuir para a modicidade tarifária, por se tratar de uma geração termelétrica de baixo custo, com tecnologia dominada, e que pode ser disponibilizada em prazos relativamente curtos, com equipamentos fabricados no país.

O PDEE 2.007/2.016 explicita algumas vantagens para utilização da “bioeletricidade” gerada a partir de resíduos da indústria sucroalcooleira, destacando que:

- Embora a oferta desta biomassa seja sazonal, como o período natural de safra da cana-de-açúcar (maio – novembro no Sudeste) coincide com o período de estiagem na região Sudeste/Centro-Oeste, esta geração termelétrica pode complementar a geração hidrelétrica;
- Grande parte do potencial de “bioeletricidade” supracitado localiza-se próximo aos grandes centros de consumo, acarretando baixos custos de transmissão e/ou conexão às redes de distribuição em baixa tensão, além de redução das perdas;
- Nos próximos anos muitas usinas deverão se reequipar, optando entre manter a tecnologia atual ou instalar sistemas mais eficientes e expandir para a geração de energia elétrica, aproveitando parte da energia contida na cana-de-açúcar e que excede, em grande parte, o seu consumo próprio. Isto deverá ocorrer dado que sistemas de vapor de muitas usinas construídas para o PRÓALCOOL estão no fim de sua vida útil. Esta decisão dependerá em grande parte das condições para a comercialização desta energia elétrica nos ambientes regulado e livre; e
- Linhas de crédito específicas têm sido recentemente disponibilizadas para o financiamento desses empreendedores.

O potencial de oferta identificado no Plano que poderia ser viabilizado a partir da utilização da biomassa de cana-de-açúcar abrangeu os principais estados do país no período decenal 2.007/2.016. O potencial para o ano 2.016 foi obtido por meio de extrapolação dos dados disponíveis até 2.015, utilizando-se a taxa de crescimento do ano anterior.

Segundo informações constantes do PDEE 2.007/2.016, o parque da agroindústria canavieira nacional possui 269 usinas em atividade, sendo 247 na região Sudeste/Centro Oeste/Sul e 88 na região Norte/Nordeste, e ainda conta com cerca de 80 projetos em fase de implantação e desenvolvimento. Assim, o Plano conclui que a indústria canavieira encontra-se em franco desenvolvimento, em função do crescimento dos mercados interno e externo do açúcar e do álcool. A produção de cana-de-açúcar da safra 2.006/2.007 foi de 426 milhões de toneladas e estima-se atingir cerca de 685 milhões de toneladas na safra 2.012/2.013, o que representa um crescimento médio nacional de 8,2% a.a neste período, denotando o relevante potencial deste energético para o planejamento da expansão.

Em resumo, o PDEE 2.007/2.016 conclui, com base nos resultados apresentados, que existe no país um potencial de oferta superior a 500 MW por ano, em termos de capacidade instalada em novos projetos de cogeração a biomassa, perfazendo um total de mais de 6.000 MW até o fim do período decenal, capazes de contribuir com cerca de 3.000 MW médios para o suprimento de energia ao SIN.

O Plano observa, ainda, que este potencial não se distribui uniformemente no país, apresentando-se concentrado 80% na região Sudeste/Centro Oeste, principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, e 20% na região Norte/Nordeste, principalmente nos estados de Alagoas e Pernambuco, com o Maranhão também se destacando ao final do período.

Para fins do PDEE 2.007/2.016 considerou-se, conservadoramente, que a geração com biomassa a partir do bagaço de cana-de-açúcar venha a contribuir com a capacidade máxima de geração para o SIN baseada nas seguintes hipóteses:

- Restrição das projeções de geração somente considerando os estados da federação com maiores potências para os Sistemas Interligados Sudeste/ Centro Oeste/ Rondônia (São Paulo, Minas Gerais e Goiás) e Norte/ Nordeste (Alagoas, Pernambuco e Maranhão), ressaltando-se que, apesar de não considerado nos estudos, é crescente o potencial estimado em alguns estados da Região Sul, como o Paraná;
- Utilização de 90% do potencial anual estimado no estudo que corresponde ao montante das ofertas agregadas de novas usinas descontando as usinas renovadas (retrofit); e
- Consideração de estimativas mais conservadoras de evolução da safra, próximas a 7% a.a., ligeiramente inferiores a projeções divulgadas recentemente, que giram em torno de 8% a.a.

Por fim, na **TABELA 4.2.5-25** apresenta-se a estimativa da EPE para a máxima capacidade em energia e potência a ser considerada como opção de oferta anual no período de 2.007 a 2.016, com base nas premissas descritas anteriormente.

TABELA 4.2.5-25

Limites Anuais do Potencial de Biomassa a Serem Considerados como Oferta

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
S/SE/Rondônia										
Energia (MWmédio)	275	427	588	761	946	1.144	1.356	1.584	1.830	2.093
Cap. Instalada (MW)	550	853	1.177	1.522	1.892	2.288	2.713	3.169	3.659	4.186
NE/N/Manaus										
Energia (MWmédio)	54	85	119	156	197	242	292	348	410	481
Cap. Instalada (MW)	109	170	238	312	394	484	584	695	820	961
Brasil										
Energia (MWmédio)	329	512	707	917	1.143	1.386	1.648	1.932	2.240	2.574
Cap. Instalada (MW)	659	1.023	1.415	1.834	2.286	2.772	3.297	3.864	4.479	5.147

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

e.3) Energia Solar

Os sistemas solares fotovoltaicos têm sido objeto de diversas ações voltadas à pré-eletrificação de comunidades isoladas, a exemplo do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), coordenado pelo MME, que tem aplicado recursos a fundo perdido em sistemas para a eletrificação de instalações de uso comunitário (escolas, postos de saúde, centros comunitários, igrejas, postos telefônicos, bombeamento de água, etc.), com o objetivo de cobrir parte do passivo social para com as populações rurais e isoladas do país. No âmbito do PRODEEM, foram instalados, em suas quatro fases, cerca de 2.500 sistemas de bombeamento de água, com 1,3 MW de pico instalados em painéis, 379 sistemas de iluminação pública, com 7,5 kW instalados, e 3.000 sistemas de geração de eletricidade, com 1,7 MW de pico instalados em painéis²⁷.

O PDEE 2.007/2.016 aponta também outras iniciativas, além do PRODEEM, que têm sido conduzidas por concessionárias, secretarias estaduais e universidades. Dentre elas, destaca-se a ação da ELETROBRÁS no incentivo a projetos de energia solar no projeto Comunidades Ribeirinhas, que atende a 300 famílias distribuídas às margens de rios no estado do Amazonas.

Destaca-se ainda no Plano, na área de geração helio-térmica, o projeto GERAHÉLIO, cujo objetivo é o domínio científico e tecnológico da geração helio-térmica, através da elaboração do projeto de uma planta helio-térmica pré-comercial. Este trabalho vem sendo realizado no âmbito do MME, com participação do MCT, ELETROBRÁS, CEPEL, CHESF, Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA), PETROBRÁS, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS).

²⁷ Dados constantes do PDEE 2.007/2.016 (EPE, 2007)

No campo da energia termo-solar para produção de calor, além da geração helio-térmica existem outras aplicações como: aquecimento de água a baixa temperatura para fins residenciais, comerciais e industriais; secagem de produtos agropecuários; refrigeração, etc. Um dos projetos elaborados no âmbito do Plano Energia Brasil – Eficiência Energética é o incentivo ao uso de coletores solares visando a evitar a instalação de chuveiros elétricos em novas habitações, bem como substituí-los em habitações já existentes.

Conforme explicitado no PDEE 2.007/2.016, em função dos elevados custos e da sua aplicabilidade ainda restrita a sistemas isolados, investimentos na oferta de energia solar não foram ainda contemplados no referido Plano.

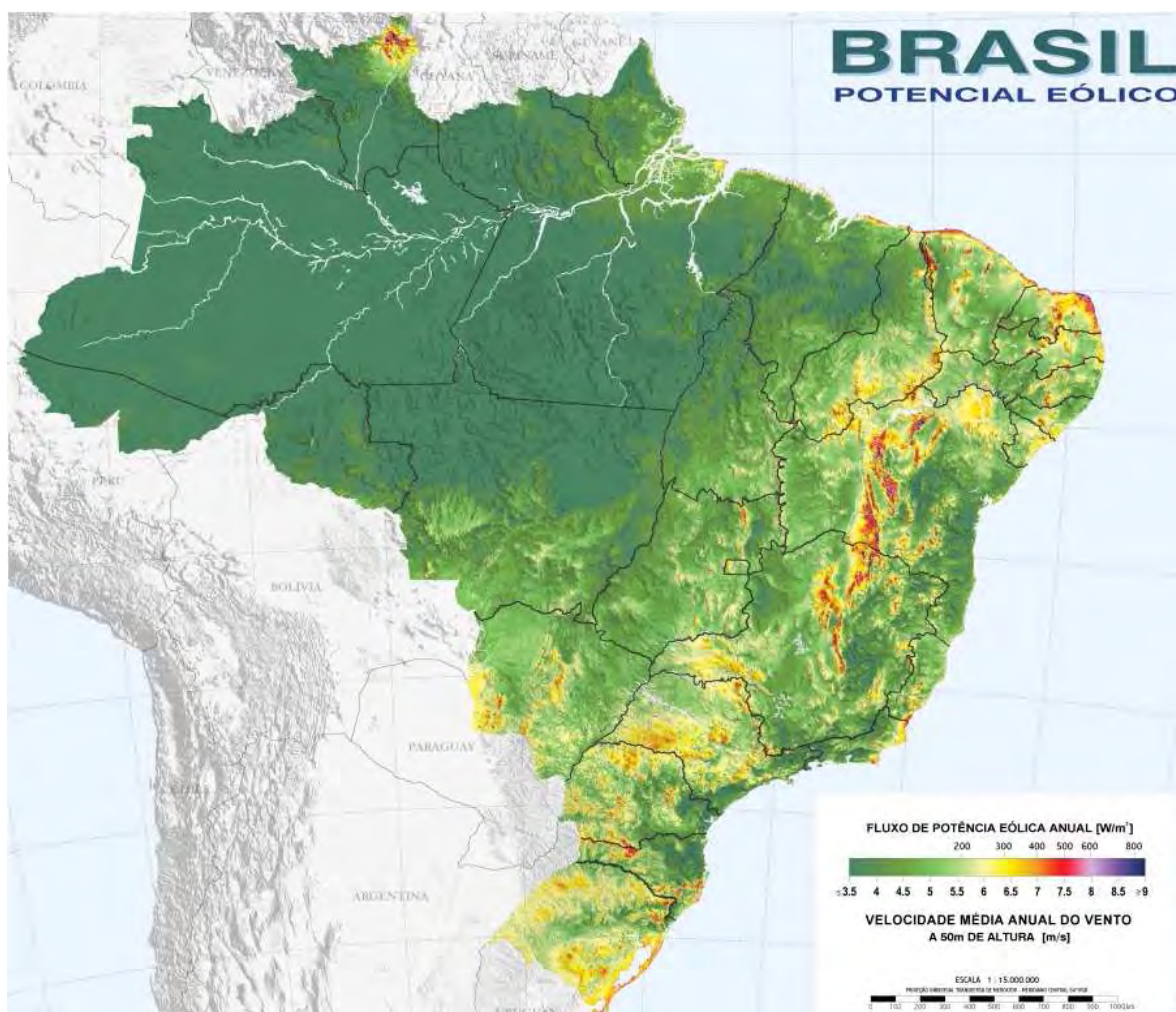
e.4) Energia Eólica

O PDEE 2.007/2.016 observa que, em consonância com a diretriz do Governo Federal de diversificação da Matriz Energética, o desenvolvimento da energia eólica, no Brasil, tem ocorrido de forma gradual e consistente, valorizando as características e potencialidades regionais na formulação e implementação de políticas energéticas.

O potencial eólico brasileiro para aproveitamento energético tem sido objeto de estudos e inventários desde a década de 1.970, que culminaram com a publicação, em 2.001, do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. O Atlas apontou a existência de áreas com regimes médios de vento, propícios a instalação de parques eólicos, principalmente nas regiões Nordeste (144TWh/ano) e Sul e Sudeste do país (96TWh/ano), conforme pode ser visualizado na **FIGURA 4.2.5-1**.

O PDEE aponta que, na primeira etapa do PROINFA, foram celebrados contratos com 54 empreendimentos de energia eólica, totalizando uma potência de 1.493 MW, assegurando a compra de toda a energia a ser produzida no período de 20 anos. No âmbito do PROINFA, que incentiva, além da energia eólica, a biomassa e as PCHs, foram contratados inicialmente, pela ELETROBRÁS, 144 empreendimentos, com início de funcionamento previsto até 30 de dezembro de 2008, num total de 3.300 MW. Entretanto, 5 destes empreendimentos, perfazendo 150 MW, solicitaram rescisão de seus contratos. Desta forma, o acréscimo resultante esperado para o PROINFA é de 3.150 MW de capacidade de produção.

No tocante à consideração de empreendimentos de geração eólica na configuração de referência do PDEE 2.007/2.016, foram incluídos todos os projetos constantes na primeira fase do PROINFA, com entrada em operação prevista para 2.008. Para os demais anos do horizonte decenal não foram explicitados os projetos de geração eólica que comporão o parque gerador futuro do SIN. Neste sentido, o PDEE observa que espera-se que a realização de leilões exclusivos para fontes alternativas renováveis e as projeções de mercado futuro do Plano Nacional de Energia 2.030 venham reduzir as incertezas hoje existentes com relação ao desenvolvimento do mercado de energia eólica no Brasil, fazendo com que a participação desta tecnologia seja consolidada e pormenorizada no planejamento de curto prazo nos próximos ciclos.



Fonte - Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001

FIGURA 4.2.5-1 – POTENCIAL EÓLICO DO BRASIL

e.5) Co-geração

A co-geração de energia pode ser definida como a produção simultânea de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível. O processo mais comum de co-geração é a produção de eletricidade e energia térmica, a partir do uso de gás natural, biomassa ou outro insumo energético.

As aplicações de tecnologias e processos de co-geração a gás natural possibilitam beneficiar diversos setores da economia, com destaques para as aplicações na indústria, comércio, serviços e agricultura. Uma das aplicações mais recentes, e com grande poder de interferência sobre o mercado tradicional das concessionárias de energia elétrica, é a climatização de ambientes, ou seja, a refrigeração por absorção e/ou o aquecimento de ambientes residenciais, comerciais e industriais, assim como da água utilizada nestes locais (lavanderias, piscinas, etc.).

As centrais de co-geração de energia são geralmente instaladas nos locais de uso final da energia, pelo próprio cliente ou através de empresas/investidores que operam em regime de auto-suprimento, para produzirem nas suas instalações a energia térmica necessária (vapor, calor ou frio).

Por se tratar de um combustível de queima total e constante, o gás natural também traz maior eficiência ao processo produtivo industrial. Sua queima isenta de resíduos aumenta a vida útil dos equipamentos e reduz gastos com manutenção, quando comparado com outros combustíveis comumente utilizados, sejam derivados do petróleo ou não. Outro benefício advindo do uso do gás natural é a redução dos impactos ambientais com a redução de gases poluentes e resíduos tóxicos. O gás natural é considerado também um dos combustíveis mais seguros que existem, pois, por ser mais leve que o ar, dissipa-se rapidamente na atmosfera.

Segundo o PDEE 2.007/2.016, dentre as principais razões pelas quais a indústria da co-geração de energia está se desenvolvendo em todo o mundo, pode-se mencionar:

- Eficiência energética: a eficiência energética da co-geração (energia elétrica e térmica produzida por unidade de combustível utilizado) é superior à alternativa de produção separada de eletricidade e energia térmica, resultando em menor consumo de energéticos e menor emissão de poluentes;
- Segurança operacional: melhoria das condições de segurança e confiabilidade operacional das empresas;
- Produção e uso local de energia com custos evitados: por ser instalada no próprio local de consumo, a co-geração evita custos de transmissão, reduzindo o custo final da energia. Segundo o Plano, isto representa uma grande vantagem, considerando-se que os custos de investimento no transporte de energia elétrica e as perdas de transmissão tendem a crescer no futuro. Por outro lado, observa-se que há que se considerar os custos de transporte do combustível; por exemplo, se a co-geração utilizar como um de seus combustíveis o gás natural, os custos de transporte através de gasodutos devem ser levados em conta; e
- Fator de desenvolvimento econômico sustentável: a indústria da co-geração de energia é um importante instrumento de desenvolvimento econômico sustentável, contribuindo para o desenvolvimento da indústria nacional de equipamentos, introdução de novas tecnologias, geração de emprego e renda, redução de emissões de gases de efeito estufa e possibilidade de utilização eficiente das reservas brasileiras de gás natural.

Com relação ao estágio atual de utilização desta tecnologia no Brasil, segundo registros da ANEEL constantes do PDEE 2.007/2.016, em 2.006 havia 54 centrais de co-geração em operação, totalizando 1.134 MW, sendo 27 a gás natural, com capacidade instalada total de 314 MW. Deste total, estão localizadas no estado de São Paulo 34 centrais de co-geração, totalizando 749 MW, sendo 14 a gás natural, totalizando 243 MW, suprindo energia para diversos segmentos industriais (papel e celulose, alimentos e bebidas, química, etc.), hotéis, edifícios comerciais e supermercados.

As estimativas do Plano Decenal de Co-geração a Gás Natural 2.006-2.016 sugerem, para o estado de São Paulo, a possibilidade de agregar ao SIN uma potência instalada de cerca de 2.000 MW até 2.016. O PDEE 2.007/2.016, no entanto, observa que, por tratar-se de co-geração a gás, esta expansão estará condicionada à disponibilidade de oferta de gás natural e de expansão da rede de distribuição nas diversas áreas de concessão da Companhia de Gás de São Paulo (COMGÁS), da Companhia Gás Natural São Paulo sul (Gás Natural SPS) e do Gás Brasileiro.

Adicionalmente, o PDEE aponta que outros estudos estimam que o potencial de cogeração a gás natural em alguns segmentos do setor industrial do estado de São Paulo poderá atingir em torno de 4,5 GWe, concentrando-se principalmente na indústria química deste estado, que responderia por algo em torno de 2,9 GWe. Por sua vez, estimativas mais conservadoras realizadas para a indústria química, papel e celulose, hospitais e hotéis da região Sudeste, situam este potencial variando entre 1,3 e 1,4 GWe.

e.6) Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)

Em acordo com a Resolução ANEEL N° 394, de 04/12/98, as PCHs caracterizam-se por possuírem potência instalada entre 1.000 kW e 30.000 kW, com reservatórios de área²⁸ não superior a 3 km², representando um tipo de expansão hidráulica amplamente utilizado.

A atratividade destas usinas fundamenta-se, principalmente, por estarem associadas a menor volume de investimentos, prazo de maturação mais curto e tratamento diferenciado por parte da regulamentação vigente, além de, em geral, apresentarem características de menor impacto ambiental associado. Além disso, para as PCHs há dispensa de licitação para obtenção da concessão, bastando o empreendedor obter autorização da ANEEL.

Outras características atrativas são: a isenção de pagamento de Uso de Bem Público (UBP), taxa de compensação financeira aos Estados e Municípios; a isenção da obrigação de aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 1% (um por cento) de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico; a isenção relativa à compensação financeira pela utilização de recursos hídricos; a possibilidade de comercializar de imediato a energia elétrica produzida com consumidores cuja carga seja maior ou igual a 500 kW; e a redução de no mínimo 50% no pagamento dos encargos por uso das redes de transmissão e distribuição.

Segundo o PDEE 2.007/2.016, à época de sua elaboração (2.007) existiam no Brasil 253 PCHs em operação, somando 1.277 MW ao SIN. O estado com maior concentração de PCHs é Minas Gerais, com 77 usinas em operação, somando 398 MW. Levando em consideração o número de usinas em operação, construção e outorga, o PDEE aponta cerca de 5.130 MW de potência instalada apenas com PCHs, com entrada em funcionamento comercial até o término do horizonte temporal considerado no Plano, isto é, 2.016.

O referido Plano observa ainda que estudos para reforços estruturais na transmissão na região do Mato Grosso apontam uma previsão de entrada até 2.016 de 570 MW apenas naquela região. Além disso, pontua que para todo o Brasil tem-se identificado um potencial da ordem de 15.000 MW em 1.600 aproveitamentos. No entanto, estima-se que o potencial nacional seja bem superior a este, pelo simples fato de, conforme comentado no Plano, não se ter investido em estudos de identificação de PCHs.

e.7) Fontes Alternativas do PROINFA

O custo unitário maior e a percepção de risco mais elevada ainda têm inibido os investimentos espontâneos dos empreendedores na geração elétrica através de fontes renováveis – biomassa, PCHs e, notadamente, eólica e solar. Nestas condições, o reduzido crescimento do mercado para o uso dessas tecnologias também não promove ganhos de escala na fabricação dos equipamentos, de modo a minimizar e otimizar os custos.

²⁸ Segundo o Art. 2º, Parágrafo Único da Resolução ANEEL N° 394, de 04/12/98, “A área do reservatório é delimitada pela cota d’água associada à vazão de cheia com tempo de recorrência de 100 anos”.

O Congresso Nacional aprovou a Lei nº. 10.438, em 26/04/02, visando à criação de um mercado mandatório brasileiro para as energias renováveis e assegurando o suporte legal necessário para uma ação estrutural. Em seu Artigo 3º, foi instituído o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, que operem geradores eólicos, pequenas centrais hidrelétricas e usinas de biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional. É, assim, assegurada a compra, pela ELETROBRÁS, da energia a ser produzida por essas fontes, por um período de quinze anos.

Outro incentivo à introdução de fontes alternativas de energia elétrica (art. 13 da Lei 10.438/02) é a Conta de Desenvolvimento Energético, que visa à ampliação do abastecimento energético nos estados e à competitividade da energia produzida por fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa, gás natural e carvão mineral nacional nas áreas atendidas pelos sistemas interligados. A expectativa é de que esta Conta colabore para promover a universalização do serviço de energia elétrica em todo o território nacional.

Diferentemente de aproveitamentos de fontes convencionais de geração de energia elétrica, organizados pela articulação de critérios econômicos e pelas regras de mercado, nas fontes alternativas entram em pauta necessidades, interesses e diretrizes de desenvolvimento de novas tecnologias, bem como a percepção da energia como um bem-comum, cuja universalização de acesso e garantia de continuidade constitui fator estratégico de desenvolvimento e de inclusão social. O incentivo ao uso de fontes alternativas cumpre também compromissos de governo em acordos internacionais de substituição progressiva de combustíveis fósseis, redução das emissões de CO₂ e outros itens ligados à questão ambiental.

De acordo com a legislação, o PROINFA é constituído por duas etapas, sendo que, na primeira, foi prevista a implantação de 3.300 MW em instalações de produção com início de funcionamento até 30/12/06. Na segunda etapa, iniciada ao se atingir a meta de 3.300 MW, o desenvolvimento do Programa será realizado de modo que a energia eólica, as pequenas centrais hidrelétricas e as usinas de biomassa atendam a 10% do consumo anual de energia elétrica no país. Este objetivo deverá ser alcançado em até 20 anos, já incorporando o prazo e os resultados da primeira etapa.

Para fins do planejamento da expansão de geração, no PDEE 2.007/2.016 os empreendimentos contratados no PROINFA (1ª Etapa) foram inseridos de acordo com cronograma do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) de janeiro/2007, totalizando um acréscimo de 3.150 MW de potência instalada até dezembro/2008, composto por 139 empreendimentos entre PCHs, usinas termelétricas a biomassa e usinas eólicas, e já considerando que 5 empreendimentos, perfazendo 150 MW, solicitaram rescisão de seus contratos no PROINFA. A **TABELA 4.2.5-26** detalha o número de empreendimentos e o acréscimo de potência e energia por subsistema, por tipo de fonte e por ano daquele programa.

TABELA 4.2.5-26
Expansão da Oferta de Energia Elétrica do Proinfa – 1ª Etapa

		PCH				Biomassa				Eólica				PROINFA - 1ª Etapa			
		2006	2007	2008	Total	2006	2007	2008	Total	2006	2007	2008	Total	2006	2007	2008	Total
SE/CO	Qtd.	5	22	19	46	10	1	3	14	-	-	2	2	15	23	24	62
	MW	86	425	375	886	290	30	92	412	-	-	163	163	376	455	630	1.461
	MWmédio.	53	263	233	549	113	12	36	161	-	-	47	47	167	275	316	758
S	Qtd.	3	8	3	14	2	2	-	4	4	2	9	15	9	12	12	33
	MW	46	200	49	295	55	50	-	105	159	60	165	384	260	310	214	784
	MWmédio.	29	124	30	183	21	20	-	41	48	17	48	113	98	161	78	337
NE	Qtd.	-	-	3	3	3	2	-	5	1	5	30	36	4	7	33	44
	MW	-	-	42	42	69	20	-	89	49	52	705	806	119	72	747	938
	MWmédio.	-	-	26	26	27	8	-	35	14	15	204	233	41	23	230	294
Brasil	Qtd.	8	30	25	63	15	5	3	23	5	7	41	53	28	42	69	139
	MW	132	625	466	1.223	414	100	92	606	208	112	1.033	1.353	755	837	1.591	3.183
	MWmédio.	82	387	289	758	161	40	36	237	62	32	299	393	306	459	624	1.389

Notas:

(1) Cinco empreendimentos, perfazendo 150MW, foram desconsiderados por estarem em processo de rescisão contratual;

(2) Valores estimados, em MWmédios

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

e.8) Repotencialização e Modernização de Usinas Existentes

Em acordo com o PDEE 2.007/2.016, os benefícios advindos da repotencialização²⁹ e da modernização³⁰ das usinas existentes são mais significativos na contribuição para o atendimento da demanda máxima de energia.

Outro importante benefício agregado pela alteração das condições das usinas existentes é o menor impacto ambiental relacionado a esse acréscimo de energia ao Sistema.

Considerando que, em acordo com o PDEE 2.007/2.016 o parque de geração brasileiro possui 633 empreendimentos hidrelétricos, totalizando 73.678 MW, e 947 empreendimentos termelétricos, totalizando 22.398 MW, e que muitas destas usinas já estão em operação há mais de 25 anos, devem ser implementadas ações que busquem a extensão da vida útil, melhoria do desempenho, redução da manutenção, aumento da confiabilidade e a melhoria e simplificação da operação dessas usinas.

O PDEE 2.007/2.016 reconhece que através da repotencialização e modernização, alguns efeitos deletérios que comprometem a qualidade do suprimento de energia em usinas que encontram-se em operação há mais tempo podem ser praticamente eliminados, restabelecendo-se as condições operacionais e deixando-as próximas as de uma nova usina. Dentre tais efeitos, podem ser destacados o natural envelhecimento e desgaste dos equipamentos, além da obsolescência dos sistemas de uma usina que contribuem para o aumento da indisponibilidade e da frequência de paradas forçadas. Além disso, com a repotencialização pode-se ter o benefício do aumento da potência original das usinas.

A modernização e repotencialização tanto de UHEs como de UTEs, quando devidamente planejadas e implementadas, têm sido atividades mundialmente reconhecidas pelos motivos supracitados e por preterir investimentos em novos empreendimentos e agregar oferta, principalmente de potência, sem impactos ambientais adicionais relevantes.

Desse modo, no desafio de atender ao crescimento da demanda, em contraposição à gradual exaustão dos recursos instalados, a repotencialização e a modernização de antigos empreendimentos hidrelétricos e termelétricos poderão ser importantes alternativas para suplementar a oferta de potência e de energia ao sistema elétrico brasileiro.

Ressalte-se que os processos de repotencialização e modernização já vêm sendo realizados pelos agentes geradores, principalmente para os projetos cujos benefícios são relevantes e economicamente justificáveis. Neste sentido, há que se ressaltar que, sob o ponto de vista energético, a contribuição destes processos para agregação de oferta de energia pode ser especialmente relevante para equacionar o atendimento à ponta.

e.9) Energia Nuclear

Em 1.968, o Governo Brasileiro decidiu ingressar no campo da produção da energia nuclear, com o objetivo primordial de propiciar ao setor elétrico a oportunidade de conhecer esta

²⁹ Repotencialização de uma usina é um conjunto de obras que visa gerar ganho de potência e de rendimento. Essas obras exigem a realização de análises técnicas criteriosas a fim de se determinar a eficiência da geração de energia e o estado atual de seus equipamentos e sistemas mais importantes de uma usina e suas conseqüências na confiabilidade e segurança operacional.

³⁰ Modernização de uma usina é um conjunto de obras que visa melhorar a eficiência da geração de energia, a confiabilidade e segurança operacional.

tecnologia e adquirir experiência para fazer frente às possíveis necessidades futuras. Como naquela época já estava prevista uma complementação termelétrica na área do Rio de Janeiro, foi decidido que este aumento se fizesse mediante a construção de uma usina nuclear de cerca de 600 MW. Esta incumbência foi, então, confiada pela ELETROBRÁS à FURNAS, que realizou uma concorrência internacional, vencida pela empresa norte-americana Westinghouse.

A construção de Angra 1 foi iniciada em 1.972, a primeira reação nuclear em cadeia foi estabelecida em março de 1.982 e a usina entrou em operação comercial em 1.985.

Em junho de 1.975, o Governo Brasileiro assinou com a República Federal da Alemanha o Acordo sobre Cooperação para Uso Pacífico da Energia Nuclear. No âmbito deste acordo, em julho de 1.975 foi concretizada a aquisição das usinas Angra 2 e 3 da empresa alemã Kraftwerk Union A.G., subsidiária da SIEMENS.

As obras civis de Angra 2 foram iniciadas em 1.976. Entretanto, a partir de 1.983, o empreendimento teve o seu ritmo progressivamente desacelerado devido à redução dos recursos financeiros disponíveis. Em 1.991, o Governo decidiu retomar as obras de Angra 2 e a composição dos recursos financeiros necessários à conclusão do empreendimento foi definida ao final de 1.994. Angra 2, com 1.245 MW de potência, iniciou sua fase operativa em 2.000.

A Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) – Unidade 3, conhecida como Angra 3, com 1.309 MW de potência, foi contratada juntamente com Angra 2, visando uma redução de custos. As datas originais de entrada em operação no sistema elétrico eram, para Angra 2, maio de 1.983 e, para Angra 3, dezembro de 1.984. Neste espírito, o projeto de Angra 3 foi sendo desenvolvido em paralelo ao de Angra 2, embora com uma defasagem crescente.

Em 1.991, o Governo decidiu interromper os trabalhos relativos à Angra 3, visando concentrar todos os recursos para concluir Angra 2. O PDEE 2.006/2.015 contemplou a oferta de energia a ser produzida por Angra 3 (1.309 MW), que aumentaria a capacidade nuclear instalada no país em cerca de 65%. Já o PDEE 2.007/2.016 não explicita a consideração de oferta deste tipo de energia. No entanto, há que se observar que em 23/07/08 foi concedida, pelo IBAMA, a Licença Prévia (LP) para a usina de Angra 3, com potência térmica de 3.765 MWt e potência elétrica de 1.350 MWe, com 60 condicionantes.

Há que se observar que o Programa Nuclear brasileiro é alvo de grande polêmica. As questões mais controvertidas no tocante à energia nuclear referem-se aos riscos de acidentes e à destinação final dos resíduos radioativos de forma segura e controlada. Após a tragédia de Chernobyl, a opinião pública mundial ficou muito mais sensível à implantação dessas centrais, gerando uma resistência coletiva acentuada por parte das populações em geral. Neste sentido, observa-se que a condicionante 2.18 da LP concedida pelo IBAMA para a usina Angra 3 refere-se especificamente à questão da destinação dos resíduos radioativos, a saber: *“Apresentar proposta e iniciar a execução do projeto aprovado pelo órgão ambiental para disposição final dos rejeitos radioativos de alta atividade antes do início da operação da Unidade 3”*³¹.

³¹ Licença Prévia Nº 279/2.008 emitida pelo Presidente do IBAMA em 23/07/08 para a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) – Unidade 3, para geração de energia elétrica, com potência térmica de 3.765 MWt e potência elétrica de 1.350 MWe, localizada na Praia de Itaorna, em Angra dos Reis/RJ. Empreendedor: ELETROBRÁS TERMONUCLEAR S.A. – ELETRONUCLEAR.

Por outro lado, observa-se que vários países da Europa, além de EUA e Canadá, estão desativando as usinas nucleares existentes e/ou abandonando seus programas de implantação de novos reatores. Esse fato decorre dos graves problemas gerados com o destino dos rejeitos radioativos e dos riscos associados de contaminação ambiental e humana.

e.10) Integração Elétrica dos Subsistemas

Conforme antes já mencionado, a interligação elétrica entre os subsistemas possibilita intercâmbios de energia com característica sazonal, permitindo uma maior exploração da diversidade hidrológica entre as regiões a partir da operação integrada, proporcionando ganhos sinérgicos e aumentando a confiabilidade da operação do sistema.

A **FIGURA 4.2.5-2** ilustra a representação esquemática considerada para as interligações entre os subsistemas nacionais, mostrando a forma como estão sendo previstas no final do horizonte 2.016, para fins de simulação energética a subsistemas equivalentes. As interligações e subsistemas representados em traços pontilhados são previstos para se incorporarem ao SIN durante o período decenal analisado no PDEE 2.007/2.016.

O recurso de expansão ou antecipação de ampliações previstas das interligações entre os subsistemas, esquematicamente mostradas no diagrama da **FIGURA 4.2.5-2**, foi considerado, no PDEE 2.007/2.016, para o ajuste e definição da configuração referente à Trajetória Inferior do Mercado. A partir dos valores de limites de intercâmbios foi possível destacar as antecipações e expansões de interligações ao longo do período coberto pelo referido Plano, conforme mostrado, em grandes números, no **QUADRO 4.2.5-2**. Observa-se ainda que as perdas de energia nas interligações foram consideradas, para fins de estimativa da expansão de geração e transmissão de energia, como sendo de 3%, já estando incorporadas nas previsões de mercado dos subsistemas.



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

FIGURA 4.2.5-2 – Representação esquemática da interligação entre subsistemas

QUADRO 4.2.5-2

Expansão da Oferta de Energia Elétrica do Proinfa – 1ª Etapa

Ano	Trecho	Montante (MWmédio)	Motivação
2.010	IMPERATRIZ -> Norte/ Manaus	1.000	Necessidade energética de ampliação da capacidade de recebimento da região Norte
2.010	IMPERATRIZ -> Sudeste	2.100	Ampliação da interligação Norte-Sul em função da entrada de novas usinas no alto Tocantins
2.010	Sudeste -> IMPERATRIZ	1.500	Ampliação da interligação Norte-Sul em função da entrada de novas usinas no alto Tocantins
2.012	Madeira -> Sudeste	2.800	Início da motorização da primeira usina do rio Madeira
2.014	Madeira -> Sudeste	3.100	Complementação da motorização das usinas do Rio Madeira
2.014	Belo Monte -> Norte/ Manaus	2.600	Início da motorização de Belo Monte
2.014	Norte/ Manaus -> IMPERATRIZ	1.800	Escoamento parcial da geração de Belo Monte
2.014	Teles Pires -> Sudeste	1.500	Início da motorização da primeira usina do rio Teles Pires
2.015	Teles Pires -> Sudeste	1.500	Complementação da motorização das usinas do rio Teles Pires
2.015	Sudeste -> IMPERATRIZ	1.500	Escoamento da geração das usinas do rio Teles Pires, tendo em conta a complementaridade energética
2.015	Belo Monte -> Norte/ Manaus	2.900	Complementação da motorização de Belo Monte
2.015	Norte/ Manaus -> IMPERATRIZ	2.100	Escoamento parcial da geração de Belo Monte
2.015	IMPERATRIZ -> Sudeste	2.100	Escoamento da geração de Belo Monte

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

- Integração dos Sistemas Isolados

Conforme mencionado anteriormente, os sistemas Acre-Rondônia e Manaus-Macapá estão programados, no PDEE 2.007/2.016, para serem integrados ao SIN em 2.008 e 2.012, respectivamente. Apresenta-se, a seguir, de forma sintética, as principais características dos sistemas isolados atuais, com base no constante do Plano supracitado, observando-se que o sistema interligado Tucuruí-Macapá-Manaus tem interesse específico para o AHE Belo Monte, dado que a energia a ser gerada pela Casa de Força Principal será interligada ao SIN, neste sistema, por meio da SE Xingu.

- Sistema Isolado Acre-Rondônia

O sistema Acre-Rondônia será integrado ao SIN por Linhas de Transmissão (LTs) em 230 kV, que perfazem aproximadamente 950 km de extensão, e encontram-se listadas no **QUADRO 4.2.5-3**. Estas LTs foram licitadas no leilão realizado em 24/11/06.

QUADRO 4.2.5-3

LTs da Interligação Acre – Rondônia – Mato Grosso

Empreendimento	Tensão (kV)	Extensão Aproximada (km)
LT Jauru (MT) - Vilhena (RO)	230	354
LT Vilhena (RO) - Pimenta Bueno (RO)	230	160
LT Pimenta Bueno (RO) - Ji-Paraná (RO)	230	118
LT Ji-Paraná (RO) - Ariquemes (RO)	230	164
LT Ariquemes (RO) - Samuel (RO)	230	153
Total		949

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

Uma vez que a previsão de entrada em operação comercial destas LTs é de 18 meses, no PDEE 2.007/2.016 foi considerada esta interligação a partir de setembro/2008.

No PDEE anterior (2006/2015), estava prevista para o sistema Acre-Rondônia a entrada em operação comercial do gasoduto Urucu – Porto Velho em dezembro/2007, com capacidade para transportar cerca de 2,3 milhões de m³/dia de gás natural, possibilitando a conversão de 360 MW do parque térmico existente para geração com gás natural. Já no PDEE 2.007/2.016, ao se analisar o balanço de oferta e demanda do subsistema Acre-Rondônia, não foi considerada a presença deste gasoduto, o que faz com que parte da carga do referido subsistema seja atendida com geração térmica a óleo diesel. Desta forma, para suprir a demanda dessa região a custos compatíveis com o restante do SIN foi indicada a necessidade de expansão da capacidade instalada, que pode ser feita por meio de PCHs e reforços da interligação ainda para 2.009.

O PDEE 2.007/2.016 esclarece que os parques geradores atuais instalados do sistema Rondônia e Acre perfazem uma potência instalada total de 789 MW, compreendendo: no caso do sistema Rondônia-ELETRONORTE (710 MW), a UHE Samuel, a UTE Rio Madeira e as PIEs Termonorte I³², II e III (incorporando motores diesel, turbinas a gás e turbinas a vapor); e, no caso do sistema Acre-ELETRONORTE (79 MW), as UTEs Rio Acre, Rio Branco I e II, todas grupo-diesel.

Os parques geradores previstos para os subsistemas Rondônia e Acre a partir de setembro/2008, data adotada no Plano para a interligação do sistema Acre-Rondônia ao SIN, totalizam 819,5 MW, sendo que 783,5 MW correspondem ao parque gerador provável do sistema Rondônia, após interligação (vides UHE, UTE e PIEs antes aqui mencionados), e 36 MW ao parque gerador provável do sistema Acre, neste caso referente apenas à UTE Rio Acre.

Já a expansão indicada por PCHs mencionada anteriormente é representada pela previsão de entrada em operação de 16 PCHs, totalizando 156,1 MW, com base em dados da ANEEL, do relatório de estudo de viabilidade da interligação Acre-Rondônia-Mato Grosso, do Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE), e de informações recentes da ELETRONORTE. O PDEE 2.007/2.016 adotou como premissa básica que as usinas existentes já estão incorporadas nas previsões de mercado, não sendo, portanto, consideradas no acima explanado.

³² O fim do contrato com o PIE Termonorte I foi considerado durante o horizonte de planejamento, mais especificamente ao fim de julho de 2.010.

– Sistema Isolado Manaus-Macapá

Conforme constante do PDEE 2.007/2.016, os estudos realizados indicaram que os sistemas isolados de Manaus-Macapá devem ser integrados ao SIN por meio da construção da LT Tucuruí/Manaus (SE Cariri) em 500 kV, com aproximadamente 1.470 km de extensão, e da LT Jurupari/Macapá, em 230 kV, com 340 km de extensão, com início de operação previsto para janeiro/2.012. Planeja-se ainda o atendimento a algumas localidades na margem esquerda do rio Amazonas por meio de transformação 500/138 kV na SE Oriximiná e transformação 230/69 kV na SE Laranjal do Jarí.

Devido à competitividade deste empreendimento, em face da Conta de Consumo de Combustíveis (CCC) evitada, os estudos indicaram que a data mais próxima para a entrada em operação da interligação Tucuruí-Macapá-Manaus deve ficar restrita às questões do cronograma físico de sua implantação, sendo aquela mais tardia o ano de 2.012.

O PDEE 2.007/2.016 destaca que essas linhas de transmissão, em especial a LT Tucuruí/Manaus, somente deverão ser licitadas após a obtenção das respectivas licenças ambientais prévias, em prol da atenuação dos riscos do empreendedor e da conseqüente modicidade tarifária. Neste sentido, há que se ressaltar que ainda não estão disponíveis o EIA e o RIMA para a LT em questão, sendo os mesmos de responsabilidade dos ganhadores dos lotes licitados referentes a este empreendimento, observando-se que a futura LT, assim como as subestações associadas, foram leiloadas pela ANEEL através do Edital do Leilão nº 004/2008 (Lotes A, B e C).

Outra questão relevante neste sistema isolado, conforme destacado no Plano supracitado, é a entrada em operação comercial do gasoduto Coari-Manaus em 2.008, antes, portanto, de sua integração ao SIN. Este gasoduto disponibilizará 5,5 milhões de m³/dia de gás natural para geração de energia elétrica em Manaus (com expansão para 7,5 milhões de m³/dia), o que permitirá operar um parque termelétrico de cerca de 900 MW, em ciclo simples. Este montante de geração será obtido por meio de conversão de algumas usinas do atual parque gerador e de suas expansões previstas para o atendimento ao sistema até 2.012. Por outro lado, face aos prazos físicos necessários para o desenvolvimento e implementação deste projeto, a data mais próxima para a sua entrada em operação seria meados de 2.011.

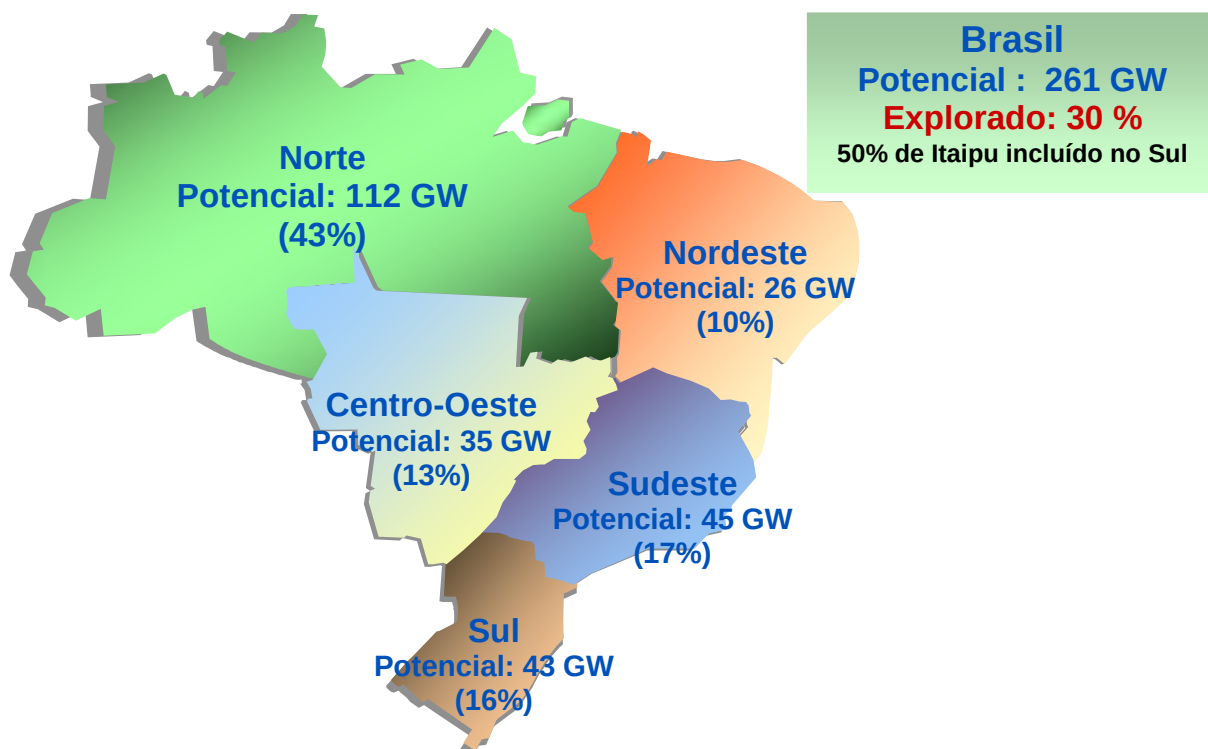
No PDEE 2.007/2.016 adotou-se, para efeito das análises energéticas, a integração do sistema Manaus através da alternativa da LT Tucuruí-Macapá-Manaus.

Ainda no Plano observa-se que os parques geradores atuais instalados dos sistemas Manaus e Macapá remontam a 1.466,3 MW, sendo 1.231,5 MW correspondentes ao parque gerador do sistema Manaus-ELETRONORTE (UHE Balbina; UTEs Aparecida, Mauá e Electron – todas com sistemas de turbina a gás; e PIEs El Paso Plantas A, B e D, também com turbinas a gás, El Paso Planta W, com grupo diesel lento, CGE – com grupo diesel rápido, Tambaqui, Jaraqui e Manaura, todas as três com grupos diesel lento) e 234,8 MW àquele do sistema Macapá-ELETRONORTE (UHE Coaracy Nunes, UTE Santana – com sistemas de turbina a gás e motor diesel, e a PIE Gebra, esta com grupo diesel).

Já os parques geradores prováveis para os subsistemas Manaus e Macapá, a partir de janeiro de 2.012, data prevista para a interligação ao SIN, totalizam 1.725,8 MW de potência instalada, 1.423 MW para o sistema Manaus e 302,8 para o sistema Macapá, sendo compostos por: sistema Manaus – UHE Balbina, 2 UTEs e 8 PIEs -, e sistema Macapá – UHE Coaracy Nunes e 3 UTEs.

e.11) Escolha da Alternativa Tecnológica mais Adequada

Levando-se em conta a demanda projetada de energia elétrica e as necessidades de expansão do sistema (cerca de 31.000 MW), é notável a importância do aproveitamento do potencial hidráulico para o atendimento satisfatório das necessidades de desenvolvimento socioeconômico do país. Neste sentido, a **FIGURA 4.2.5-3** ilustra o potencial hidrelétrico brasileiro por região.



Nota: Os percentuais indicados no mapa referem-se ao potencial total existente em cada região em relação ao potencial hidrelétrico total verificado para o Brasil

Fonte - ELETROBRÁS, 2002

FIGURA 4.2.5-3 – Potencial Hidrelétrico Brasileiro

Vale também ressaltar que, em termos de custos de operação, a usina hidrelétrica é a mais competitiva entre todas as fontes renováveis e não-renováveis, como se pode verificar no **QUADRO 4.2.5-4**.

QUADRO 4.2.5-4

Custos de Energia por Tipo de Fonte

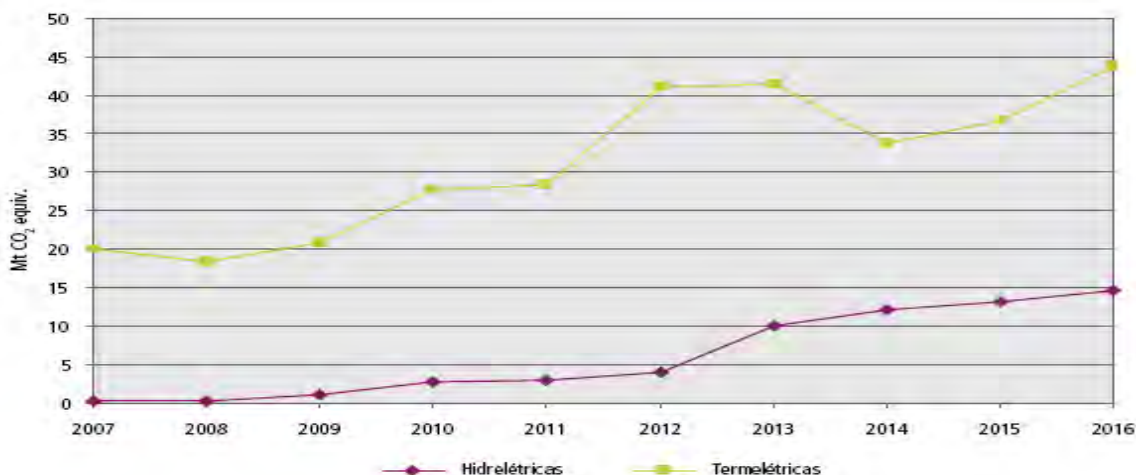
Fonte de energia	Custo de operação (R\$/MWh)
Usina hidrelétrica	55 a 100
PCH	77 a 320
Termelétrica a gás	84 a 220
Termelétrica a carvão	95 a 117
Termelétrica nuclear	154
Termelétrica biomassa	100 a 230
Eólica	215
Solar	1.100 a 2.550

Fonte: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2002

O PDEE 2.007/2.016 observa que, na hipótese de ser descartada a ampliação do parque hidrelétrico brasileiro, as fontes não-renováveis (carvão, gás, óleo diesel e nuclear) são as únicas com condições de atender a demanda de energia elétrica projetada, uma vez que há o domínio tecnológico requerido para geração de energia em larga escala. No entanto, o Plano pondera que a elevação dos custos da energia produzida e os impactos ambientais, principalmente os relativos às emissões atmosféricas e à disposição de resíduos perigosos, passariam a ser novos componentes a requerer soluções adequadas em uma Matriz Energética Brasileira que seria cada dia menos sustentável.

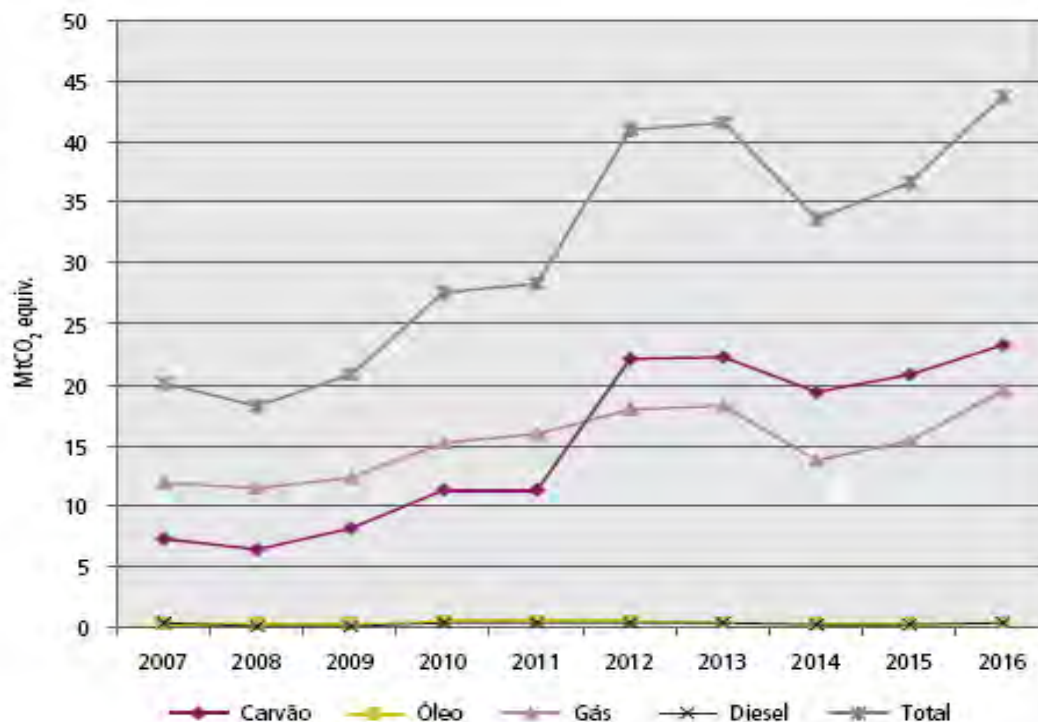
Nesta perspectiva, o planejamento energético oficial brasileiro contempla a desejável diversificação da Matriz Energética Brasileira, pautada pela ampliação da participação das fontes de energia renovável para as quais se tem o domínio tecnológico necessário, bem como as condições para otimização de custos de produção e de impactos ambientais, mantendo-se progressivos avanços na escala da Matriz Energética como um todo. Neste sentido, o PDEE 2.007/2.016 aponta a projeção de que, ao final deste período de planejamento, ter-se-á uma participação de 77% de fontes renováveis em relação aos 23% previstos para fontes não-renováveis. Vale aqui observar que, conforme antes abordado, ao longo do período previsto no PDEE, a participação da fonte hidrelétrica na geração de energia variará de 81,2% a 75,3%, portanto, ainda predominantemente majoritária na matriz energética brasileira no horizonte de planejamento do referido Plano.

O PDEE 2.007/2.016 inclui também um análise comparativa das contribuições, em termos de CO₂ equivalente total, das diferentes fontes de geração de energia contempladas no Plano. Neste sentido, o **GRÁFICO 4.2.5-24** ilustra as contribuições da fonte predominantemente hidrelétrica de geração de energia prevista pelo PDEE para o período 2.007/2.016 em relação àquelas da participação de fontes termelétricas. Já o **GRÁFICO 4.2.5-25** permite a visualização das diferenças entre as diversas fontes termelétricas previstas no Plano, também em termos de emissões de CO₂ equivalente. Cabe aqui observar que, ao longo do horizonte de planejamento do PDEE, a predominância de geração termelétrica, de cerca de 50%, deverá ser de fonte de gás natural. Adicionalmente, no **GRÁFICO 4.2.5-26** observa-se que a integração dos atuais sistemas isolados de Manaus, Macapá e Acre-Rondônia possibilitará uma redução da ordem de 4 a 5 Mt nas emissões líquidas de CO₂.



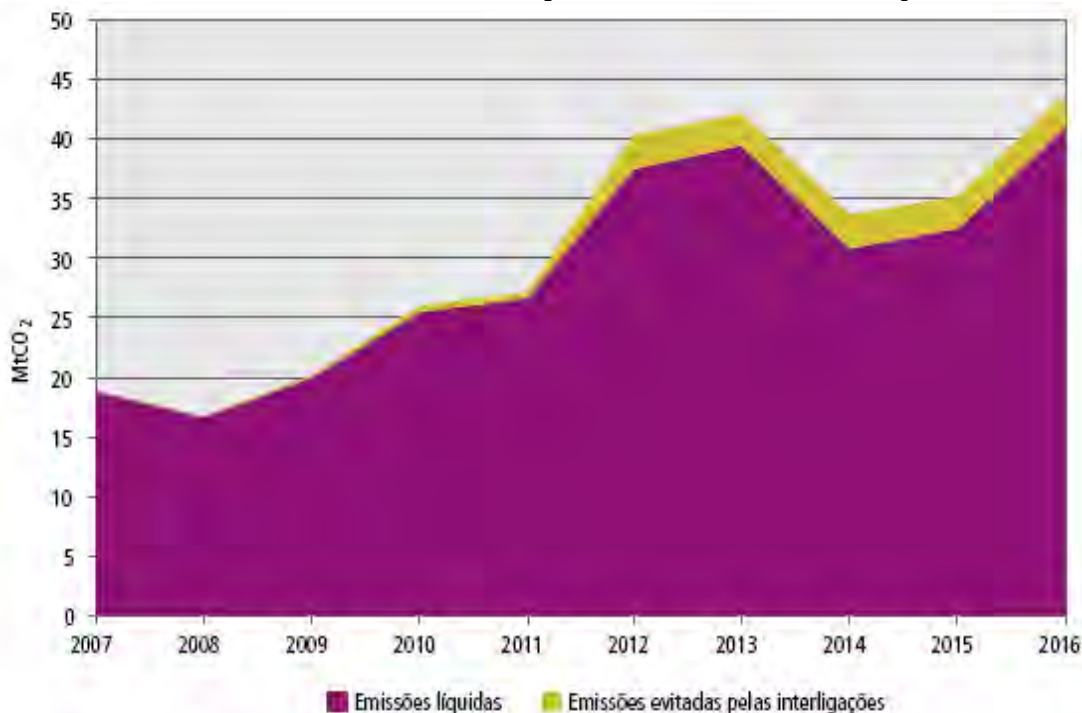
Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-24 - Sistema Planejado – Comparação das fontes Termelétrica e Hidrelétrica para as Emissões de CO₂ Equivalente Total



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-25 – Sistema Planejado – Contribuição das Diversas Fontes Termelétricas para as Emissões de CO₂ Equivalente Total



Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-26 – Sistema Planejado – Emissões Líquidas (Efeito de redução propiciado pela integração dos sistemas isolados de Manaus, Macapá e Acre-Rondônia)

É importante observar que os resultados e comentários aqui apresentados e constantes do PDEE 2.007/2.016 no tocante à comparação das contribuições, em termos de CO₂ equivalente total, das diferentes fontes de geração de energia contempladas na Matriz Energética Brasileira vêm ao encontro das conclusões tecidas nos Relatórios de Referência do “Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Emissões de Dióxido de Carbono e Metano pelos Reservatórios Hidrelétricos Brasileiros”, elaborado em 2.006 no âmbito de parceria técnica entre o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e o MCT.

No trabalho supracitado, elaborado conforme contrato celebrado entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a agência implementadora do Fundo Global para o Meio Ambiente, e a COPPE, com a interveniência da Fundação Universitária José Bonifácio (FUJB), no âmbito do Projeto BRA/95/G31³³, foram feitas medições, em dois regimes climatológicos distintos, de CO₂ e CH₄ nos reservatórios das UHEs Miranda, Barra Bonita, Segredo, Três Marias, Xingó, Samuel e Tucuruí, empregando-se, em todos, essencialmente a mesma metodologia, além de serem também considerados, nos estudos, dados adicionais das medições realizadas nos reservatórios das UHEs Itaipu e de Serra da Mesa. Dentre as conclusões obtidas, destaca-se que:

“Em termos gerais, pode-se dizer que o risco de emissões de gases de efeito estufa pode ser reduzido:

- *evitando-se a baixa densidade de potência na escolha dos reservatórios (W/m²);*
- *desmatando-se o reservatório antes da inundação (independentemente do ponto de vista econômico).*

Deste estudo também se pode concluir que a energia hidrelétrica não é uma fonte isenta de emissões atmosféricas, tal qual se afirmava em estudos ambientais da década de 70 e 80. O reservatório de uma hidrelétrica emite gases de origem biogênica, tais como o CO₂ e CH₄. Porém, os estudos comparados de emissão de gases da superfície do reservatório com as emissões de tecnologias de geração termelétrica mostram que, na maioria dos casos analisados, as hidrelétricas apresentaram resultados melhores, demonstrando que em termos comparativos são uma solução viável de abatimento das emissões na geração” (grifo nosso).

Verifica-se, assim, que a interligação ao SIN prevista no PDEE 2.007/2.016 efetivamente deverá propiciar uma redução, em termos de emissões de CO₂ equivalente total, em relação a uma eventual manutenção dos sistemas isolados de Manaus, Macapá e Acre-Rondônia, sendo benéfica, portanto, à Matriz Energética Brasileira também em termos de minimização deste tipo de impacto ambiental.

Por fim, e ainda reiterando o que consta do PDEE 2.007/2.016, há que se observar que dentre as fontes de energia renovável, a fonte eólica é a única com grande potencial natural para atender parte da demanda de energia elétrica. No entanto, embora hoje se disponha de domínio tecnológico para produção de energia eólica, sua distribuição é concentrada em determinadas regiões do país, principalmente no Nordeste e no Sul, conforme visto, neste Capítulo do EIA, mais especificamente no subitem 4.2.5-2 (e4) . Neste sentido, o referido

³³ A COPPE contou ainda, para a elaboração do trabalho, com um contrato com a ELETROBRÁS, bem como com o apoio da CEMIG, COPEL, CHESF, ELETRONORTE e da CODEVASF.

Plano observa ainda que os projetos de geração de energia eólica, previstos para o futuro próximo, poderão demonstrar mais claramente sua capacidade de atender a demanda energética com custos de investimentos reduzidos pelo aumento da escala de produção e também por impactos ambientais mais restritos.

Assim, verifica-se que a geração hidráulica constitui uma fonte decisiva para a expansão do sistema elétrico brasileiro, sendo altamente atrativa e estratégica, tanto do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, uma vez que se trata de fonte renovável, cujos impactos socioambientais podem ser mitigados adequadamente.

f) AHE Belo Monte: Energia Hidráulica como Alternativa Tecnológica para Atendimento da Demanda de Energia Elétrica

Da capacidade instalada na configuração final do AHE Belo Monte, apenas parte de sua potência (5.500 MW) é considerada no horizonte do PDEE 2.007/2.016, já que a previsão de início de seu funcionamento, prevista no Plano, é a partir de 2.014, lembrando-se que as 20 máquinas projetadas para a potência instalada de 11.000 MW na Casa de Força Principal entrarão em operação, de forma unitária, a cada 3 meses.

Segundo os Estudos de Viabilidade realizados pela ELETROBRÁS/ ELETRONORTE, concluídos em fevereiro de 2002, a capacidade instalada no AHE Belo Monte corresponderá a 11.181,3 MW, com uma estimativa de energia firme equivalente a 4.719 MW médios anuais na Casa de Força Principal e 77 MW médios na Casa de Força Complementar, a um custo índice de instalação de R\$ 748/kW, incluídos os juros durante a construção.

A energia gerada neste aproveitamento é prevista como parte do esforço de acréscimo da capacidade instalada do SIN, devendo a energia gerada ser transportada, além dos centros consumidores do Norte, em sua maior parte para os grandes centros consumidores do Nordeste e Sudeste/Centro-Oeste, que concentram o déficit atual e previsto, com seu potencial hidrelétrico competitivo já praticamente todo explorado. A **FIGURA 4.2.5-4** ilustra esta configuração de distribuição da energia a ser gerada pelo AHE Belo Monte.

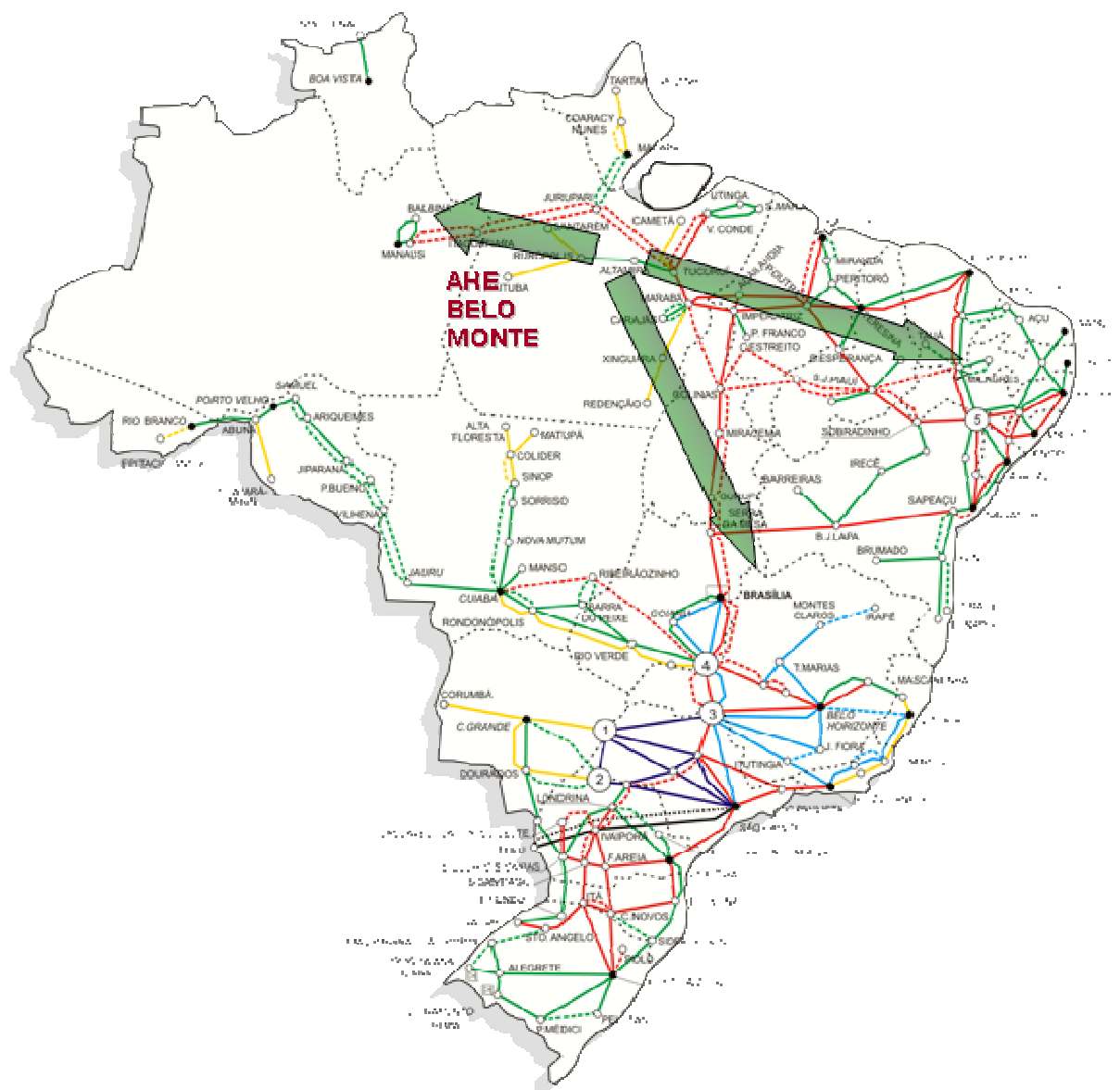


FIGURA 4.2.5-4 – Mercados a serem supridos pela energia gerada pelo AHE Belo Monte

Além disso, o empreendimento deverá melhorar a confiabilidade do suprimento de energia na região de Altamira mediante a construção de uma linha de transmissão a partir da usina complementar, disponibilizando a energia gerada na Casa de Força Complementar ao SIN através da SE Altamira, já existente, interligada ao referido Sistema Elétrico.

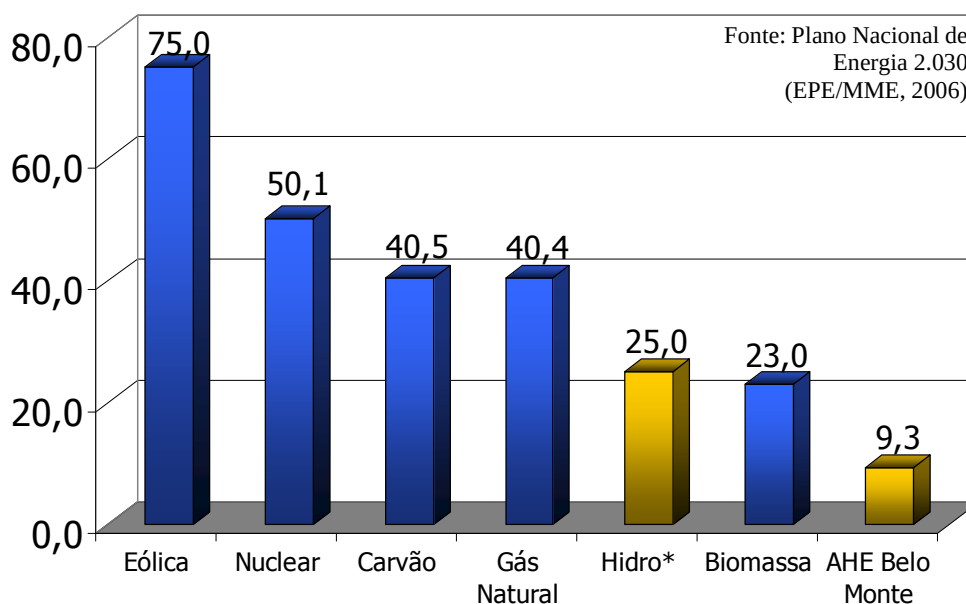
Além da contribuição energética em termos absolutos, segundo o PDEE 2.007/2.016, a integração do AHE Belo Monte ao cenário energético nacional terá um custo altamente competitivo (R\$ 27/MWh sem o sistema de transmissão associado e R\$ 45/MWh com o sistema de transmissão), caracterizando o AHE Belo Monte como o empreendimento elétrico a ser implantado com o menor custo de geração do sistema elétrico brasileiro no horizonte de longo prazo.

Na hipótese de não ser implantado o AHE Belo Monte, o Plano aponta que o atendimento da demanda energética deverá ser atendido por outras fontes geradoras de energia. A título de comparação, a energia gerada no AHE Belo Monte equivaleria, conforme informações fornecidas pela ELETROBRÁS, a:

- 100 milhões de painéis de 100 W, 110 milhões de baterias e uma área ocupada de 200 km², com um custo cerca de 20 vezes superior àquele associado ao AHE Belo Monte;
- 19 usinas térmicas a gás natural de 500 MW cada, equivalentes, com um volume de gás associado de 42 milhões m³ gás/dia;
- 8 usinas nucleares equivalentes à Angra 2; ou
- 30 usinas hidrelétricas com potência superior a 100 MW, de forma a compor uma potência instalada de 10.624 MW

Vale ainda ressaltar a vantagem competitiva do AHE Belo Monte em termos de modicidade tarifária comparativamente a outras fontes de energia, inclusive aquela advinda de outras hidrelétricas, conforme indicado no **GRÁFICO 4.2.5-27**. Pelos dados constantes do Plano Nacional de Energia 2.030 (MME/EPE, 2006), verifica-se uma tarifa de 9,3 US\$/MWh para a energia gerada pelo AHE Belo Monte.

US\$/MWh



Taxa de desconto: 8% ao ano; custo na barra da usina

* Valor mínimo

GRÁFICO 4.2.5-27 – Comparação entre modicidade tarifária para diferentes fontes de energia e o AHE Belo Monte

Diante desses dados, os estudos realizados justificam a proposição do empreendimento com os seguintes argumentos sobre sua viabilidade técnica e econômica:

- É elevada a competitividade econômica do AHE Belo Monte no contexto do mercado de energia nacional do sistema interligado, devido ao baixo custo de geração incluindo o sistema de transmissão;
- A defasagem temporal entre os regimes hidrológicos da bacia do rio Xingu e rios de outras regiões do país permite uma otimização do sistema interligado com a introdução da geração do AHE Belo Monte, através do armazenamento de água nos reservatórios das usinas das regiões Sul e Sudeste no período em que grandes blocos de energia estarão sendo gerados pelo AHE Belo Monte; e
- Independência de outros aproveitamentos na bacia do rio Xingu para sua viabilidade econômica, ou seja, a motorização em torno de 11.000 MW, para geração de potência firme de 4.719 MW médios, está viabilizada economicamente sem qualquer necessidade de regularização a montante e considerando a geração a fio d'água (sem modulação de ponta). Neste sentido, vale ressaltar que tanto a Atualização dos Estudos de Inventário da Bacia do rio Xingu como a resolução recente do CNPE indicam que o AHE Belo Monte será o único empreendimento a ser implantado no rio Xingu, o que ratifica a viabilidade técnico-econômica do mesmo independente de outros empreendimentos na bacia.

Os dois últimos pontos supracitados estão relacionados com a defasagem entre o período de cheias da bacia do rio Xingu em relação às demais bacias hidrográficas brasileiras. No caso do rio Xingu, enquanto as vazões mais altas ocorrem no trimestre março-abril-maio, nos rios das regiões Sudeste, Sul e Nordeste, elas ocorrem com antecedência de três a dois meses, ou seja, no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro. Esta defasagem, quando aproveitada pelo SIN, proporcionará um acúmulo de água nos reservatórios das regiões Sudeste e Nordeste, cujas usinas poderão gerar menos energia enquanto o AHE Belo Monte gerará com sua plena carga durante a cheia. Assim, os reservatórios das regiões Sudeste e Nordeste poderão manter-se com níveis mais elevados para fornecer energia no período seco, aumentando a confiabilidade global do SIN.

Tais condições mantêm a atratividade econômica do AHE Belo Monte, independentemente dos barramentos a montante, estudados nas décadas de 70 e 80. Neste sentido, a partir da década de 90 os estudos de viabilidade econômica do AHE Belo Monte apoiaram-se exclusivamente na geração de grandes blocos de energia durante o período de cheias do rio Xingu e, deste modo, o único benefício energético considerado para o dimensionamento do empreendimento foi a energia firme gerada sem qualquer regularização a montante e com operação a fio d'água (sem modulação de ponta).

São estas características que fazem com que o AHE Belo Monte se destaque por apresentar uma dos menores índices de área alagada por potência instalada ($0,04 \text{ km}^2/\text{MW}$) dentre os aproveitamentos hidrelétricos existentes e projetados no Brasil (vide **QUADRO 4.2.5-5**)

QUADRO 4.2.5-5

Sistema existente e Planejado – Relação média de área alagada por potência instalada

UHES	km²/MW
Existentes	0,51
Planejadas (média das que foram analisadas – ciclo 2007/2016)	0,29
<i>Aproveitamentos individuais</i>	
Belo Monte	0,04
Jirau	0,08
Santo Antônio	0,09

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

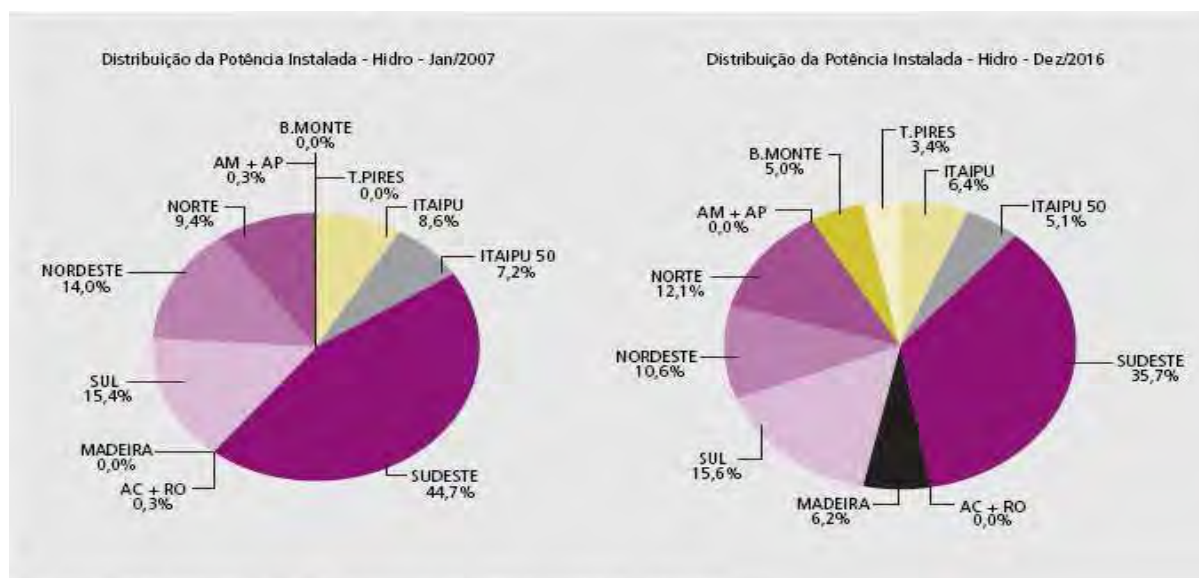
Há ainda que se ressaltar que tal relação média de área alagada por potência instalada mantém-se considerando a alteração no total da área inundada (516 km², no lugar de 440 km²) mencionada anteriormente neste EIA (Capítulo 4, item 4.2.4.2 (a1) em função da evolução na base cartográfica considerada para os estudos ambientais em tela.

Por fim, observa-se que um empreendimento do porte do AHE Belo Monte reveste-se de um caráter de alavancagem econômica para a região onde o mesmo estará inserido, não só em termos dos benefícios advindos da arrecadação tributária decorrente de sua implantação e operação, como também no tocante a poder se transformar em fator indutor de desenvolvimento regional, a depender do rol de planos, programas e projetos ambientais atrelados obrigatoriamente à sua implementação. Neste sentido, vale destacar não só aqueles de cunho socioeconômico direcionados para treinamento e capacitação de mão-de-obra, fortalecimento institucional das prefeituras de sua Área de Influência Direta e Diretamente Afetada, aprimoramento das condições de infra-estrutura básica de serviços e desenvolvimento de novas atividades econômicas – incluindo a formação e o fortalecimento de cadeia de fornecedores locais para as obras; há também que se considerar que o AHE Belo Monte poderá introduzir, em especial nos seus espaços geográficos de influência direta, por meio de decisões atreladas ao seu processo de licenciamento ambiental, ações voltadas para a conservação ambiental de áreas florestadas que ainda não se encontram hoje degradadas por interferências antrópicas - com destaque para o desmatamento -, mas que poderão sofrer riscos de ameaças derivadas de ocupação futura para implantação de reassentamentos e de áreas de pastagem, ameaças estas que independem do cenário prognóstico de implantação deste AHE.

g) Mercado a ser Atendido pelo AHE Belo Monte

A energia produzida pelo AHE Belo Monte destina-se ao mercado local e nacional, mediante sua interligação ao sistema brasileiro de geração e transmissão de energia elétrica.

Os percentuais de participação de cada subsistema na capacidade instalada hidrelétrica no início (janeiro/2.007) e no final (dezembro/2.016) do horizonte decenal considerados no PDEE 2.007/2.016 são apresentados no **GRÁFICO 4.2.5-28**. Um destes subsistemas é o de Belo Monte, que representará 5% da potência instalada das usinas hidrelétricas em 2.016 (1ª etapa de motorização).



Obs. - Considerada a importação de Itaipu proveniente da potência contratada ao Paraguai.

Fonte: PDEE 2007/2016, EPE 2007

GRÁFICO 4.2.5-28 – Distribuição da capacidade instalada hidrelétrica por subsistemas

Esta configuração da capacidade instalada demonstra o caráter estratégico do AHE Belo Monte para a expansão do setor elétrico nacional, consubstanciado na Resolução N° 2, de 17/09/01, do CNPE.

A Resolução supracitada ressalta os aspectos relativos à integração do empreendimento em pauta no sistema interligado, aos impactos de sua operação no parque gerador nacional e à confiabilidade da rede básica face ao sistema de transmissão associado. Além disto, destaca, em seu artigo 2°, a importância de uma participação multi-institucional (Ministérios de Minas e Energia, do Meio Ambiente, do Planejamento, Orçamento e Gestão, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, da Agência Nacional de Energia Elétrica e da Agência Nacional de Águas) na análise de seus impactos socioambientais, uso múltiplo das águas e de sua relação com o desenvolvimento econômico e social na região.

Finalmente, cabe ressaltar que também os Estudos de Viabilidade concluídos pela ELETROBRÁS/ELETRONORTE em fevereiro de 2002, que já consideravam a configuração do projeto atualmente proposta, apontaram a importância do adequado tratamento das questões socioambientais para a viabilização do AHE Belo Monte, destacando-se as questões ambientais amazônicas, bem como aquelas de desigualdade econômica regional.

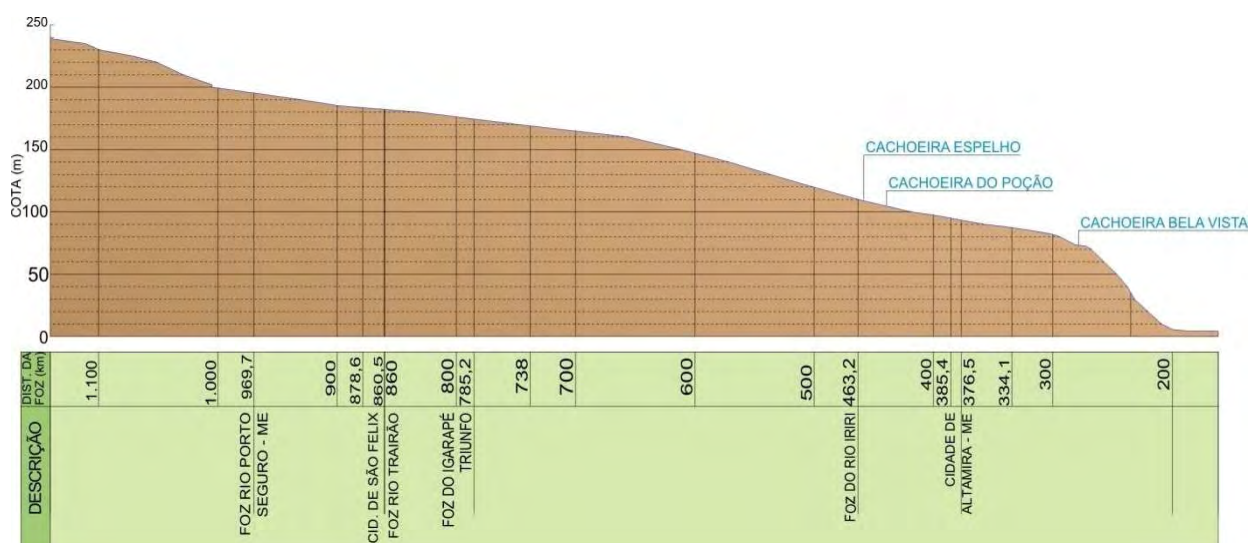
4.2.5.1 Alternativas Locacionais

Conforme abordado anteriormente neste capítulo, o AHE Belo Monte vem sendo estudado desde a década de 70, quando começaram a ser consideradas diversas alternativas para localização de aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio Xingu (partição de queda).

Como se poderá constatar a seguir, ao longo dessas décadas muitas foram as alterações concebidas para reduzir os impactos socioambientais associados à implantação e operação do empreendimento em pauta. A presente análise trata de sintetizar as evoluções relativas à localização e configuração do projeto, apresentando as principais alternativas estudadas.

Para melhor se acompanhar a descrição e avaliação das alternativas locacionais contempladas ao longo dos estudos realizados, há que explicitar, previamente, o perfil do rio Xingu, no qual podem ser caracterizados quatro segmentos distintos, conforme pode ser visualizado na FIGURA 4.2.5-5.

O primeiro segmento corresponde ao seu baixo curso, se estendendo desde a confluência com o rio Amazonas, em Porto de Moz, até o km 200. O segundo, entre os quilômetros 200 e 280, caracterizando o desnível da Volta Grande do Xingu. O terceiro, do km 280 até o km 1.000, no qual o rio desenvolve o seu trecho de declividade média, com uma inflexão no km 660. O quarto, a partir do km 1.000, onde tem início o trecho alto do rio Xingu.



Fonte: Atualização do Inventário da Bacia Hidrográfica do rio Xingu, Volume I - ELETROBRÁS/ARCADIS TETRPLAN/ENGEVIX/INTERTECHNE, Setembro 2.007

FIGURA 4.2.5-5 – Perfil do rio Xingu

a) Histórico dos Estudos Locacionais

O **QUADRO 4.2.5-6** apresenta a cronologia dos principais eventos associados ao AHE Belo Monte, que serão descritos sinteticamente adiante. Esta cronologia começa com os Estudos de Inventário do rio Xingu, passa pelo Estudo de Viabilidade da UHE Kararaô e, posteriormente, pela revisão da concepção do empreendimento com a elaboração dos Estudos de Viabilidade de Engenharia do AHE Belo Monte, até chegar à Atualização do Inventário da Bacia Hidrográfica do rio Xingu.

Ao longo dessa trajetória, podem ser verificadas as modificações ocorridas na concepção de aproveitamento hidrelétrico do rio Xingu, previsto inicialmente em uma sequência de partição de quedas, mas que passa, a partir da década de 90, a ser projetado como um aproveitamento único situado no trecho de maior potencial hidrelétrico da bacia. Esta configuração reflete, por um lado, a influência de questões socioambientais e, por outro lado, a consolidação do SIN a garantir tanto a viabilidade econômica do AHE Belo Monte como a gestão otimizada da infraestrutura brasileira de geração de energia hidrelétrica.

QUADRO 4.2.5-6

Síntese da Cronologia de Estudos Locacionais do AHE Belo Monte

Evento	Agente	Data
Conclusão dos Estudos de Inventário da Bacia Hidrográfica do rio Xingu	ELETRONORTE	Janeiro de 1980
Início dos Estudos de Viabilidade do Complexo Altamira (eixos de Babaquara e Kararaô)	ELETRONORTE	meados de 1980
Reorientação dos Estudos de Viabilidade do Complexo Altamira com ênfase para a UHE Kararaô	ELETRONORTE	Setembro de 1986
Estudos de avaliação de interligação dos sistemas Norte / Nordeste com o Sul / Sudeste	ELETROBRÁS	Setembro de 1986
Aprovação do Relatório Final dos Estudos de Inventário (ou Estudos Xingu)	DNAEE	Março de 1988
Conclusão dos Estudos de Viabilidade do Aproveitamento Hidrelétrico de Kararaô	ELETRONORTE	Outubro de 1989
Criação do Grupo de Trabalho Belo Monte para atualizar e complementar os estudos de viabilidade da UHE Belo Monte	ELETROBRÁS, DNAEE e ELETRONORTE	Novembro de 1994
Proposição de modificação do arranjo da UHE Belo Monte – denominado Alternativa de Montante	ELETRONORTE	Novembro de 1994
Relatório Final do Grupo de Trabalho Belo Monte com proposições e recomendações sobre o que deveria ser estudado e os custos associados	ELETROBRÁS, DNAEE e ELETRONORTE	Junho de 1995
Proposição de retomada dos estudos da UHE Belo Monte – Alternativa de Montante	ELETRONORTE e ELETROBRÁS	Outubro de 1999
Autorização da retomada dos Estudos de Viabilidade da UHE Belo Monte	ANEEL	fevereiro de 1999
Início dos Estudos de Viabilidade da Alternativa de Montante e do EIA e RIMA para obtenção da Licença Prévia	ELETRONORTE e ELETROBRÁS	Agosto de 2000
Revisão dos Estudos de Viabilidade e elaboração de novo EIA e RIMA para obtenção da Licença Prévia	ELETROBRÁS	Janeiro de 2006 Fevereiro de 2009
Protocolo na ANEEL da Atualização dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu	ELETROBRÁS	Outubro de 2007
Aprovação pela ANEEL dos Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu, no trecho referente ao aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte. Despacho nº 2756, com a aprovação do estudo publicado em 28/07/08 no Diário Oficial da União	ANEEL	Julho de 2008

b) Estudos de Inventário do rio Xingu

A escolha de alternativas locacionais para o AHE Belo Monte tem como marco inicial os Estudos de Inventário do rio Xingu, iniciados em 1.975 pela ELETRONORTE. Também denominado de "Estudos Xingu", o relatório final foi concluído em 1.980, mas só foi formalmente aprovado pelo DNAEE em março de 1.988. As principais conclusões e recomendações desse documento são:

- Definição de duas alternativas de divisões de queda, sendo que ambas tinham um aproveitamento hidrelétrico com características comuns, denominado à época de UHE Kararaô (a atual Belo Monte);
- Possibilidade de exportação da maior parte da energia gerada na Amazônia e, particularmente, na bacia do rio Xingu para abastecer os grandes centros consumidores do país, mediante a interligação por linhas de transmissão;
- Regras operacionais dos reservatórios deveriam ser desenvolvidas através de simulação hidroenergética, explorando as características sazonais bastante regulares do regime hidrológico do rio Xingu, visando o uso múltiplo dos aproveitamentos e considerando os aspectos ecológicos envolvidos; e
- Consideração, nesses estudos, do grau de diversidade hidrológica existente entre as diferentes regiões do país, visando, em última análise, detectar as interligações elétricas que seriam mais vantajosas.

Em uma primeira etapa, os estudos de inventário do potencial de exploração energética examinaram todos os possíveis barramentos na bacia hidrográfica em questão. Foram identificados inicialmente 47 locais, mas apenas uma parte desses foi inventariada após uma série de análises realizadas no decorrer dos estudos. Tais análises foram sempre norteadas pelos critérios de inventário pré-estabelecidos, dentre os quais se destacam:

- Inventariar somente os locais que apresentassem condições para a instalação de potências superiores a 200 MW;
- Minimizar as interferências com reservas indígenas, com a cidade de Altamira e com estradas federais; e
- Considerar e avaliar as implicações com áreas de potencial interesse mineral.

Assim, em função desses critérios, foram por fim estudados 14 locais no rio Xingu, de jusante para montante, denominados: Kararaô, Cachoeira Grande, Juruá, Koatinema, Babaquara, Araras, Carajás, Ipixuna, Kaiapó, Kokraimoro, Gorotire e Jarina, bem como um local no rio Iri, denominado Iri.

Ao final de comparações técnicas e econômicas, os estudos concluíram por um conjunto de 6 aproveitamentos (Alternativa "A" de partição de queda), cujas principais características estão sumarizadas no **QUADRO 4.2.5-7**.

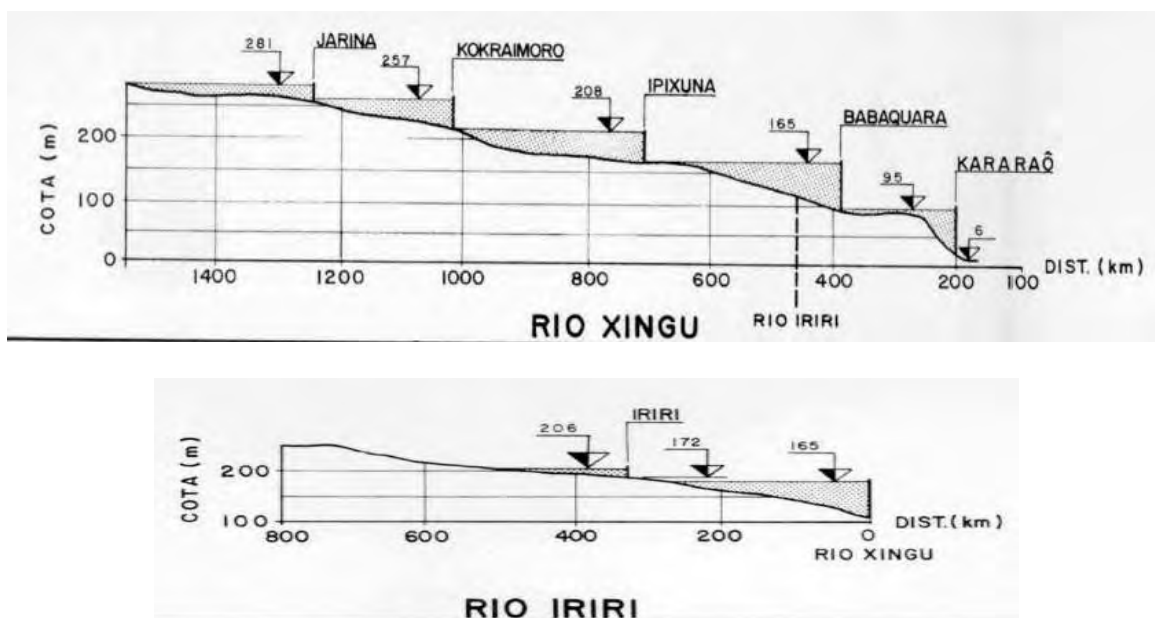
QUADRO 4.2.5-7

Inventário do rio Xingu – Características dos Aproveitamentos Selecionados – Alternativa A

Rio	Aproveitamento	NA (m)	Área (km ²)	Pot. Inst. (MW)
	Jarina	281,0	1.900	558,72
	Kokraimoro	257,0	1.770	1940
Xingu	Ipixuna	208,0	3.270	2.312,48
	Babaquara	165,0	6.140	6.273,96
	Kararaô	95,0	1.160	8.380,80
Iri	Iri	206,0	4.060	909,86

Fonte: Relatório Final dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do rio Xingu – ELETRONORTE/CNEC, 1980

Na partição de queda do rio Xingu, a configuração desses aproveitamentos pode ser visualizada na **FIGURA 4.2.5-6**, a seguir:

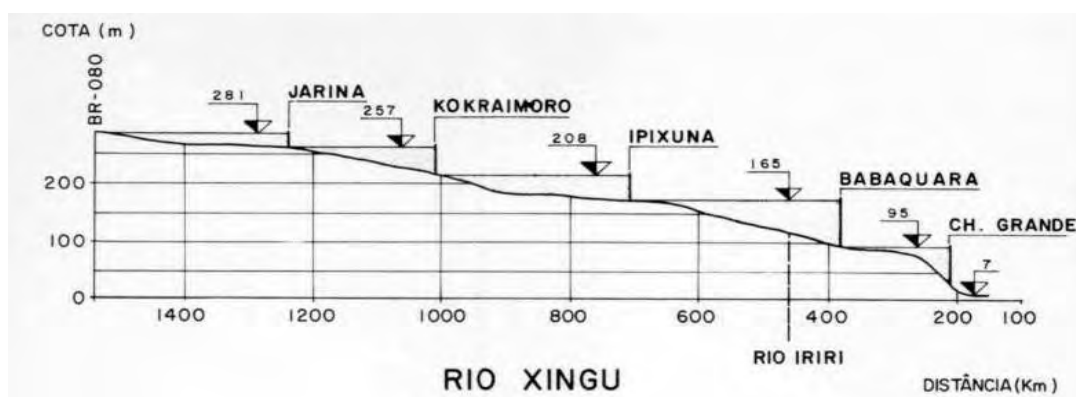


Fonte: Relatório Final dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do rio Xingu – ELETRONORTE/CNEC, 1980

FIGURA 4.2.5-6 – Partição de Queda do rio Xingu e do rio Iri, afluente do rio Xingu

Ressalta-se que o eixo do aproveitamento Kararaô, no rio Xingu, encontrava-se no sítio denominado Juruá. Deste modo, seu reservatório incluía parte do rio Bacajá, afluente da margem direita do rio Xingu.

Não obstante se tivesse optado, na primeira fase dos estudos preliminares, por Kararaô para o aproveitamento a jusante de Babaquara, procedeu-se, numa segunda etapa dos Estudos de Inventário, à pesquisa de soluções alternativas, visto ter sido constatada a possibilidade de implantação do aproveitamento de Cachoeira Grande (NA Máximo Normal na cota 95,0 m), após efetuar a complementação da restituição aerofotogramétrica na região da Volta Grande. Neste caso, a partição de queda do rio Xingu assumiria a configuração apresentada na **FIGURA 4.2.5-7**, a seguir.



Fonte: Relatório Final dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do rio Xingu – ELETRONORTE/CNEC, 1980

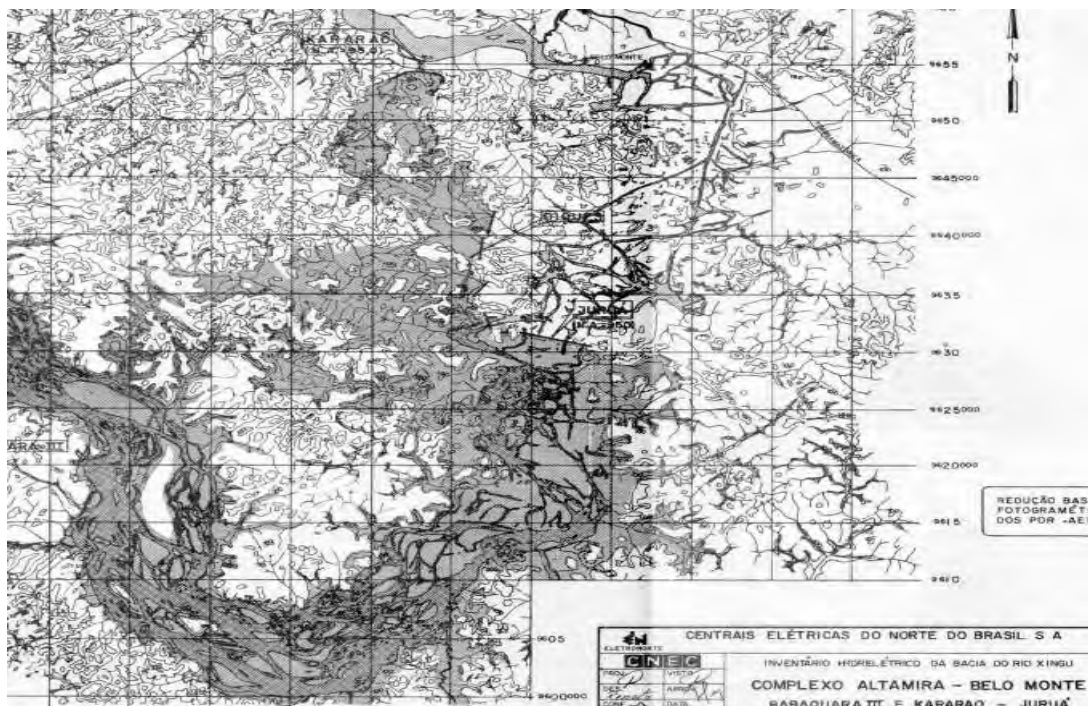
FIGURA 4.2.5-7 – Partição de queda do rio Xingu com o aproveitamento de Cachoeira Grande a jusante de Babaquara

Com o eixo do aproveitamento Cachoeira Grande posicionado já no trecho final da Volta Grande do rio Xingu, logo a montante da localidade de Belo Monte, o reservatório assumia proporções ainda maiores que o de Kararaô, tal como se pode verificar nas **FIGURA 4.2.5-8** e **FIGURA 4.2.5-9**.

Considerando o NA Máximo Normal de Babaquara na cota 165,0 m, verificou-se que o custo do Complexo Altamira com Kararaô apresentou um valor total cerca de 8% inferior àquele com a alternativa Cachoeira Grande, potências praticamente idênticas e o custo índice também cerca de 9% inferior, admitindo-se a operação isolada do Complexo e o Complexo inserido no rio desenvolvido.

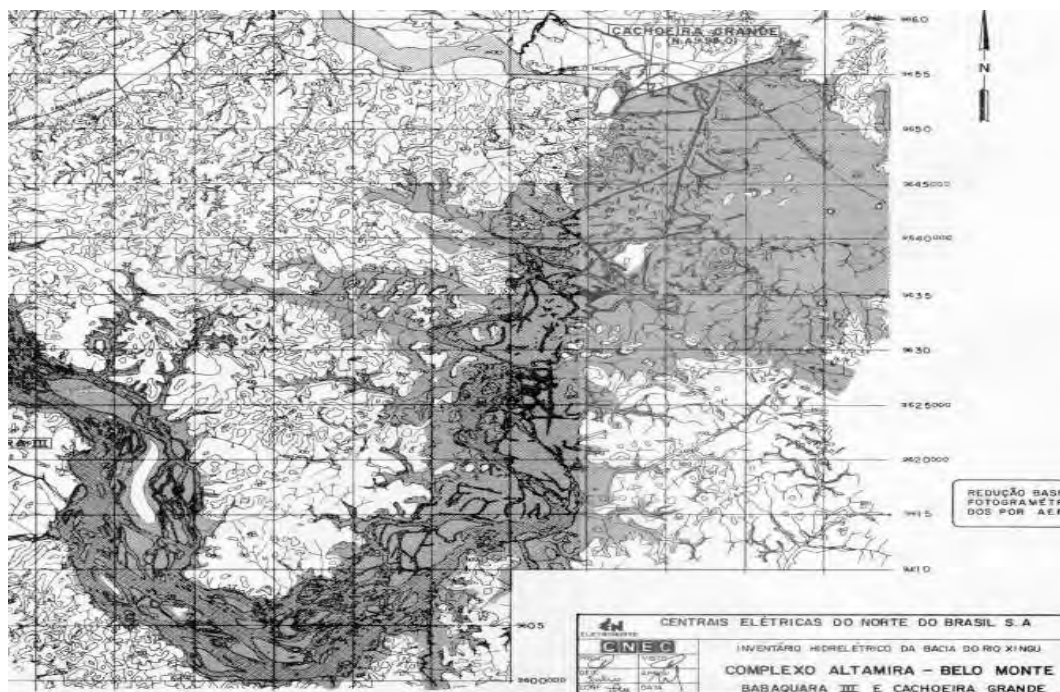
Uma vez que as usinas de Babaquara e Kararaô representavam 70% do potencial de energia firme da bacia do rio Xingu, esses aproveitamentos foram definidos como prioritários em relação aos demais inventariados. Além disso, haja vista a função de Babaquara como aproveitamento regularizador das vazões, sua implantação deveria ocorrer em primeiro lugar e, somente depois, ser implantada a UHE Kararaô.

Diante dessas recomendações contidas nos "Estudos Xingu", a ELETRONORTE iniciou, em 1980, os Estudos de Viabilidade do denominado Complexo Hidrelétrico de Altamira, composto pelos aproveitamentos de Babaquara e Kararaô.



Fonte: Relatório Final dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do rio Xingu – ELETRONORTE/CNEC, 1980

FIGURA 4.2.5-8 – Reservatório do Aproveitamento de Kararaô a Jusante de Babaquara, que inclui parte do rio Bacajá



Fonte: Relatório final dos estudos de inventário hidrelétrico da bacia hidrográfica do rio xingu – ELETRONORTE/CNEC, 1980

FIGURA 4.2.5-9 – Reservatório do Aproveitamento de Cachoeira Grande a Jusante de Babaquara

b.1) Análise Ambiental Comparativa das Alternativas Locacionais Contempladas para a Volta Grande do rio Xingu

Como já mencionado, o Estudo de Inventário realizado na bacia do rio Xingu indicou o local do aproveitamento da então UHE Kararaô, além de mais quatro barramentos a montante no rio Xingu, cuja função era de regularizar as vazões do rio e favorecer o aproveitamento do potencial hidrelétrico total da bacia. Assim, numa primeira etapa, seria construído o denominado Complexo Altamira, composto pelas UHE Kararaô e UHE Babaquara, esta última projetada para montante de Altamira. Posteriormente, as usinas de Ipixuna, Krokaimoro e Jarina seriam construídas, sendo essas previstas para o rio Xingu a montante da UHE Babaquara.

Visto que o projeto da UHE Kararaô foi evoluindo técnica e ambientalmente ao longo do tempo até chegar-se à atual concepção do AHE Belo Monte, a presente análise somente abordará as alternativas estudadas para a Volta Grande do rio Xingu, onde se previu inicialmente a UHE Kararaô.

Na seleção dos sítios para as estruturas dos aproveitamentos hidrelétricos, os aspectos geológico-geotécnicos tiveram grande importância na comparação das alternativas. Dentre oito alternativas locacionais para geração de energia na Volta Grande do rio Xingu, foram selecionadas três com as seguintes denominações: (a) Kararaô III – Koatinema II; (b) Cachoeira Grande – Piranga; e (c) Kararaô V – Juruá.

Os eixos dos barramentos e a localização das Casas de Força associadas a cada uma dessas alternativas podem ser visualizados na **FIGURA 4.2.5-10**, sendo que as linhas gerais de sua concepção são a seguir sumarizadas:

- Alternativa Kararaô III – Koatinema II: a barragem e o sistema de extravasão localizar-se-iam no chamado eixo Koatinema II, 25 km a jusante de Altamira, com um reservatório com área de 314 km² com NA Máximo Normal na El. 95,0 m, propiciando o desvio do rio Xingu em direção ao eixo Kararaô III, onde seriam implantadas, também na El. 95,0 m, a Tomada d'Água e a Casa de Força. A potência instalada na usina seria de 7.450 MW.
- Alternativa Cachoeira Grande – Piranga: propiciaria a divisão de queda em dois aproveitamentos distintos, em cascata, compostos por duas barragens e usinas situadas no leito do rio Xingu – Cachoeira Grande com reservatório com NA Máximo Normal na El. 95,0 m e Piranga com reservatório com NA Máximo Normal na El. 57,0 m. Os dois reservatórios, em conjunto, somariam uma área de inundação de 1.270 km² e o aproveitamento de uma potência instalada total de 7.859 MW.
- Alternativa Kararaô V – Juruá: a barragem e o órgão extravasor localizar-se-iam no chamado eixo Juruá, formando reservatório com NA Máximo Normal na El. 95,0 m e área inundada de 1.225 km²; a Tomada d'Água e a Casa de Força seriam implantadas no eixo Kararaô V, também na El. 95,0 m, propiciando uma potência instalada de 7.863MW.

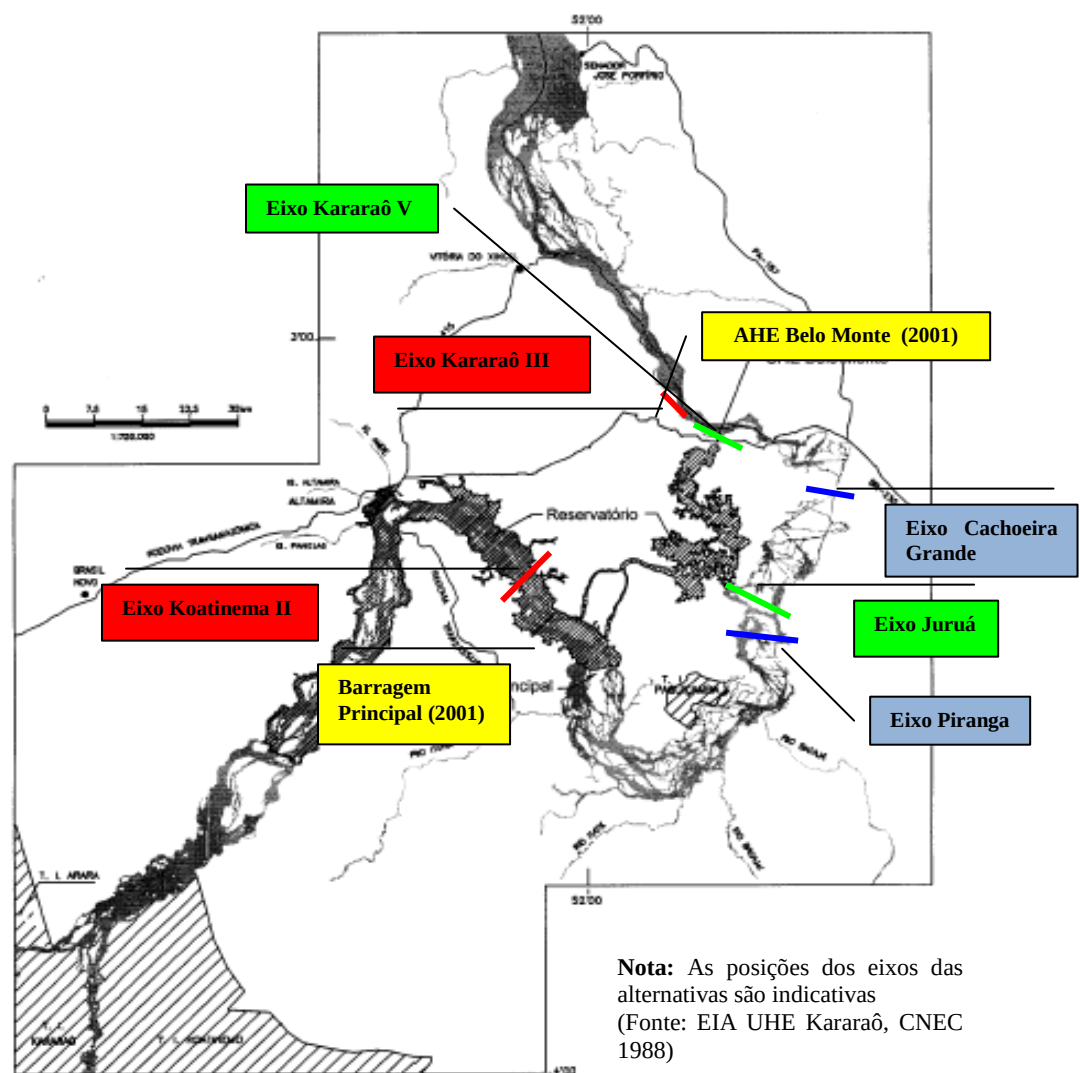


FIGURA 4.2.5-10 – Alternativas resultantes do inventário para a Volta Grande do rio Xingu

A configuração composta pela Barragem de Koatinema (I e II) e geração no local Kararaô (I, II ou III) apresentava as obras principalmente nos domínios da Bacia Sedimentar do Amazonas, onde ocorrem unicamente rochas paleozóicas com baixa resistência ao cisalhamento e alta deformabilidade, não sendo, portanto, aconselháveis para fundação de estruturas de concreto de grande porte.

Os estudos prosseguiram com o objetivo de identificar um local mais adequado, do ponto de vista geológico-geotécnico, à implantação das estruturas civis. Esta meta foi atingida, localizando-se a usina a sudeste das posições anteriormente aventadas, agora sobre rochas do embasamento cristalino, com excelentes características geomecânicas e grande potencial para obtenção de material para agregado e enrocamento. Este local foi denominado Kararaô V (vide **FIGURA 4.2.5-10**).

Assim como para os eixos Kararaô I, II e III, a implantação das estruturas de geração em Kararaô V requeria o estabelecimento de uma barragem com órgão extravasor posicionado no leito do rio Xingu, de modo a propiciar o alteamento do nível d'água e a conseqüente derivação das águas para a geração. Para tanto, levando em conta a topografia e o domínio das

rochas cristalinas, identificou-se um novo local para o posicionamento da barragem e do órgão extravasor, situado a jusante de Koatinema II e denominado Juruá (vide **FIGURA 4.2.5-10**).

Ainda à época da proposição e da comparação dessas alternativas, estudos socioeconômicos e físico-territoriais foram desenvolvidos e permitiram a incorporação de critérios ambientais na seleção da alternativa locacional para o aproveitamento hidrelétrico. De acordo com EIA da UHE Kararaô (CNEC, 1988), os fatores ambientais contemplados na análise comparativa encontram-se sumarizados no **QUADRO 4.2.5-8**. A este respeito, deve ser observado que, a despeito de os quantitativos apresentados estarem desatualizados, dado que se referenciam aos estudos ambientais realizados em 1988, a função de os mesmos subsidiarem uma comparação entre os impactos associados a cada alternativa não se altera substancialmente, daí terem sido aqui utilizados para respaldar as conclusões apresentadas neste item.

Devem ser ressaltados, primeiramente, os aspectos de maior relevância que diferenciam e/ou tornam semelhantes as concepções de aproveitamento, dependendo da ótica de análise:

- Todas as alternativas apresentavam o mesmo NA Máximo Normal para os reservatórios formados, independente de sua dimensão. Como todos os barramentos estariam localizados a jusante da cidade de Altamira, o número de propriedades urbanas afetadas seria o mesmo, independente da alternativa analisada, se desconsiderados diferentes efeitos de remanso na cidade de Altamira decorrentes das diversas alternativas de reservatório conseqüentes do posicionamento dos barramentos a jusante da cidade. Da mesma forma, e agora considerando fatores afetos à inserção regional do empreendimento, a cidade de Altamira, a par da alternativa contemplada, sofreria impactos de magnitudes equivalentes relativos a fatores de atratividade de mão-de-obra, pressões sobre infra-estrutura de serviços e alterações na qualidade de vida, dentre outros de caráter socioeconômico.
- A mesma observação feita anteriormente relativa às questões ligadas ao núcleo urbano, à parte daquela referente ao grau de afetação direta de propriedades pela formação de reservatórios, é válida para a localidade de Belo Monte, próxima também às estruturas de geração de qualquer uma das alternativas antevistas e, conseqüentemente, sujeita a todos os impactos inerentes à fase de construção do empreendimento, inclusive da infra-estrutura necessária às obras.
- As alternativas Koatinema II – Kararaô III e Juruá – Kararaô V guardam, em termos de concepção geral de aproveitamento, a semelhança de promover desvios no rio Xingu para redução da área dos reservatórios sem prejuízo da energia gerada, implicando a formação de trechos com redução de vazão. As diferenças entre elas dizem respeito às dimensões das áreas de inundação e dos trechos do rio Xingu submetidos à restrição de volume de água. A análise, portanto, dos impactos ambientais atrelados a essas duas alternativas em comparação àquela de barramentos em cascata (Cachoeira Grande – Piranga) não pode ser feita de uma forma simplista, desconsiderando-se esse importante fator, pois as características e as magnitudes de uma série de impactos serão nitidamente diferenciadas entre elas em função da mudança significativa de concepção de engenharia do empreendimento.

QUADRO 4.2.5-8

Quadro comparativo de fatores ambientais associados às alternativas locacionais de geração de energia hidrelétrica na Volta Grande do rio Xingu contempladas no Estudo de Inventário (1.980)

Continua

Compartimento	Fatores Ambientais	Koatinema II – Kararaô III (Pot. Instalada 7.450 MW)	Cachoeira Grande – Piranga (Pot. Instalada 7.859 MW)	Juruá – Kararaô V (Pot. Instalada 7.863 MW)
Reservatório	Número de Lotes Rurais Afetados	182	176	201
	- por alagamento	195	-	76
	- por falta de acesso			
	Nº de Famílias Afetadas Área Rural	224	264	292
	- por alagamento	215	-	83
	- por falta de acesso			
Reservatório	Nº de Famílias Afetadas Área Urbana (em Altamira – igarapés Ambé, Altamira e Panela)	1.060	1.060	1.060
	- por alagamento			
	Infra-estrutura Regional Afetada			
	- trecho alagado BR-230 (km)	88	41	35
	- trecho alagado estradas vicinais (km)	258	29	228
	- trecho alagado acesso aeroporto (km)	1	1	1
Reservatório	- alagamento porto Altamira	Sim	Sim	Sim
			- Registro de garimpagem intermitente entre Piranga e Cachoeira Grande	Não havia informações quanto às reservas minerais para o trecho afetado, à época dos estudos
	Inviabilização da exploração de recursos minerais	Não há	- Reservas não avaliadas no trecho entre Piranga e Cachoeira Grande, à época dos estudos	

Fonte: Modificado do EIA UHE Kararaô (CNEC, 1988)

QUADRO 4.2.5-8

Quadro Comparativo de Aspectos Ambientais Associados às Alternativas Locacionais de Geração de Energia Hidrelétrica na Volta Grande do Rio Xingu Contempladas no Estudo de Inventário (1980)

		continuação		
Compartimento	Fatores Ambientais	Koatinema II – Kararaô III (Pot. Instalada 7.450 MW)	Cachoeira Grande – Piranga (Pot. Instalada 7.859 MW)	Juruá – Kararaô V (Pot. Instalada 7.863 MW)
Reservatório (continuação)	Cobertura vegetal afetada	- 23% da área do reservatório dada como desmatada à época dos estudos - Vegetação remanescente composta por floresta densa submontana (maior volume comercial de madeira/ha) e floresta densa ciliar	- 4% da área dos reservatórios dada como desmatada à época dos estudos - Vegetação remanescente composta por floresta densa submontana (maior volume comercial de madeira/ha) e floresta densa ciliar	- 7% da área do reservatório desmatada à época dos estudos - Vegetação remanescente composta por floresta densa submontana (maior volume comercial de madeira/ha) e floresta densa ciliar
	Fauna silvestre terrestre	- Perda de habitats originais, com empobrecimento faunístico local em função do incremento das atividades antrópicas predatórias e da redução de área para manutenção de determinadas espécies, como os grandes carnívoros, que ficarão restritos às formações vegetais inalteradas	- Idem aos impactos descritos para a alternativa Koatinema II – Kararaô III, com maior magnitude em função das maiores dimensões dos reservatórios	- Idem aos impactos descritos para a alternativa Koatinema II – Kararaô III, com maior magnitude em função da maior dimensão do reservatório
	Ictiofauna	- Interrupção do fluxo gênico para montante a partir do barramento no eixo Koatinema II, com conseqüente isolamento das populações de peixes de jusante	- Interrupção do fluxo gênico para montante a partir dos barramento no eixo de Piranga, com conseqüente isolamento das populações de peixes de jusante	- Interrupção do fluxo gênico para montante da partir do barramento no eixo de Juruá, com conseqüente isolamento das populações de peixes de jusante

Fonte: Modificado do EIA UHE Kararaô (CNEC, 1988)

QUADRO 4.2.5-8

Quadro Comparativo de Aspectos Ambientais Associados às Alternativas Locacionais de Geração de Energia Hidrelétrica na Volta Grande do Rio Xingu Contempladas no Estudo de Inventário (1980)

continuação				
Compartimento	Fatores Ambientais	Koatinema II – Kararaô III (Pot. Instalada 7.450 MW)	Cachoeira Grande – Piranga (Pot. Instalada 7.859 MW)	Juruá – Kararaô V (Pot. Instalada 7.863 MW)
Trecho a jusante do barramento	Vegetação afetada	- Regressão das formações dependentes de ciclos anuais de exposição/inundação - Modificações significativas da composição florística da mata de várzea, com invasão das formações dominantes adjacentes - Restrição da vegetação colonizadora de praias e ilhas às zonas de acumulação de água no leito irregular do rio - Impactos diversificados sobre as matas de várzea ao longo dos principais tributários do rio Xingu no trecho submetido à redução de vazão (Bacajá, Bacajaí, Ituna e Itatuí), em função da interrupção do fluxo regular do rio Xingu	- Alguns dos impactos relatados para a alternativa Koatinema II – Kararaô III poderão ocorrer para esta alternativa, mas com área de abrangência e magnitude sensivelmente menores, em função da redução do trecho submetido à diminuição de vazão. Em compensação, os impactos sobre a vegetação afetada nos trechos apontados para a alternativa Koatinema II – Kararaô III serão de outra natureza, em função de verificar-se um alagamento do mesmo	- Alguns dos impactos relatados para a alternativa Koatinema II – Kararaô III poderão ocorrer para esta alternativa, mas com área de abrangência e magnitude sensivelmente menores, em função da redução do trecho submetido à diminuição de vazão. Em compensação, os impactos sobre a vegetação afetada nos trechos apontados para a alternativa Koatinema II – Kararaô III serão de outra natureza, em função de verificar-se um alagamento do mesmo

Fonte: Modificado do EIA UHE Kararaô, CNEC, 1988

QUADRO 4.2.5-8

Quadro Comparativo de Aspectos Ambientais Associados às Alternativas Locacionais de Geração de Energia Hidrelétrica na Volta Grande do Rio Xingu Contempladas no Estudo de Inventário (1980)

continuação				
Compartimento	Fatores Ambientais	Koatinema II – Kararaô III (Pot. Instalada 7.450 MW)	Cachoeira Grande – Piranga (Pot. Instalada 7.859 MW)	Juruá – Kararaô V (Pot. Instalada 7.863 MW)
Trecho a jusante do barramento (continuação)	Fauna silvestre terrestre	- Decréscimo das populações e eventual desaparecimento local de espécies restritas às formações de várzea e daquelas estreitamente dependentes das áreas marginais do rio	- Vide observações feitas para “vegetação afetada”	- Vide observações feitas para “vegetação afetada”
	Ictiofauna	- Sensíveis alterações na composição da fauna aquática em função da redução drástica do volume de água - Isolamento das populações de peixes, inclusive as do rio Bacajá, daquelas do restante do rio Xingu, em função do impedimento do fluxo gênico com a região de montante do barramento no eixo de Koatinema II - Alterações na composição da ictiofauna, em especial das espécies frugívoras, devido ao progressivo desaparecimento das várzeas	- Vide observações feitas para “vegetação afetada”	• Vide observações feitas para “vegetação afetada”

Fonte: Modificado do EIA UHE Kararaô, CNEC, 1988

QUADRO 4.2.5-8

Quadro Comparativo de Aspectos Ambientais Associados às Alternativas Locacionais de Geração de Energia Hidrelétrica na Volta Grande do Rio Xingu Contempladas no Estudo de Inventário (1980)

conclusão				
Compartmento	Fatores Ambientais	Koatinema II – Kararaô III (Pot. Instalada 7.450 MW)	Cachoeira Grande – Piranga (Pot. Instalada 7.859 MW)	Juruá – Kararaô V (Pot. Instalada 7.863 MW)
Trecho a jusante do barramento (continuação)	Populações ribeirinhas	- Impactos diferenciados devido à redução do fluxo normal do rio Xingu, fonte de alimento e via de transporte, com destaque para favorecimento das condições de isolamento em função da nova configuração espacial dos recursos hídricos	- Vide observações feitas para “vegetação afetada”	- Vide observações feitas para “vegetação afetada”
	Alagamento de áreas territoriais	- Não há alagamento	- Cerca de 10% do território são alagados	- Cerca de 10% do território são alagados
Área Indígena Paquichamba	Condições de isolamento e outros impactos sobre as condições de vida	- Válidos os mesmos impactos descritos para o compartimento “trecho a jusante do barramento” – fator ambiental “populações ribeirinhas”	- Os impactos serão decorrentes não de um isolamento específico, mas sim do alagamento de parte do território	- Os impactos serão decorrentes não de um isolamento específico, mas sim do alagamento de parte do território

Fonte: Modificado do EIA UHE Kararaô (CNEC, 1988)

Uma vez que a alternativa Koatinema II – Kararaô III apresentava problemas de viabilidade técnica (restrições geológico-geotécnicas), a comparação ambiental se deu efetivamente entre as outras duas alternativas. Segundo o documento "Usina Hidrelétrica de Kararaô – Estudo de Impacto Ambiental – 1988 – Vol. 1", ELETRONORTE / CNEC, item 6.2.4:

“Do ponto de vista técnico e econômico, os estudos de engenharia indicaram a alternativa Kararaô V – Juruá como a mais viável, quer no que tange a custos de implantação e geração, quer no que respeita a facilidades construtivas. Do ponto de vista ambiental, as análises complementares realizadas durante a elaboração do EIA/RIMA apontaram também para a alternativa Kararaô V – Juruá como a menos impactante conforme explicitado na descrição das três alternativas consideradas”.

Ainda que a área de inundação do aproveitamento Kararaô V – Juruá fosse pouco menor que a do aproveitamento Cachoeira Grande – Piranga, este parece ter sido o principal aspecto considerado na avaliação ambiental das alternativas estudadas. Ressalte-se que a opção por ambas as alternativas implicava o alagamento parcial do território indígena Paquicamba, fato este não associado à alternativa Koatinema II – Kararaô III, que apresentava outros efeitos sobre a comunidade indígena (associados à redução do volume de água no trecho da Volta Grande) e não era viável tecnicamente, como já explicitado.

Em suma, uma análise dos resultados dos estudos de alternativas feitos à época dos Estudos de Inventário demonstra que, comparativamente à alternativa Kararaô V – Juruá, a alternativa Cachoeira Grande – Piranga poderia ser efetivamente descartada por ter impactos socioambientais relativamente maiores.

Ademais, os custos de construção e custos índices associados a essas duas alternativas mostravam uma clara indicação de que a alternativa Kararaô V – Juruá era mais atrativa também sob o ponto de vista econômico, tal como se pode verificar no **QUADRO 4.2.5-9**.

QUADRO 4.2.5-9

Custos de Construção e Custo Índice Associados às Alternativas Locacionais de Geração de Energia Hidrelétrica na Volta Grande do Rio Xingu Contempladas no Estudo de Inventário (1.980)

Custo de Construção (US\$ x mil)		
Koatinema II – Kararaô III	Cachoeira Grande – Piranga	Kararaô V – Juruá
4,201,000.00	4,525,767.00	3,687,747.00
Custo Índice (US\$/kW)		
Koatinema II – Kararaô III	Cachoeira Grande – Piranga	Kararaô V - Juruá
564	576	469

Fonte: EIA UHE Kararaô (CNEC, 1988)

c) Estudo de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira (Título original do Estudo iniciado em 1980)

Uma vez selecionada a partição de quedas do rio Xingu, bem como a alternativa locacional para o empreendimento hidrelétrico na Volta Grande, foram iniciados em 1980, pela ELETRONORTE, os Estudos de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira, composto pelos aproveitamentos de Babaquara e Kararaô. Os estudos desse Complexo concentraram-se inicialmente no desenvolvimento do primeiro aproveitamento, cujo eixo era previsto para o rio Xingu, a cerca de 10 km a montante da cidade de Altamira.

Entretanto, a partir de 1986, estudos realizados pela ELETROBRÁS indicavam que a entrada em operação comercial da UHE Kararaô era a melhor opção para o SIN. Sua implantação deveria anteceder, portanto, a data prevista para início da operação da UHE Babaquara.

Dada essa nova prioridade, os Estudos de Viabilidade do Complexo Altamira foram reorientados, passando a focalizar o projeto da UHE Kararaô, inclusive com a elaboração do pertinente EIA para fins de licenciamento.

Seguindo a nova orientação, os estudos de viabilidade técnica e econômica da UHE Kararaô concluíram por um aproveitamento ótimo de 11.000 MW, distribuídos em 20 unidades de 550 MW cada, com motorização progressiva e seqüencial, a ser concluída em um prazo em torno de cinco anos após o início de operação da primeira unidade.

Em acordo com a alternativa selecionada nos Estudos de Inventário para o trecho da Volta Grande, o arranjo do empreendimento incluía o barramento do rio no sítio Juruá, onde se situava também o órgão extravasor. Já a usina propriamente dita – Tomada d'Água e Casa de Força – situava-se 22 km ao norte, no sítio agora denominado Belo Monte. A adução até a área da usina se dava por um sistema de canais criado pelo reservatório na margem esquerda do rio.

O arranjo permitia aproveitar a alta declividade do rio e as corredeiras existentes entre o sítio Juruá e o local de implantação da Casa de Força, com um barramento principal de altura aproximadamente igual a 42% da queda total.

O barramento em Juruá possibilitava a elevação do nível d'água até a cota 96,0 m, criando um lago de 1.225 km², que inundava boa parcela da área indígena Paquçamba, além de grande parte do vale do rio Bacajá, bastante largo em seu trecho final.

Conforme já abordado neste EIA, no local desse eixo o rio Xingu caracteriza-se por apresentar uma seção de escoamento composta de duas calhas bastante distintas. Nos períodos de vazões baixas o rio escoava pela calha esquerda, com trechos estreitos e de grande profundidade, denominada Canal Principal. Nos meses de águas altas, o rio escoava também pela calha direita, constituída por um leito pedregoso largo e de cotas mais elevadas, na qual distinguem-se os canais Central e Direito.

O arranjo das estruturas no Sítio Belo Monte, todas com crista na cota 99,0 m, compreendia, além do barramento formado pela Tomada d'Água e barragens laterais, as barragens de Santo Antônio e do Aturiá, fechando vales situados, respectivamente, à esquerda e à direita desse conjunto.

A Casa de Força localizava-se ao pé da Tomada d'Água e dela partia o Canal de Fuga, que restituía as vazões turbinadas ao rio Xingu. Completavam o conjunto de estruturas do aproveitamento 20 diques de terra dispostos entre os sítios Belo Monte e Bela Vista, cuja função era conter o reservatório na margem esquerda, formando um sistema de canais de adução até a Tomada d'Água.

Para os anos iniciais de operação, previa-se que o empreendimento operasse com uma depleção de até 6,0 m e operação sazonal, nos meses de estiagem, na cota 97,0 m, passando a operar a fio d'água após a entrada em funcionamento da UHE Altamira.

Em 1990, a ELETRONORTE encaminhou o Relatório Final dos Estudos de Viabilidade ao DNAEE, solicitando sua aprovação e a outorga de concessão para o aproveitamento.

Na época da apresentação dos estudos, houve grande repercussão e ampla cobertura pelos meios de comunicação, com destaque para as questões relacionadas à população indígena. Em consequência, os estudos ambientais concluídos não foram encaminhados ao órgão licenciador ambiental do estado do Pará e, portanto, não foi possível dar andamento ao processo de obtenção da Licença Prévia.

d) Revisão do Estudo de Viabilidade da UHE Kararaô: a Concepção do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte

Cerca de três anos e meio após a conclusão dos Estudos de Viabilidade da UHE Kararaô, técnicos do DNAEE e da ELETROBRÁS se reuniram para analisar a continuidade do projeto e concluíram pela necessidade de revisão dos estudos até então procedidos, com vistas à sua viabilização sócio-política. Deveria ser dada ênfase à reavaliação dos estudos energéticos e à atualização dos estudos hidrológicos, ambientais e orçamentários. As atividades a serem desenvolvidas visariam também subsidiar as decisões relativas à retomada do projeto no contexto e no horizonte do Plano 2.015 da ELETROBRÁS.

Em 25/11/94, a Portaria nº 769 do DNAEE criou um grupo de trabalho, composto por técnicos da ELETRONORTE, da ELETROBRÁS e do próprio DNAEE, com a finalidade de realizar a segunda etapa do Estudo de Viabilidade do empreendimento, que passou a ser denominado de Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Belo Monte. Esse grupo propôs a alteração do sítio de barramento do rio Xingu, trazendo-o para montante, configuração que significava as seguintes vantagens³⁴ do ponto de vista ambiental:

- Minimizar os impactos sobre a qualidade da água devido ao represamento das águas do rio Bacajá;
- Eliminar a interferência do reservatório em áreas indígenas, notadamente a Terra Indígena Paquiçamba; e
- Diminuir a área de inundação do reservatório do empreendimento, minimizando os impactos sócioambientais e custos com relocações.

Para tanto, a adução do escoamento para a Tomada d'Água passaria a ser feita por canais de derivação a serem construídos na margem esquerda do rio Xingu.

O Relatório Final do Grupo de Trabalho Belo Monte, concluído em 1.995 e encaminhado ao DNAEE nessa mesma época, continha as seguintes principais recomendações:

- Retomada imediata dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte “alternativa montante”, independente da revisão dos Estudos de Inventário do rio Xingu;
- Elaboração e implantação simultânea de um programa de viabilização sócio-política do empreendimento e dos programas de atividades de engenharia e estudos ambientais;
- Ação conjunta do DNAEE, ELETROBRÁS e ELETRONORTE, com vistas à viabilização de recursos financeiros para execução dos trabalhos recomendados; e
- Elaboração de estudos energéticos, em conjunto com a ELETRONORTE e a

³⁴ Por outro lado, o aumento do trecho com vazão remanescente constitui um dos principais temas ambientais a serem investigados no novo arranjo do empreendimento.

ELETROBRÁS, com vistas a estimar as mínimas motorizações do AHE Belo Monte, a serem definidas antes da retomada da revisão dos Estudos de Viabilidade.

Em 1.998, a ELETROBRÁS e a ELETRONORTE formularam um documento com a proposição de retomada dos estudos do AHE Belo Monte. Ainda nesse mesmo ano, a ELETROBRÁS solicitou autorização à ANEEL para, em conjunto com a ELETRONORTE, desenvolver os Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte – Alternativa de Montante. Em fevereiro de 1999, a Superintendência de Gestão dos Potenciais Hidráulicos da ANEEL deu abertura ao processo e registrou tal solicitação.

Em junho de 2.000, um estudo elaborado por técnicos da ELETRONORTE, da ELETROBRÁS e do CEPEL, consolidado no relatório “Avaliação da UHE Belo Monte – junho/2.000”, concluiu pela alta atratividade do empreendimento e recomendou a continuidade dos estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da “Alternativa Canais”, com vistas ao atendimento do cronograma de entrada em operação da primeira unidade em 31 de março de 2.008.

Considerando, entre outros aspectos, a recomendação contida no relatório mencionado, em dezembro de 2.000 foi firmado um Acordo de Cooperação Técnica entre a ELETROBRÁS e a ELETRONORTE, que canalizou recursos para o desenvolvimento da segunda etapa dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte. Esclarece-se, assim, que a primeira etapa do Estudo de Viabilidade deste aproveitamento hidrelétrico foi desenvolvida no âmbito dos Estudos de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira (antiga UHE Kararaô).

Tendo em conta que a grande alteração da concepção do aproveitamento referiu-se ao deslocamento do barramento principal para trecho mais a montante do rio (70 km do eixo estabelecido nos Estudos de Viabilidade da 1ª Etapa), uma das premissas básicas desses estudos era evitar que fossem feitas alterações nas estruturas projetadas para o sítio Belo Monte (Tomada d'Água e a Casa de Força).

Como a criação dos dois canais de derivação permitia reduzir sensivelmente a área do reservatório (de 1.225 km² para 440 km²), o novo arranjo mantinha a maioria dos diques de confinamento do reservatório entre os sítios de Bela Vista (anteriormente denominado de Juruá) e Belo Monte. Tais estudos resultaram ainda na introdução de um Vertedouro Complementar também para o sítio Bela Vista.

A **FIGURA 4.2.5-11** permite a comparação das áreas alagadas pelo arranjo antigo (UHE Kararaô, que tinha o barramento do rio Xingu no então denominado sítio Juruá) e pelo novo arranjo (AHE Belo Monte) com o barramento do rio Xingu no sítio Pimental.

Ressalte-se que essa nova concepção se assemelha àquela da alternativa Koatinema II – Kararaô III, que foi descartada pelos Estudos de Inventário devido às restrições geológico-geotécnicas do eixo selecionado para o barramento, mas, desta feita, o posicionamento das estruturas sobre rochas cristalinas viabilizou a nova configuração para o AHE Belo Monte.

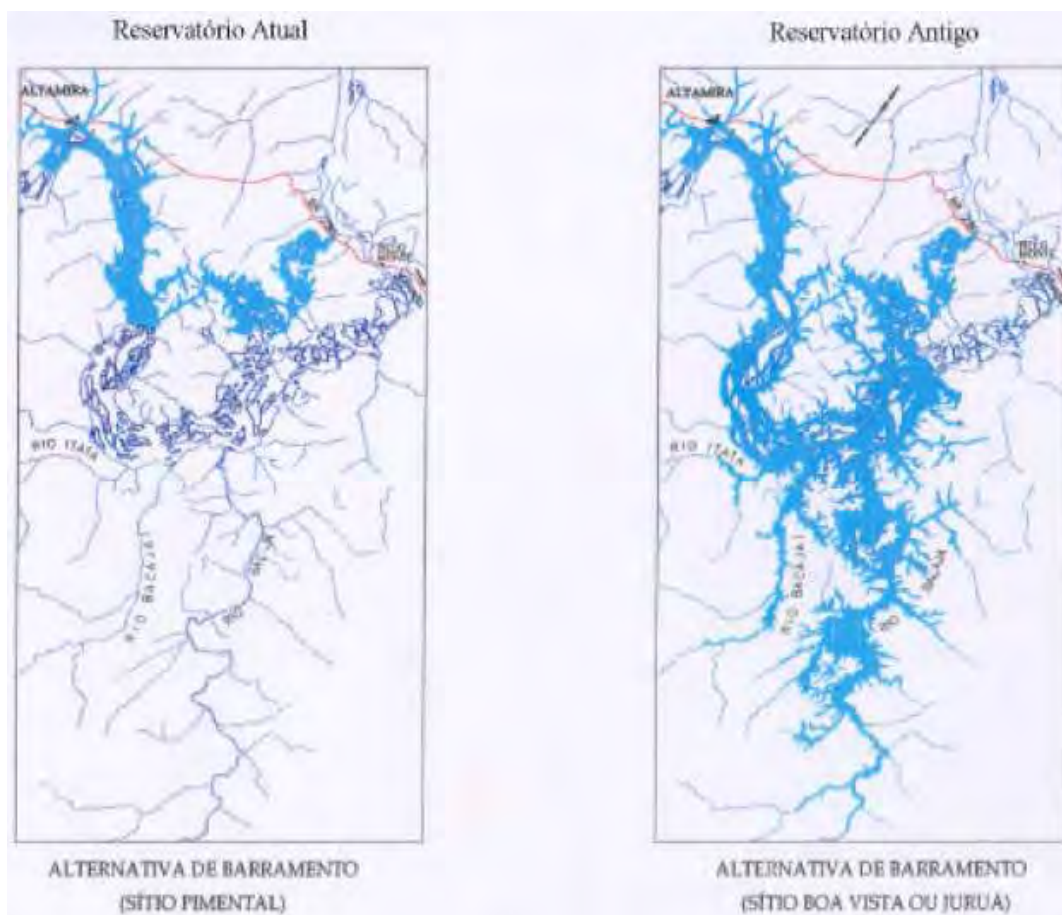


FIGURA 4.2.5- 11 – Comparativo das áreas alagadas com barramento do rio Xingu no Sítio Juruá (antiga UHE Kararaô) e com Barramento no Sítio Pimental (AHE Belo Monte)

Uma vez que os levantamentos topográficos disponíveis da cidade de Altamira, combinados com os estudos de remanso do reservatório, indicavam não serem significativas para a faixa de vazões mais elevadas as diferenças de nível e de áreas urbanas alagadas, o estudo passou a considerar a alternativa de reservatório na cota 97,0 m no barramento principal³⁵.

³⁵ Vale ressaltar que, com base em avaliações energéticas, econômicas e ambientais, os estudos concluídos em 1.999 elegeram a cota de 96,0 m como a melhor alternativa para o NA Máximo Normal do reservatório. À época, tais estudos mostraram que, ao se elevar o NA até a cota 96,0 m, auferia-se benefício econômico superior ao investimento incremental requerido. Entretanto, tal situação se invertia ao se alcançar a cota 97,0 m, do que se concluiu ser a cota 96,0 m a mais vantajosa sob o ponto de vista energético-econômico. Isso se deveu ao fato de que, ao se adotar o NA máximo normal de 97,0m, provocava-se um afogamento maior do Canal de Fuga da UHE Babaquara.

Grande parte dos ganhos energéticos obtidos em Belo Monte, devido principalmente ao aumento da queda disponível, eram anulados pela perda de queda na UHE Babaquara, o que se traduzia em perdas energéticas para o Sistema de Referência da época. Ressalte-se que, nos estudos anteriores, todos os aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Xingu integravam o Sistema de Referência.

Já nos estudos energéticos da 2ª etapa de Viabilidade, considerou-se apenas o AHE Belo Monte como único empreendimento hidrelétrico da bacia do rio Xingu. Tais estudos consideraram que, nos períodos de maiores afluências e, conseqüentemente, de maior perda de carga nos canais de adução, o NA no reservatório dos canais (sítio da Casa de Força Principal) se situaria na cota 96,0 m. Nos períodos secos, entretanto, o NA máximo poderá alcançar a cota 97,0 m, visto que a menor vazão afluente implicaria perdas de carga significativamente menores nos canais de adução. Desse modo, adotaram-se a cota 96,0 m correspondente ao NA Máximo Normal do reservatório no sítio da Casa de Força Principal e a cota 97,0 m como o NA máximo operacional do reservatório.

e) Segunda Etapa dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte: Estudos de Alternativas de Arranjo Geral

e.1) Considerações Gerais

Os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do AHE Belo Monte abrangeram atividades multidisciplinares, desenvolvidas no campo e no escritório durante o período de agosto de 2000 até fevereiro de 2002. Ainda no ano de 2000, se iniciaram os levantamentos de campo – topográficos, hidrométricos, geológico-geotécnicos e ambientais, após as atividades prévias de coleta de dados existentes e estudos preliminares. Os primeiros meses de 2001 foram dedicados à fase de estudos básicos e estudos de alternativas, tendo sido dada continuidade aos levantamentos de campo.

Ao final do primeiro semestre de 2001, definiu-se pela alternativa de eixo/arranjo que seria detalhada na fase de estudos finais. Esta última se desenvolveu ao longo do terceiro trimestre de 2001, ao final do qual foram definidos o orçamento e demais parâmetros necessários à avaliação da Viabilidade Técnica e Econômica do empreendimento.

O arranjo desenvolvido para o AHE Belo Monte durante esta etapa dos Estudos de Viabilidade, denominado de "Alternativa Canais", pode ser visualizado na **FIGURA 4.2.5-12**, na qual se destacam a significativa redução de área inundada e o aumento do trecho do rio Xingu com vazão remanescente. Nesse sentido, reitera-se aqui o que já foi antes explicitado neste EIA, isto é, este é o arranjo geral de engenharia e de infra-estrutura logística associada considerado para fins da caracterização do empreendimento do presente EIA.

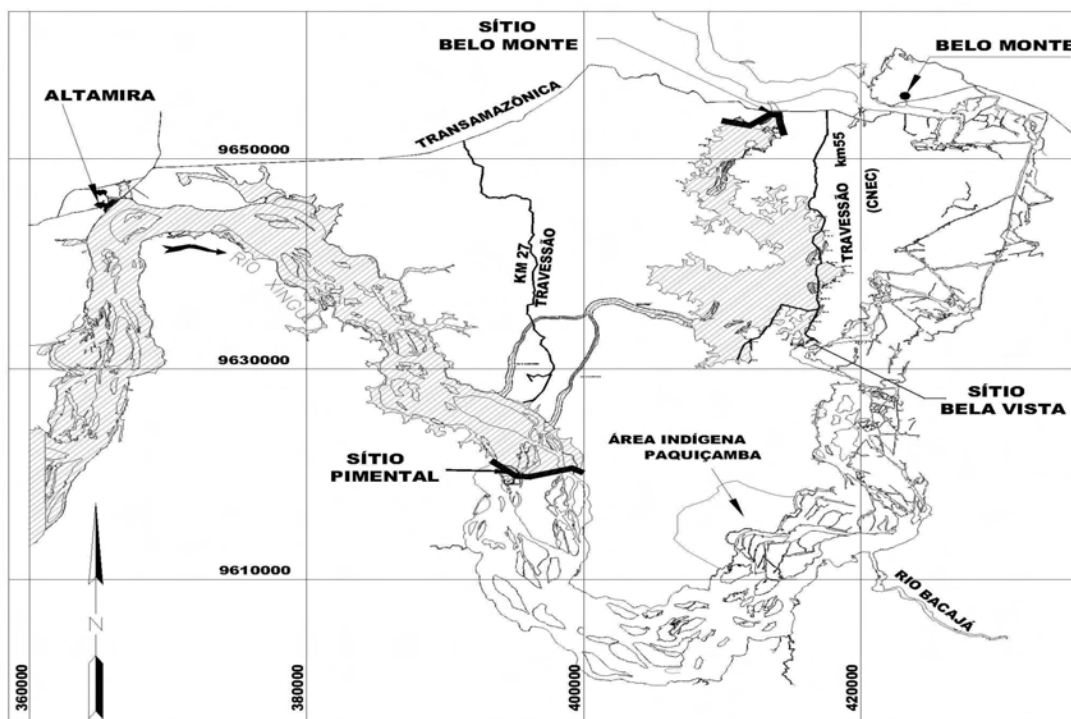


FIGURA 4.2.5-12 – Configuração do AHE Belo Monte resultante da 2ª etapa dos Estudos de Viabilidade de Engenharia – Casa de Força Principal, no Sítio Belo Monte e Casa de Força Complementar no Sítio Pimental

Seguindo as premissas da 2ª etapa dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do AHE Belo Monte, esse arranjo geral é fruto de estudos de alternativas que buscaram soluções para questões decisivas do ponto de vista das obras civis, do meio ambiente e da infra-estrutura regional.

Uma das premissas para os estudos ambientais na 2ª etapa dos Estudos de Viabilidade diz respeito ao regime de operação do AHE Belo Monte, ou seja, a fio d'água, sem modulação de ponta. Deste modo, o nível d'água do reservatório principal deverá ser mantido constante na cota 97,0 m e o nível do reservatório dos canais será mantido na cota 96,0 m. A jusante das casas de força, portanto, o regime fluvial não será alterado bruscamente ao longo do dia.

Uma vez que a viabilidade econômica do empreendimento foi definida independente de outros aproveitamentos inventariados a montante, outra premissa é que não se aplica a análise de impactos sinérgicos com outros aproveitamentos hidrelétricos inventariados na bacia.

O sistema de transmissão associado ao AHE Belo Monte inclui sua conexão ao SIN, não só em termos da energia a ser gerada pela Casa de Força Principal (conexão ao SIN através da SE Xingu) como também daquela oriunda da Casa de Força Complementar, esta a ser disponibilizada ao Sistema Integrado através de uma LT 230 kV conectada à SE Altamira, já existente e integrante do SIN.

Embora os Estudos de Viabilidade contivessem avaliações sobre as condições técnicas para ser construído sistema de transposição de embarcações em desnível, este se destinava tão somente a verificar a compatibilidade do empreendimento com o uso da água para navegação, bem como a avaliar o potencial de desenvolvimento da navegação na bacia.

Os principais estudos de alternativa de arranjo realizados na segunda etapa dos Estudos de Viabilidade são verificados a seguir.

e.2) Estudos Preliminares e Seleção do Sítio para Desenvolvimento dos Estudos da 2ª Etapa de Viabilidade

Na fase de Estudos Preliminares da 2ª Etapa de Viabilidade foram concentrados esforços na definição do sítio de barramento principal, que deveria estar localizado no trecho compreendido entre a entrada dos canais e a foz do rio Bacajá, com extensão de 45 km, aproximadamente. No eixo de barramento principal, estaria posicionado o órgão extravasor, com capacidade de escoar a cheia de projeto.

Ao longo do estirão em questão, o rio Xingu se caracteriza por possuir uma calha composta de várias seções de escoamento, divididas por ilhas de diversos tamanhos, a maioria com vegetação de porte, e pedrais que ficam submersos no período de águas altas. A largura total da calha – de margem a margem, perpendicular ao escoamento – varia entre 4,5 km e 8 km. Ocorrem diversas corredeiras, fazendo com que o desnível médio do rio entre a seção próxima à entrada dos canais e aquela situada a montante da foz do rio Bacajá seja da ordem de 10 m.

Com base nas informações então disponíveis – restituição aerofotogramétrica, fotos aéreas e imagens de satélite – foram identificados três sítios com maior atratividade para barramento: o primeiro, distante cerca de 2 km a jusante da entrada dos canais, denominado Sítio Pimental; outro, distante 10 km a jusante do anterior, que recebeu a denominação Tucunaré; e um terceiro, próximo à Ilha da Fazenda, região de garimpo e onde está assentada a maior

comunidade do estirão em questão, localizado 15 km a jusante do primeiro, denominado Sítio Fazenda (vide **Desenho BEL-V-10-100-0067 - Apêndice 4.79 – Volume 3**).

Todos os três sítios apresentavam como características comuns o vertedouro de superfície com elevado grau de submergência para a vazão de projeto e, ainda, desvio concebido para ser efetuado em duas fases, sendo a primeira com estrangulamento da calha e a segunda com o rio passando pelo órgão extravasor.

Conforme pode ser visualizado no **Desenho BEL-V-10-100-0067 (Apêndice 4.79 – Volume 3)**, em termos de arranjo nos Sítios Pimental e Tucunaré, o vertedouro se situaria na região central da calha, enquanto que no Sítio Fazenda a estrutura extravasora estaria situada na margem esquerda. Em todos os três sítios, o fechamento do vale seria complementado por barragens de terra/enrocamento com os seguintes comprimentos de crista: 2,2 km para o Sítio Pimental, 3,3 km para o Sítio Tucunaré e 3,8 km para o Sítio Fazenda. À medida em que se caminha de montante para jusante, pela ordem, Sítios Pimental, Tucunaré e Fazenda, seria aumentada a altura média das estruturas de concreto e terra/enrocamento e diminuir-se-ia o número de vãos do Vertedouro, função de menor submergência de sua soleira vertente.

Em termos de canais de adução, a concepção adotada seria comum para os três sítios, sendo considerados dois canais paralelos, escavados em solo e rocha, com dimensões idênticas, com cerca de 12 km de extensão cada.

Efetuada uma primeira identificação de sítios potenciais no rio Xingu, ao longo do estirão de interesse, foram realizadas viagens de reconhecimento, ocasião na qual se procedeu aos levantamentos expeditos, objetivando a obtenção de um maior número de informações que pudessem subsidiar os Estudos Preliminares. Assim, foram realizados levantamentos topobatimétricos, medições de descarga líquida, levantamentos de perfis instantâneos da linha d'água e inspeções visuais, estas últimas com o objetivo de identificar o tipo de terreno de fundação das estruturas, a existência de jazidas e áreas de empréstimo de materiais naturais de construção e eventuais interferências com comunidades ribeirinhas.

Para que pudessem ser realizados pré-dimensionamentos hidráulicos das principais estruturas provisórias e definitivas, foi definida a curva-chave do rio Xingu no posto de Cana Verde I, posicionado no Sítio Pimental, por meio de correlação entre as leituras de régua deste posto e as da Cidade de Altamira. A partir da curva determinada, foram obtidas outras curvas para os Sítios Tucunaré e Fazenda. As vazões de dimensionamento adotadas nesta etapa foram aquelas definidas na 1ª Etapa dos estudos, procedidas as adaptações devidas em função do deslocamento do sítio de barramento para montante e a conseqüente desincorporação da área de drenagem do rio Bacajá. Assim, a cheia decamilenar teve seu pico reduzido de 80.400 m³/s para 76.000 m³/s.

Para o órgão extravasor, foram realizados estudos paramétricos em que, fixados os demais elementos, variou-se ora a cota da crista da soleira vertente, ora o nível d'água de jusante, ora a cota da bacia de dissipação. Os cálculos demonstraram que o vertedouro deveria contar com 56 vãos de 12 m x 20 m (h x l) no Sítio Pimental, 45 vãos de 13 m x 20 m (h x l) no Sítio Tucunaré e 40 vãos de 14 m x 20 m (h x l) no Sítio Fazenda.

Ainda nessa etapa, foram determinadas as curvas cota x área x volume dos respectivos reservatórios, bem como as áreas de drenagem incrementais entre o posto de Altamira e os três eixos médios de barramento posicionados nos sítios em estudo.

É importante salientar que o dimensionamento preliminar dos canais de adução já indicava que, somente nos 12 km de sua extensão, existiria uma perda de carga da ordem de 0,35 m para a vazão máxima turbinada. Esse valor considerava os dois canais paralelos escavados quase que totalmente em solo, com seção transversal trapezoidal de 500 m de base e taludes laterais de 1(V):2(H), para tirante de 12,5 m. Para a perda de carga calculada, concluiu-se que o nível d'água do reservatório na seção a montante dos canais de derivação, durante o período de cheia, seria, no mínimo, 96,6 m, consideradas as perdas entre a Tomada d'Água e a seção do reservatório a jusante dos canais de derivação, como indicadas no Relatório Final da 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade – da ordem de 0,25 m.

Concluídos os Estudos Preliminares, foi efetuada a seleção do sítio no rio Xingu, onde seriam efetuados os estudos de eixos e arranjos.

As informações topográficas preliminares já disponíveis indicavam que existia uma discrepância na topografia levantada na 1ª Etapa dos estudos, com tendência para que as áreas na calha natural (ilhas) do rio e próximas às margens estivessem, na realidade, em cotas inferiores às indicadas na planta de restituição aerofotogramétrica então disponível. Esse fato penalizou de forma mais acentuada o eixo alternativo posicionado no Sítio Tucunaré, uma vez que o mesmo possuía um desenvolvimento de mais de 7 km sobre a ilha Pimental, que se imaginava estar integralmente acima da cota 100,0 m, dispensando a implantação de qualquer barramento neste local. Dessa forma, numa análise inicial, foi descartado tal sítio.

O Sítio Fazenda tinha como maior atrativo o fato de possuir um menor desenvolvimento de crista das estruturas de concreto, dado o menor número de vãos do Vertedouro necessários para esta alternativa. Entretanto, identificou-se de imediato a interferência direta desta alternativa com a comunidade de moradores locais e o garimpo, sendo adotada como premissa de projeto que a primeira teria que ser obrigatoriamente relocada e o segundo desativado.

Por seu turno, o Sítio Pimental apresentava como principal vantagem a menor altura média das estruturas de concreto e de solo/enrocamento. Além disso, vislumbravam-se, neste último, algumas facilidades construtivas, por apresentar um melhor equilíbrio entre as diversas fases de desvio do rio. Como vantagem adicional, identificava-se que este sítio possuía menor área de inundação, comparado aos outros estudados. A desvantagem aparente desta alternativa de sítio, de necessitar uma maior extensão de crista do Vertedouro, ficou minimizada pelo fato de o bloco típico desta estrutura ter volume de concreto relativamente reduzido. Para esta situação, a diferença de custo por metro de crista entre as estruturas de concreto e as de terra/enrocamento se manteve abaixo da tradicionalmente considerada.

O cotejamento das diversas variáveis consideradas nos três sítios estudados na calha do rio Xingu indicou, portanto, ser o Sítio Pimental o mais adequado entre as alternativas estudadas, recomendando-se a seleção do mesmo para o desenvolvimento dos estudos subsequentes.

e.3) Alternativas Estudadas para o Eixo da Barragem e Vertedouro Principais

No Sítio Pimental foram identificados dois eixos potenciais de barramento, distanciados entre si de 3 km, que para identificação de projeto receberam a denominação das ilhas locais mais próximas: Canteiro e Serra. O Eixo Ilha do Canteiro, mais a montante e com 6,5 km de extensão de crista, atravessava a calha do rio na região de pedral mencionada anteriormente. O Eixo Ilha da Serra, com mesmo comprimento de crista, cruzava o rio na altura da Ilha da Serra que, por seu turno, divide o canal principal em dois (vide **Desenho BEL-V-10-100-0083 - Apêndice 4.4 – Volume 3**).

Conforme mencionado anteriormente, como forma de minimizar a submergência da crista da soleira vertente do órgão extravasor posicionado no Sítio Pimental foi concebida a possibilidade de se criar uma estrutura auxiliar de extravasão, denominada Vertedouro Complementar, que permitiria a partição das vazões afluentes e proporcionaria uma redução da vazão de projeto do vertedouro situado na calha do rio Xingu.

A estrutura extravasora situada no Sítio Pimental passou então a ser denominada de Vertedouro Principal, tornando-se necessária a análise comparativa de alternativas que considerassem, para cada eixo estudado, possibilidades de arranjo nas quais o Vertedouro Principal poderia estar associado ou não com um Vertedouro Complementar.

Para dimensionamento hidráulico das estruturas, foram consideradas as seguintes vazões de projeto:

- Vertedouro Principal – funcionamento isolado: $Q_{\text{PROJETO}} = 62.000 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Vertedouro Principal – funcionamento em conjunto: $Q_{\text{PROJETO}} = 47.000 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Vertedouro Complementar: $Q_{\text{PROJETO}} = 15.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

O nível d'água do reservatório considerado para dimensionamento do órgão extravasor principal foi 97,0 m, conforme explicitado anteriormente.

Outro assunto que passou a ser focado nessa fase de Estudos de Alternativas, e que interferia diretamente com o estudo de arranjo das estruturas do Sítio Pimental, foi a necessidade imposta por razões ecológicas de que fosse mantida uma restituição de vazões para jusante do barramento, que preservasse, ainda que parcialmente, o ecossistema existente na calha do rio Xingu, ao longo da Volta Grande. A magnitude destas vazões passou a ser discutida amplamente, considerando-se os temas ambientais, de planejamento energético, eletromecânicos e construtivos, entre outros, envolvidos nessa etapa dos Estudos de Viabilidade.

Como alternativa para minimizar a perda de geração de energia elétrica, em decorrência da obrigatoriedade de restituição de vazões para jusante do barramento do Sítio Pimental, avaliou-se a implantação de uma Casa de Força Complementar que permitisse ser aproveitada a queda a ser criada no local, de aproximadamente 15 m. Foi realizado um estudo paramétrico considerando vazão unitária nominal de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ e turbinas do tipo Kaplan e Bulbo, sendo consideradas diversas alternativas de motorização.

Devido à importância e complexidade que o assunto requeria, ao final da fase dos Estudos de Alternativas ainda não tinha sido definida a magnitude das vazões de restituição, não sendo possível estabelecer as características e dimensões da eventual estrutura de geração. Dessa forma, a seleção da alternativa de eixo e arranjo a ser detalhada na fase de Estudos Finais não levou em consideração a existência de uma Casa de Força Complementar no Sítio Pimental. Deve-se enfatizar que não houve prejuízo no critério de julgamento para escolha da alternativa a ser adotada, considerando que a presença desta estrutura influenciaria igualmente todas as alternativas, não sendo também elemento que viesse a alterar o dimensionamento ou o posicionamento do Vertedouro Principal.

- Eixo Ilha do Canteiro

A principal característica do Eixo Ilha do Canteiro é ter um terço de seu desenvolvimento posicionado sobre uma região de pedrais e ilhas pequenas e baixas, que se torna a calha maior do canal principal do rio Xingu no período de cheias. Neste canal principal, o trecho mais profundo do rio tem cerca de 500 m de largura, atingindo profundidades da ordem de 17 m na estiagem. Além dos 2,2 km de largura total do canal principal, a calha do rio é complementada por uma série de canais de menor porte, sendo um na margem direita e outros cinco mais próximos da margem esquerda, totalizando 1,3 km. Os demais 3 km do eixo desenvolvem-se sobre as ombreiras e ilhas de maior porte.

Os pedrais são afloramentos de migmatitos, do embasamento cristalino da região que, de modo geral, apresentam excelente qualidade geomecânica. Sua ocorrência influenciou o posicionamento do Vertedouro Principal, uma vez que localizado sobre os pedrais poderia apresentar cota de fundação mais elevada. Entretanto, esta economia de concreto se contrapõe à necessidade de ser incorporada a escavação de canais de acesso e de restituição de vazões vertidas. A locação em planta do Vertedouro foi determinada de forma que o canal de restituição, que envolveria maiores volumes de escavação por metro de comprimento, fosse o menor possível e, ainda, que o fluxo efluente da estrutura fosse repartido de forma igualitária entre os dois canais naturais existentes a jusante da estrutura, que se formam pela presença da Ilha da Serra.

A cota da crista da soleira vertente, fixada em 82,5 m para continuidade do projeto, foi estabelecida em função de estudos paramétricos, onde se procurou obter uma otimização do desempenho do Vertedouro Principal, sem perder de vista os volumes envolvidos de escavação em rocha. Os dimensionamentos hidráulicos procedidos indicaram que o Vertedouro Principal no Eixo Ilha do Canteiro, funcionando de forma isolada na hipótese de inexistência do Vertedouro Complementar, deveria possuir 33 vãos de 20 m de largura. Por sua vez, na hipótese de se considerar o funcionamento conjunto das duas estruturas, o Vertedouro Principal teria 22 vãos, também com 20 m de largura.

Para qualquer alternativa de arranjo, o fechamento do vale deveria ser completado por barragem de terra homogênea, exceto nos abraços da estrutura de concreto e no canal profundo do rio, onde a seção típica mais indicada seria barragem de enrocamento com núcleo argiloso.

O desvio do rio foi concebido para ser realizado em três fases, independente da alternativa de arranjo estudada. Na 1ª fase, partindo-se da margem esquerda do rio, seria alcançada a Ilha do Meio, adjacente à região dos pedrais, onde seria instalado o canteiro principal (vide **Desenho BEL-V-10-100-0083 - Apêndice 4.4 – Volume 3**). A 2ª fase de desvio teria início na estiagem do segundo ano de construção, quando seria efetuado o estrangulamento do canal principal do rio, com o ensecamento da região dos pedrais, onde seriam construídas as estruturas de concreto e escavados os canais de acesso e restituição do Vertedouro. Trinta e seis meses após, o trecho profundo do canal principal do rio seria fechado e o fluxo d'água desviado para o Vertedouro Principal. Em 15 meses, aproximadamente, seria coroada a barragem do canal profundo e poderia ser iniciado o enchimento do reservatório.

- Eixo Ilha da Serra

A Ilha da Serra dividindo o canal principal do rio Xingu é a principal característica deste eixo alternativo do Sítio Pimental (vide **Desenho BEL-V 10-100-0083 - Apêndice 4.4 – Volume 3**). O canal da margem direita tem largura de aproximadamente 500 m e profundidade máxima de 21 m, enquanto que o canal central possui largura de cerca de 800 m e profundidade máxima de 13 m, sendo todos os valores referidos ao período de estiagem do rio. Além desses canais de maior porte, no eixo estudado podem ser identificados outros dois, um na margem esquerda, com cerca de 500 m de largura e profundidade máxima da ordem de 4 m, e outro com 300 m de largura, na região central da calha, onde só ocorre escoamento no período de águas altas. A maior parte do eixo desenvolve-se sobre as diversas ilhas, sendo que 2.500 m estão sobre a Ilha Pimental.

Os pré-dimensionamentos efetuados para o Vertedouro Principal, na configuração em que operaria isolado, indicaram que seriam necessários cerca de 750 m de largura para escoar a vazão de projeto. Esse fator foi determinante para que o órgão extravasor ficasse posicionado no canal central, adjacente à Ilha da Serra (vide **Desenhos BEL-V-10-100-0004 - Apêndice 4.83 – Volume 3** e **BEL-V 10-100-0005 - Apêndice 4.84 – Volume 3**). Além disso, outros fatores também contribuíram para a escolha dessa localização, tais como menor profundidade do topo rochoso no local - que se traduz em menores volumes de concreto - quando comparado ao canal direito; maior proximidade de jazidas de material granular e pétreo; maior facilidade de acesso e de logística de construção, considerando a margem esquerda como acesso natural interligado à rodovia Transamazônica, dentre outros.

A otimização do desempenho do Vertedouro Principal, considerando a conformação do topo rochoso no fundo do canal do rio, conduziu a que a crista da soleira vertente fosse fixada na cota 80,0 m. Neste eixo também seria indispensável a escavação de canais de aproximação e restituição do Vertedouro Principal, porém em volumes bastante inferiores aos necessários no Eixo Ilha do Canteiro.

O dimensionamento final da estrutura extravasora indicou a necessidade de serem previstos 27 vãos de 20 m de largura, para o caso de funcionamento isolado do Vertedouro Principal, e 17 vãos, também com 20 m de largura, para a hipótese de funcionamento em conjunto com o Vertedouro Complementar – vide **Desenhos BEL-V-14-101-0040 (Apêndice 4.86 – Volume 3)** e **BEL-V-14-101-0039 (Apêndice 4.87 – Volume 3)**, respectivamente.

Conforme pode ser visualizado nos **Desenhos BEL-V-10-100-0004 (Apêndice 4.83 – Volume 3)** e **BEL-V 10-100-0005 (Apêndice 4.84 – Volume 3)**, no planejamento construtivo considerou-se a obra sendo construída em 66 meses, com o desvio do rio sendo realizado em três fases, bastante semelhantes às concebidas para o Eixo Ilha do Canteiro. Na 1ª fase, com duração total de cerca de um ano, partindo-se da margem esquerda do rio, seria alcançada a Ilha Marciana, para implantação do canteiro principal. Após a passagem da primeira cheia, seria iniciada a 2ª fase de desvio, com o fechamento do canal central do rio. Na área então ensecada, seriam construídas as estruturas de concreto, durante os três anos seguintes. Na estiagem do quinto ano, o canal direito do rio, que apresenta maior profundidade, seria fechado e o rio passaria a escoar pelo Vertedouro Principal, permitindo a construção da barragem no local.

O **Desenho BEL-V-10-100-0006 (Apêndice 4.85 – Volume 3)** apresenta as seções típicas das obras de terra/enrocamento concebidas para o Eixo Ilha da Serra.

- Conclusões sobre a Seleção de Eixo para o Sítio Pimental – Barramento e Vertedouro Principais

No tocante às alternativas de eixo de barramento estudadas na 2ª etapa de Viabilidade, os aspectos socioambientais são indiferentes. Os estudos de alternativas concluíram pelo local do barramento no Sítio Pimental, eixo ilha da Serra.

e.4) Alternativas Estudadas para a Casa de Força Complementar

Um outro aspecto de destaque na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte se refere aos estudos que demonstraram a vantagem técnica e econômica de implantação de uma Casa de Força Complementar, destinada a aproveitar energeticamente as vazões remanescentes ao longo da Volta Grande, bem como a queda a ser criada no local, de aproximadamente 15 m, conforme anteriormente abordado no subitem (e.3).

Do ponto de vista do escoamento fluvial, a restituição da vazão pela Casa de Força Complementar significaria que a descarga remanescente no estirão de jusante deveria circular no canal preferencial da calha do rio, situado no leito direito do rio Xingu. Esta condição implicaria uma nova distribuição do escoamento no trecho fluvial a jusante localizado nos seus 10 km iniciais, aproximadamente, uma vez que o Vertedouro Principal e a Casa de Força Complementar restituíam as vazões vertidas e turbinadas em somente um dos canais da calha natural do rio Xingu.

e.5) Alternativas Estudadas para os Canais de Adução

Outra premissa da nova concepção do empreendimento era reduzir sensivelmente a área inundada, o que foi viabilizado pela separação do barramento em relação à restituição pelo Canal de Fuga, a serem ligados por um circuito de adução formado por canais e reservatório auxiliar formado por diques, conforme já explicitado.

A seleção do arranjo e posição de dois canais de derivação foi condicionada pela topografia local e pela busca de minimizar os volumes de escavação, e, conseqüentemente, os volumes dos depósitos de bota-fora. Desse modo, não havia outra alternativa ao traçado adotado, que aproveitou a existência de dois talwegues pronunciados na ombreira esquerda, a montante do barramento.

Os estudos de alternativas concentraram-se então na definição da geometria de escavação e de revestimento dos canais, tendo em vista que os resultados das sondagens e do levantamento sísmico realizado indicavam que a escavação para implantação dos canais deveria produzir volume significativo de rocha.

Durante o desenvolvimento dos estudos hidráulicos e perante as condições topográficas adversas nas regiões dos canais, que resultavam em volumes de escavação bastante significativos, percebeu-se ser difícil tentar minimizar a perda de carga total ao longo da adução, que estava sendo estimada em cerca de 1 m para a vazão máxima turbinada. Decidiu-se então fixar tal valor como máximo admissível neste trecho e verificar quais implicações existiriam na cidade de Altamira, com a adoção de nível d'água na cota 97,0 m a montante dos Canais de Derivação, junto ao barramento do Sítio Pimental.

Fixada a máxima perda de carga admissível entre o Sítio Pimental e a Tomada d'Água Principal (Sítio Belo Monte), foram desenvolvidas diversas alternativas de seção de projeto dos canais, com vistas a torná-los mais econômicos. Entre estas, foi efetuada uma avaliação do custo de uma solução de canal revestido com concreto, de forma a tornar possível o escoamento da vazão de projeto submetido a uma velocidade média superior, que permitisse adotar uma seção transversal de canal bastante reduzida. Concluiu-se que, frente às grandezas envolvidas, o custo adicional do revestimento de concreto era amplamente compensado pela economia com a redução significativa do volume de escavação. Além do aspecto custo, a redução dos volumes de escavação teria o benefício ambiental de reduzir o porte dos depósitos de bota-fora.

Estando praticamente concluídos os levantamentos topográficos na região de implantação dos canais, identificou-se que os trechos de escavação que deveriam ser revestidos haviam sido ampliados para cerca de 28 km de extensão total – dois canais paralelos mais um trecho de junção.

Tendo-se verificado ser determinante o revestimento dos canais para a redução do custo global e do impacto ambiental de suas implantações, foram avaliadas diversas alternativas construtivas e de materiais para a execução de revestimentos dos taludes e fundo dos canais, entre elas a aplicação de concreto convencional, concreto compactado com rolo (CCR), solo-cimento, mantas asfálticas, geomembranas e enrocamento compactado. As comparações de custo indicavam que, quanto menos rugosas as superfícies dos canais, mais econômicos eles se tornavam pela expressiva redução do custo de escavação de solo e rocha, sendo o custo do revestimento pouco significativo no custo total da alternativa. Assim, foram descartadas as alternativas de CCR e enrocamento compactado.

Foi também avaliada a possibilidade de adoção do revestimento em solo-cimento, com uso dos materiais de escavação dos canais, mas os ensaios de laboratório e estudos de dosagem de cimento concluíram como pouco atrativa, sendo então abandonada nessa etapa dos estudos.

Efetuuou-se também uma comparação de custos unitários entre alternativas de revestimento com concreto, mantas asfálticas e geomembranas, que concluiu não haver grande vantagem de uma em relação às outras, sugerindo que a escolha do revestimento estivesse mais diretamente afeta a aspectos técnicos, construtivos, durabilidade e de manutenção.

As avaliações sobre os aspectos construtivos indicaram que as dificuldades maiores a serem contornadas ocorreriam com a adoção das alternativas do tipo mantas e geomembranas. Além das proteções necessárias para o período construtivo, inclusive quanto ao tráfego de veículos durante todo o tempo de execução e em quase toda a extensão dos canais, o revestimento estaria submetido à subpressão pelo lençol freático local, implicando na adoção de uma série de medidas, entre elas a de que o revestimento não fosse impermeável. Soluções de drenagem e de controle de vazões foram mais facilmente visualizadas no revestimento com concreto.

Um segundo aspecto importante diz respeito à durabilidade do revestimento, de vez que quaisquer serviços de manutenção no revestimento dos canais exigiriam grandes investimentos e/ou perda de faturamento pela redução ou interrupção de geração de energia. Informações obtidas junto a fabricantes de geomembranas indicaram que não existia obra, no âmbito internacional, com utilização de tal material há mais de 30 anos, tempo inferior à vida útil do empreendimento. Com relação à manta, também existiam restrições quanto à sua durabilidade na mesma faixa de tempo.

Outro fator avaliado refere-se ao fato de que extensos trechos de revestimento ficariam expostos diretamente à insolação por mais de um ano durante o período de construção dos canais, o que alteraria algumas das características físico-químicas das mantas e geomembranas. Foram ponderadas, ainda, questões relativas à depredação/vandalismo e acidentes, antes e depois da entrada em operação dos canais, concluindo-se serem as mantas e as geomembranas mais vulneráveis que o revestimento em concreto.

Por todo o exposto, decidiu-se por otimizar e detalhar na fase dos Estudos Finais de Engenharia a utilização de revestimento considerando a aplicação da laje de concreto nos trechos dos Canais de Adução onde seria necessária a execução de proteção.

Cabe salientar que na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade já se ressaltava que durante o Projeto Básico de Engenharia, à luz de maiores informações associadas a custos mais atualizados dos diversos tipos de revestimento citados, das metodologias construtivas e equipamentos disponíveis e, principalmente, respaldados em possíveis ensaios hidráulicos ou medições em protótipos que permitissem a determinação de rugosidade de superfícies similares, fosse novamente cotejada a viabilidade do emprego de revestimentos alternativos.

e.6) Alternativas Estudadas para o Sítio Bela Vista

Conforme mencionado anteriormente, as análises desenvolvidas para dimensionamento do órgão extravasor no Sítio Pimental, pelas características topográficas e hidráulicas do local, indicavam que a submergência do perfil vertente seria preponderante para o porte desta estrutura, para que apresentasse a capacidade necessária de escoamento das vazões de projeto, bastante significativas. Para reduzir esta submergência, e contando com a grande capacidade de escoamento dos Canais de Derivação, foram buscadas alternativas de extravasão de parte da vazão afluenta ao reservatório para outros locais mais a jusante do barramento do Sítio Pimental, com a incorporação de um Vertedouro Complementar.

No processo de seleção sobre a incorporação ou não de Vertedouro Complementar, além das demais vantagens técnicas e econômicas de tal estrutura, foram consideradas implicações do ponto de vista ambiental, avaliadas então como fatores positivos.

Uma delas se deve à maior flexibilidade operacional do reservatório, pois o Vertedouro Complementar, embora originalmente concebido para escoamento de parcela das vazões excepcionais de projeto, permitiria ainda o manejo do futuro reservatório para fins de melhoria da qualidade da água, a depender de resultados de modelagem matemática detalhada dessa qualidade no reservatório dos canais a ser formado. Durante o enchimento do reservatório, também, a estrutura de um Vertedouro Complementar poderia ser utilizada para controlar o tempo de enchimento e, assim, favorecer as atividades de salvamento e/ou condução da fauna para ambientes remanescentes.

No caso do vertimento periódico de águas no período de cheias, o Vertedouro Complementar foi ainda contemplado como um equipamento adicional de segurança, que possibilitaria o escoamento da vazão em trânsito pelos canais, evitando o lançamento brusco de vazões no Vertedouro Principal, ocorrente em eventos de eventuais paradas repentinas das máquinas localizadas na Casa de Força Principal. Este tipo de lançamento pelo Vertedouro Principal, se mantido, apresentaria maiores complicadores de ordem ambiental, em especial sob o ponto de vista socioeconômico devido à existência de localidades marginais ao rio Xingu no trecho a jusante desta estrutura, tais como a Vila da Ressaca e a Ilha da Fazenda.

Num primeiro momento, foram pré-selecionados dois sítios passíveis de serem analisados para a implantação do Vertedouro Complementar: o Sítio Belo Monte, onde se situavam as estruturas da Tomada d'Água e da Casa de Força Principais, e o Sítio Bela Vista, próximo à ombreira esquerda do eixo de barramento da 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade. Ambos apresentavam possibilidades adequadas para se proceder a restituição da vazão vertida para o rio Xingu, dada a proximidade entre o reservatório nestes locais e a calha do rio, minimizando, desta forma, a extensão de eventuais canais.

Entretanto, a concepção de um extravasor complementar no Sítio Belo Monte implicaria em se proceder a uma modificação geral no arranjo das estruturas do sítio, o que, em princípio, contrariava as diretrizes básicas definidas no início da 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade. A localização do Vertedouro Complementar próximo ao trecho encachoeirado da Volta Grande também tenderia a possibilitar a rápida oxigenação das águas vertidas, o que reduziria as possibilidades de comprometimento da qualidade da água a jusante. Essas operações, no entanto, deveriam ser melhor definidas através de estudos mais detalhados sobre o prognóstico de qualidade da água no futuro reservatório, a serem realizados em etapas posteriores dos estudos ambientais para o AHE Belo Monte.

Adicionalmente, eram esperadas no Sítio Bela Vista, pelas características topográficas do local, condições adequadas de fundação em cotas superiores às observadas nas sondagens executadas na etapa anterior para o Sítio Belo Monte. Sondagens rotativas e levantamentos sísmicos realizados no Sítio Bela Vista vieram a confirmar esta expectativa.

Pelas razões supracitadas, decidiu-se então por investir numa pesquisa de local adequado para implantação do Vertedouro Complementar dentro do Sítio Bela Vista. Para tanto, foram estudadas duas alternativas de posicionamento do Vertedouro Complementar: uma, numa sela localizada na margem esquerda do rio Xingu, distante cerca de 1,5 km a montante do eixo de barramento da 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, onde seria posicionada a Barragem do Canal Principal; outra, no vale do Igarapé Ticaruca, distante cerca de 2,5 km a jusante do citado eixo. A primeira alternativa recebeu denominação idêntica à do sítio e a segunda foi batizada com o mesmo nome do igarapé.

Conforme arranjo geral apresentado no **Desenho BEL-V-10-100-0014 (Apêndice 4.88 – Volume 3)**, o primeiro local selecionado – Alternativa Bela Vista - possibilitou que o Vertedouro Complementar fosse concebido como um típico extravasor de ombreira, fundado sobre rocha de boa qualidade. O arranjo foi composto por um vertedouro de superfície de pequena altura em relação à carga de projeto, posicionado em sela topográfica paralela à margem esquerda do rio Xingu, da qual dista menos de 150 m. Para fechamento completo da sela foram previstas duas barragens laterais de aterro em solo, sendo no contato com o Vertedouro seus taludes contidos por muros-ala. Houve a necessidade de se prever a escavação de um canal de aproximação, que acabaria servindo de fonte de empréstimo de materiais para as barragens laterais e diques mais próximos.

O dimensionamento hidráulico indicou que o Vertedouro Complementar, para uma carga de projeto de 20 m, deveria ser dotado de quatro vãos de 20 m de largura, controlados por comportas do tipo segmento. O perfil vertente projetado foi do tipo “Creager”, seguido de curva circular e laje plana horizontal curta. Entre o final da laje e a margem esquerda do rio Xingu foi concebido um canal com cerca de 100 m de extensão e grande declividade, que ficaria encarregado de restituir as vazões vertidas à calha do rio, onde deveria ocorrer a dissipação de energia no bojo da massa d'água em trânsito no rio Xingu. O fundo do canal de

restituição coincidia com a superfície natural da rocha, sendo o fluxo contido por muros laterais de concreto.

Já para a Alternativa Ticarura, no vale do igarapé homônimo, as estruturas de concreto deveriam apresentar maior altura que aquelas correspondentes às da Alternativa Bela Vista, pelo fato de a rocha de fundação se encontrar em cota mais baixa. Em contrapartida, não haveria necessidade de ser escavado o canal de aproximação necessário para a outra alternativa. Deve-se mencionar que o Vertedouro e demais barragens necessárias nesta alternativa substituiriam o grande dique de fechamento do vale do Igarapé Ticaruca, denominado DIK-19.

Em termos hidráulicos, a estrutura extravasora da alternativa Ticaruca seria idêntica à anterior, a menos do trecho de jusante. Pelo fato de a restituição das vazões vertidas à calha natural do rio Xingu se dar em local confinado, foi prevista a realização de obras para dissipação da energia cinética da massa líquida vertida. Foram estudadas duas alternativas, uma em bacia clássica e outra com a combinação salto de *ski*/bacia de amortecimento, tendo sido adotada a segunda.

e.7) Alternativas Estudadas para os Diques

Todos os diques que na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade receberam a denominação de “Diques de Juruá” foram eliminados na 2ª Etapa dos estudos, em decorrência da mudança do local de barramento do rio Xingu.

Adicionalmente, a Barragem do Aturiá e alguns dos diques projetados na etapa anterior, e denominados “Diques de Kararaô” (cuja denominação atual é “Diques de Belo Monte”), foram otimizados na 2ª Etapa, sendo substituídos por outros, posicionados em locais mais convenientes, objetivando a redução dos volumes de aterro.

Finalmente, para fechamento do novo reservatório constituído na 2ª Etapa dos Estudos foram criados alguns diques novos, relacionados no **QUADRO 4.2.5-10**.

QUADRO 4.2.5-10 Diques criados na 2ª etapa dos Estudos de Viabilidade de Engenharia	
Dique Novo (2ª Etapa)	Estruturas Substituídas (1ª Etapa)
6ª	Barragem Aturiá
6B	Barragem Aturiá
6C	Barragem Aturiá
7ª	Diques 7/8
7B	Diques 7/8
7C	Diques 7/8
7D	Diques 7/8
23 a 29	-

FONTE: Estudos de Viabilidade CHE Belo Monte, ELETROBRÁS/ELETRONORTE 2002

Considerando que a maior parte dos diques projetados anteriormente permaneceu inalterada, decidiu-se por manter para os diques novos a mesma seção transversal típica concebida na etapa anterior, exceção feita aos diques 23 e 24, projetados com a seção típica adotada para as diversas barragens de terra homogênea.

e.8) Alternativas Estudadas para o Sítio Belo Monte

Para a seleção de eixo de barramento no Sítio Belo Monte foram pesquisadas quatro alternativas, todas situadas entre os vales dos igarapés Santo Antônio e Aturiá – vide **Desenho BEL-V-18-100-0070 (Apêndice 4.93 – Volume 3)**. Uma análise preliminar indicou que as duas alternativas mais próximas ao rio Xingu eram as que se mostravam mais atraentes sob os aspectos técnico e econômico – alternativas II e IV. Novos estudos foram procedidos, com pequenos deslocamentos nos eixos anteriormente selecionados (alternativas IIa e IV a), chegando-se a custos praticamente equivalentes, sendo a diferença entre eles inferior a 10%. Ponderando as vantagens de cada alternativa, concluiu-se por adotar um eixo intermediário entre as duas posições cotejadas.

Na sequência dos estudos de arranjo relativos ao eixo selecionado, admitiu-se como critério básico que a Casa de Força Principal estaria pré-dimensionada com 20 blocos de 33 m de largura cada, totalizando 660 m de extensão de crista. Seriam avaliados, então, dois aspectos principais: a distância entre a Tomada d'Água e a Casa de Força e o comprimento total de crista da estrutura de adução. Fixado o diâmetro dos condutos forçados em 10,9 m, foram efetuados estudos econômicos com relação à distância entre as estruturas, tendo-se concluído que quanto mais próximas, mais econômico seria o arranjo.

Foram concebidos, então, dois arranjos para comparação: o primeiro, denominado “reto”, com a Tomada d'Água com o mesmo comprimento da Casa de Força; o segundo, denominado “em leque”, onde os blocos da Tomada d'Água possuíam 25 m, o que conduzia a um comprimento total da estrutura de 500 m – vide **Desenho BEL-V 18-100-0071 (Apêndice 4.94 – Volume 3)**. Para este segundo arranjo, foi reavaliado o diâmetro do conduto forçado, obtendo-se um valor de 11,4 m, de forma a tornar as alternativas energeticamente equivalentes. As alternativas foram comparadas economicamente, chegando-se a valores praticamente idênticos entre elas, com diferença inferior a 1%. Com isso a seleção apoiou-se em aspectos técnico-construtivos, quando foram identificadas desvantagens do arranjo “em leque”, a saber:

- Necessidade de projetos de regulação diferenciados para as 20 unidades, de forma a serem obtidos iguais desempenhos das máquinas;
- Necessidade de projetos diferenciados também para as curvas dos condutos forçados que seriam diferentes;
- Blocos de ancoragem com maiores dificuldades construtivas, crescendo dos centrais para os extremos; e
- Maior número de apoios para os condutos.

Dessa forma, naquela oportunidade o arranjo com as duas estruturas com mesmo comprimento foi a alternativa selecionada, para ser detalhada na fase de Estudos Finais.

Considerando a grande extensão da Casa de Força Principal, e em decorrência dos grandes volumes envolvidos na escavação do Canal de Fuga, foram realizados estudos paramétricos procurando definir qual seria sua melhor geometria. Considerou-se que a base do canal poderia estar situada entre as elevações -3,0 m e -7,0 m e que sua largura poderia variar entre 300 m e 660 m. Na avaliação econômica foram ponderados os custos de escavação em solo e em rocha, de dragagem, bem como de energia perdida. Verificou-se que, para uma dada cota de fundo, existia uma largura na qual os custos eram mínimos. Levando-se em conta a conformação do topo rochoso ao longo do canal, decidiu-se por adotar a elevação -7,0 m como base do canal, tendo-se chegado à largura ideal de 400 m.

Procedeu-se também a estudos de alternativas de seções típicas para as barragens do Santo Antônio, Lateral Direita, Lateral Esquerda e do Aturiá, sendo esta última substituída por diques na atual etapa dos estudos, conforme mencionado no subitem (e.7). O **Desenho BEL-V-12-100-0072 (Apêndice 4.95 – Volume 3)** apresenta alternativas de seções estudadas para as Barragens Lateral Esquerda e do Santo Antônio. Foram analisados aspectos relacionados ao reaproveitamento de escavações obrigatórias no sítio, devidamente compatibilizadas com o cronograma de execução das barragens, assim como as condições de fundação de cada estrutura. Para as barragens do Santo Antônio e Lateral Esquerda foram adotados dois tipos de seção: nas ombreiras, seção homogênea em solo; no fundo do vale, seção mista do tipo enrocamento com núcleo de argila. No caso específico da Barragem Lateral Direita, as condições geológicas e topográficas foram decisivas para a escolha da seção adotada, a qual contou com corpo principal em solo, sendo o talude de montante estabilizado com aterro de enrocamento com inclinação bastante suave.

f) Conclusões sobre os Estudos de Alternativas Locacionais

f.1) Com Relação às Obras de Engenharia e aos Custos

Conforme mencionado anteriormente, foi estabelecida como uma das premissas básicas para o desenvolvimento da 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade a manutenção integral do arranjo geral concebido na 1ª Etapa para o Sítio Belo Monte. Assim, a avaliação de alternativas desenvolvida na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade ficou limitada aos Sítios Pimental e Bela Vista. Por sua vez, os estudos de alternativas de revestimento dos Canais de Derivação e da inclusão ou não de uma Casa de Força Complementar no Sítio Pimental, por não influenciarem na seleção do conjunto eixo/arranjo, também não foram considerados na avaliação comparativa de custos.

Foram cotejadas seis alternativas de eixo/arranjo, a saber:

- Eixo Ilha do Canteiro, sem a existência de Vertedouro Complementar;
- Eixo Ilha do Canteiro, considerando a existência do Vertedouro Complementar “Bela Vista”;
- Eixo Ilha do Canteiro, considerando a existência do Vertedouro Complementar “Ticaruca”;
- Eixo Ilha da Serra, sem a existência de Vertedouro Complementar;
- Eixo Ilha da Serra, considerando a existência do Vertedouro Complementar “Bela Vista”;

- Eixo Ilha da Serra, considerando a existência do Vertedouro Complementar “Ticaruca”.

Os eixos de barramento identificados no Sítio Pimental não apresentaram, tecnicamente, diferenças significativas entre si. A extensão da crista das estruturas de concreto e de terra/enrocamento era basicamente a mesma, suas sequências construtivas eram semelhantes e conduziam ao mesmo prazo de execução de obra.

Os vertedouros tinham desempenhos equivalentes, sendo que o maior número de blocos da estrutura extravasora no Eixo Ilha do Canteiro era compensado pela menor altura apresentada pela estrutura.

Nos dois eixos, as características das fundações eram semelhantes e as jazidas de materiais naturais de construção encontravam-se em distâncias equivalentes, entre outros aspectos relevantes.

A maior vantagem técnica do Eixo Ilha do Canteiro era, possivelmente, a de que a descarga efluente do Vertedouro Principal poderia ser dividida entre os dois canais que envolvem a Ilha da Serra. Já para o Eixo Ilha da Serra, a proteção e as facilidades logísticas que a presença da ilha oferecia à construção das estruturas de concreto seriam as vantagens principais a serem consideradas.

Com relação à existência ou não de Vertedouro Complementar, havia uma significativa vantagem técnica das alternativas que consideravam tal estrutura, principalmente, em decorrência dos seguintes fatores:

- Haveria uma sensível melhoria no desempenho do Vertedouro Principal, traduzida pelo incremento de seu coeficiente de descarga;
- A redução do número de blocos da estrutura permitiria uma melhor adequação do arranjo do Vertedouro Principal à topografia local, nos dois eixos estudados;
- Na laminação da vazão máxima provável (VMP), a existência do Vertedouro Complementar proporcionaria níveis d'água menos elevados na região do reservatório formado pelos diques, isto é, entre os Canais de Derivação e a Tomada d'Água Principal;
- No barramento do Sítio Pimental, as proteções dos taludes de jusante das obras de terra contra ondas ou fluxos d'água, bem como a cota de proteção contra inundação da Casa de Força Complementar, poderiam considerar níveis excepcionais de jusante mais baixos; e
- Criava-se a possibilidade de maior flexibilidade operacional do reservatório.

As vantagens destacadas compensavam amplamente os inconvenientes advindos da adoção do Vertedouro Complementar, quais sejam, a necessidade de implantação de canteiro adicional para sua construção e a criação de um extravasor adicional, que precisaria ser operado e mantido independentemente do Vertedouro Principal.

Adicionalmente, poderiam ser argumentadas algumas vantagens construtivas desta estrutura independente, por permitir que o seu cronograma de concretagem e montagem fosse totalmente desvinculado do regime hidrológico e das diversas fases de desvio do rio, garantindo maior flexibilidade de construção.

Na eventualidade de ser necessário efetuar reparos no Vertedouro Principal, a situação independente da estrutura complementar poderia permitir algumas vantagens construtivas e operacionais.

Com relação às duas alternativas estudadas de Vertedouro Complementar, sob o enfoque técnico as duas são equivalentes, pois têm desempenhos semelhantes quanto à capacidade de descarga. Entretanto, o Vertedouro Bela Vista tenderia a apresentar um melhor desempenho com relação à dissipação de energia que o Ticaruca, pelas características do local onde seriam restituídas as vazões vertidas.

Em termos de custos, as seis alternativas estudadas tiveram suas quantidades determinadas e foram orçadas, verificando-se que, para um mesmo eixo, a diferença máxima de custo entre as diversas alternativas de arranjo estudadas era da ordem de 1%. Constata-se, também, que o Eixo Ilha da Serra apresentou à época custos inferiores aos do Eixo Ilha do Canteiro, com valores de 12% em média.

f.2) Com Relação aos Fatores Socioambientais

Quanto aos fatores socioambientais, as alternativas de eixo de barramento estudadas mostravam-se indiferentes.

O Vertedouro Complementar, embora originalmente concebido para escoamento de parcela das vazões excepcionais de projeto, poderia apresentar algumas vantagens para a qualidade da água do reservatório e para operações relativas à fauna durante o enchimento do reservatório, devendo ser previstas regras operacionais para tais finalidades. Observa-se que tais vantagens, no entanto, para fins de sua confirmação dependeriam de resultados de estudos detalhados de modelagem matemática da qualidade das águas do reservatório dos canais.

Num primeiro momento, por ocasião do enchimento do reservatório, o Vertedouro Complementar poderia ser utilizado no controle do tempo de enchimento, de forma a permitir as atividades de salvamento e/ou facilitar a evasão da fauna remanescente. Além disto, também durante o período de enchimento e considerando que provavelmente apenas uma unidade de geração estivesse operando, este Vertedouro poderia ser operado para permitir uma renovação parcial da água, reduzindo o impacto sobre sua qualidade, a depender dos aspectos de modelagem no reservatório dos canais supracitados.

Durante a operação do reservatório, o Vertedouro Complementar poderia ser favorável para a qualidade da água nos braços do reservatório próximos ao mesmo, em virtude da possível circulação hidrodinâmica deficiente (“formação de braços mortos”). Nesse caso, o vertimento periódico de águas no período de cheias do rio possibilitaria a circulação e renovação das águas represadas nos vales desses igarapés.

Também para o caso de uma interrupção brusca na geração da Casa de Força Principal no Sítio Belo Monte, o Vertedouro Complementar poderia ser empregado para escoar a vazão em trânsito pelos canais, evitando o lançamento brusco de vazões no Vertedouro Principal, que apresentaria maiores complicadores de ordem socioambiental, em função da localização de comunidades marginais ao rio Xingu, no trecho a jusante dessa estrutura.

A localização do Vertedouro Complementar próximo ao trecho encachoeirado da Volta Grande também tenderia a possibilitar a rápida oxigenação das águas vertidas, o que reduziria as possibilidades de comprometimento da qualidade da água a jusante devido ao vertimento

de águas estagnadas. Novamente ressalta-se aqui a dependência dos resultados de modelagem matemática da qualidade das águas no reservatório dos canais, a ser desenvolvida em etapas posteriores dos estudos ambientais, que poderiam resultar em condicionantes ambientais específicos para operação da estrutura em questão.

f.3) Com Relação à Inserção Regional do AHE Belo Monte

As alternativas estudadas de Eixo/Arranjo foram consideradas indiferentes sob o ponto de vista da Inserção Regional. A relativa proximidade geográfica entre elas, considerando as dimensões amazônicas, assim como a não diferenciação em termos de vilarejos nos arredores das alternativas estudadas não permitiram estabelecer diferenças ou considerações preferenciais por qualquer das alternativas.

Por sua vez, a implantação da Casa de Força Complementar no Sítio Pimental proporcionaria a redução do custo de interiorização da energia do AHE Belo Monte. Isto porque a concessionária de energia do estado do Pará (CELPA) considerava, no planejamento de expansão da rede de distribuição elaborado anteriormente ao projeto desta Casa de Força Complementar, a necessidade da transposição do rio Xingu, nas proximidades de Altamira e, ainda, uma extensão de rede muito longa, de mais de 100 km, para a eletrificação das glebas Assurini e Ituna, visando a incorporação ao sistema interligado das localidades Ilha da Fazenda e Ressaca. A implantação da Casa de Força Complementar criaria, então, um novo ponto de entrega da energia na margem direita do rio Xingu, bem mais próximo das comunidades citadas.

f.4) Com Relação à Seleção da Alternativa de Eixo/Arranjo para o AHE Belo Monte

Com base nas argumentações técnicas anteriores, bem como a partir da estimativa de custos apresentada, foi selecionada para ser detalhada na fase de Estudos Finais de Engenharia a alternativa que contempla o barramento principal no Eixo Ilha da Serra, estando aí posicionado o Vertedouro Principal e uma Casa de Força Complementar, em conjunto com o Vertedouro Complementar “Bela Vista”.

Assim, o empreendimento caracterizado no presente EIA é, consequentemente, aquele configurado pelo eixo/arranjo supracitado.

Por fim, há que se concluir, por tudo o exposto neste Capítulo, que o AHE Belo Monte, ao longo de um período que se estende por quase 30 anos, considerando-se aqui o início dos estudos de inventário para a bacia do rio Xingu, foi objeto de estudos que contemplaram diferentes alternativas tecnológicas e locais para o aproveitamento hidrelétrico do potencial para geração de energia representado pela região da Volta Grande. Assim, diferentes alternativas foram cotejadas, levando-se em conta não só aspectos técnicos de engenharia e econômicos, como também socioambientais, tendo, como consequência, a modificação do arranjo geral do empreendimento ao longo do tempo, até se chegar à concepção objeto de caracterização no presente EIA.

Assim, e tendo em vista que há uma rigidez locacional no que tange ao aproveitamento do recurso natural representado pelo potencial hidrelétrico disponível na Volta Grande do Xingu, conclui-se que foram amplamente exploradas as alternativas técnicas, econômicas e socioambientais de exploração desse potencial, chegando-se à presente alternativa de arranjo geral do AHE Belo Monte. Este EIA, assim, analisa a concepção constante dos Estudos de

Viabilidade concluídos pela ELETROBRÁS/ELETRONORTE em fevereiro de 2002, de forma a verificar, em especial, aspectos inerentes ao empreendimento assim projetado que devam ser ainda aprimorados de modo a se chegar a uma solução que compatibilize a viabilidade ambiental do empreendimento com a manutenção da sua importância para o país, em termos de atendimento às demandas futuras pelo recurso energético, através da disponibilização da energia que pode ser gerada na Volta Grande do Xingu para subsistemas interligados ao SIN.

4.2.5.2 Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Plano decenal de expansão de energia: 2007/2016 / Ministério de Minas e Energia; Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Brasília : MME, 2007. 2 v. : il

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional: 2007: Ano base 2006; Relatório Final / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2007. 192 p.: 10 il

ELETROBRÁS/ELETRONORTE. Complexo Hidrelétrico Belo Monte. Estudos de Viabilidade – Relatório Final, Fevereiro 2002.

ELETRONORTE. Relatório Final dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do rio Xingu, 1980.

ELETROBRÁS. Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu, concluídos em outubro de 2007.

CNEC – Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores. Estudo de Impacto Ambiental. Usina Hidrelétrica de Kararaô, 1988

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. 2007. Balanço Energético Nacional (BEN) 2007. Disponível em:<<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: agosto de 2008

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. 2008. Balanço Energético Nacional (BEN) 2008 – Resultados Preliminares. Disponível em:<<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: agosto de 2008

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. 2007. Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2007-2016. Disponível em:< <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso em: agosto de 2008.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. 2008. Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2008-2017. Disponível em:< <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso em: agosto de 2008