

The text that follows is a TRANSLATION
O texto que segue é uma TRADUÇÃO

Silvicultura de plantação no Brasil: Projeções até 2050

Please cite the original article:
Favor citar o trabalho original:

**Fearnside, P.M. 1998. Plantation
forestry in Brazil: projections to
2050. *Biomass and Bioenergy*
15(6): 437-450. doi:
10.1016/S0961-9534(98)00061-0**

Disponível em: <http://philip.inpa.gov.br>

SILVICULTURA DE PLANTAÇÃO NO BRASIL: PROJEÇÕES ATÉ 2050

Philip M. Fearnside
Instituto Nacional de Pesquisas
da Amazônia (INPA)
C.P. 478
69011-970 Manaus, Amazonas

Fax: 55-92-236-3822
Tel.: 55-92-236-2652
55-92-642-3300 r. 314
Correio eletrônico PMFEARN@CR-AM.RNP.BR

1 Feb. 1995
10 Novembro 1995
15 de Novembro 1995
20 maio 1996
21 maio 1996
17 Feb. 1997
23 Feb. 1997
24 Feb. 1997
25 Feb. 1997

Índice

Relação das Tabelas	i
Relação das Figuras	ii
Resumo	iii
Introdução	1
Setor de Silvicultura no Brasil	
Tendências Atuais da Silvicultura	1
Níveis de Utilização de Produtos da Silvicultura	
Níveis atuais de utilização	2
Níveis projetados de utilização	3
Implicações para os Impactos e Medidas de Mitigação das Mudanças do Clima	9
Conclusões	10
Agradecimentos	10
Referências	11

Legendas das Figuras

Tabelas

Relação das Tabelas

Tabela 1 --Classificação de produtos de madeira por utilização e por consumidor no Brasil (1991).

Tabela 2 --Fontes do abastecimento de madeira no Brasil (1991).

Tabela 3 --Fontes brasileiras domésticas de abastecimento de madeira (1991).

Tabela 4 --Setor brasileiro de celulose e papel em 1991.

Tabela 5 --Utilização de lenha e carvão vegetal no Brasil.

Legendas das Figuras

- Figura 1 --Regiões do Brasil e locais mencionados no texto. O "Sul do Brasil" refere a parte que é nem da Amazônia nem do Nordeste.
- Figura 2 --A.) Exportação de produtos de madeira do Brasil. As projeções supõem que o Brasil mantenha uma fração constante do comércio mundial de produtos madeireiras, e que o total global aumenta em proporção à população dos países não-tropicais.
B.) Consumo doméstico de produtos madeireiras. As projeções supõem-se o consumo constante e a continuação de diminuição per capita em taxas de crescimento populacional.
- Figura 3 --Rendimentos marginais e cumulativos das plantações com a expansão da área de plantação no Brasil (baseado nos dados do FLORAM): A.) Sul do Brasil, B.) Nordeste, C.) Amazônia. Os rendimentos diminuem monotonamente em cada região como os incrementos aos setores de plantação cercam locais progressivamente menos produtivos.
- Figura 4 --Diagrama de alças causais do modelo para deslocamentos da atividade de estabelecimento de plantação entre as regiões do Brasil. Os sinais indicam a direção de mudança na quantidade na cabeça da seta, dada um aumento na quantidade na cauda da seta.
- Figura 5 --Áreas simuladas das plantações mantidas em cada região, mostrando o deslocamento da atividade da plantação do Sul do Brasil para o Nordeste e depois para a Amazônia.
- Figura 6 --Resultados simulados da relação dos rendimentos marginais e cumulativos à expansão da área de plantação. Observa a queda de rendimentos marginais na medida em que os melhores locais no Sul do Brasil estão ocupados, mas os rendimentos sobem quando a atividade de plantação se desloca ao Nordeste, depois do que a tendência descendente recomeça.

Resumo

O Brasil é afortunado em ter grandes áreas de terra sem cobertura florestal mas que são apropriadas para plantações silviculturais. Essas áreas, assim como grandes áreas restantes de floresta natural, fazem o País relativamente seguro no fornecimento das suas necessidades de produtos florestais, ao menos até o ano 2050, apesar da erosão possível dos recursos florestais pela mudança climática.

Supondo o consumo inalterado per capita de produtos de madeira e a constância da parte brasileira do comércio internacional, a área das plantações em 2050 seria 3,2 vezes maior que a área em 1991 se o clima e a tecnologia permanecerem inalterados.

Introdução

O Brasil já é um jogador global importante em termos de plantações de silvicultura, com 7×10^6 ha plantada até 1991 (FAO, 1994). Estas plantações representam 16% de total de 44×10^6 ha relatado pela Organização de Alimentos e Agricultura na zona tropical, e o Brasil é ultrapassado apenas pela Índia (19×10^6 ha) e pela Indonésia (9×10^6 ha) (FAO, 1994). Expansão suplementar é planejada no Brasil. No Estado de São Paulo, por exemplo, o governo planejou incentivar aumentar as plantações naquele estado de 750.000 ha em 1990 para $1,5-2,8 \times 10^6$ ha em 2015 (Governo de São Paulo, Fundação Florestal, 1993: 25).

Um cenário de referência que representa o desenvolvimento futuro provável do setor silvicultural do Brasil é necessário como ponto de partida para avaliar os efeitos potenciais de mudanças climáticas sobre as plantações no País, e para a tarefa associada de avaliar as implicações das propostas para combater o aquecimento global mediante o aumento do setor de plantações silviculturais no Brasil além da extensão à qual expandiriam de outra maneira. Tal cenário de referência fornece a testemunha, ou o cenário "negócios como sempre", contra o qual pode comparar a situação tal como afetada pela mudança climática e/ou por atividades silviculturais ou outras adicionais executadas para mitigar a mudança climática.

Silvicultura no Brasil

Tendências Atuais no Setor

Plantações silviculturais no Brasil estão pesadamente concentradas no "Sul do Brasil", que, para o presente trabalho, inclui as parcelas do País fora da Amazônia e do Nordeste semi-árido (Fig. 1). No Sul do Brasil, que também é o local da maioria da agricultura do País, a terra para plantações adicionais está a tornar-se cada vez mais escassa, e o movimento das novas iniciativas de plantações para a Nordeste e a Amazônia já tem começado.

[Figura 1 aqui]

Grandes firmas tradicionalmente tentaram plantar áreas suficientes para fornecer 70% das suas necessidades de madeira, com apenas o 30% sendo aceitos de terceiros na área vizinha. Tais políticas levam ao pouco benefício econômico para a área quando as terras arrendadas de uma firma expandem para dominar a paisagem, como no caso de algumas partes de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo. Como muitos outros tipos das empresas no Brasil, empresas silviculturais recentemente têm sido terceirizadas as suas operações, ou seja, contratados para fora atividades que anteriormente foram feitas pela própria empresa.

As firmas de celulose diminuíram as suas taxas de plantação face à atual queda de preço nos mercados internacionais de celulose (Luíz C.E. Rodrigues, comunicação pessoal, 1994). Isto pode levar a um aumento na plantação mediante os proprietários vizinhos que venderiam a sua produção às usinas de celulose. Não obstante, um déficit significativo é provável que ocorra antes que os preços aumentando induzirem proprietários individuais a plantar árvores.

Há tendências opostas no equilíbrio das plantações de curta-rotação e de longa-rotação no Brasil. A área plantada com coníferas (geralmente manejadas em rotações longas) diminuiu agudamente no Brasil, que pode conduzir a uma escassez de abastecimento até o fim do século (Mário Ferreira, comunicação pessoal, 1994). Ao mesmo tempo, sementes das espécies de eucalipto apropriadas para plantações de longa-rotação foram pedidas do Instituto de Pesquisas e Estudos Silviculturais (IPEF) em Piracicaba, São Paulo, em quantidades cada vez maiores relativas às espécies de curta-rotação, uma tendência que continuou desde 1980 (Ferreira, 1993: 17; Mário Ferreira, comunicação pessoal, 1994).

Uma mudança tecnológica poderia afetar a silvicultura de plantação mediante o aumento nos rendimentos das plantações através de melhoramentos genéticos e o manejo mais apurado. Na plantação do Jari no Pará e Amapá, progresso foi feito no melhoramento da qualidade das árvores plantadas e na compatibilização das variedades às condições de solo (Fearnside, 1988). Na plantação de Aracruz em uma área de Mata Atlântica no Espírito Santo, rendimentos espetaculares de mais de 80 m³/ha/ano foram obtidos em pequenas parcelas de demonstração nos melhores locais (Campinhos, 1991). Tais rendimentos altos, contudo, são de modo algum típicos da silvicultura no Brasil, nem mesmo das propriedades onde estas realizações impressionantes foram feitas.

A propriedade de Aracruz provavelmente tem um rendimento médio em torno de 35 m³/ha/ano, que é o rendimento médio sobre três ciclos, em vez dos rendimentos de primeiro ciclo que dão esses resultados espetaculares (Mário Ferreira, comunicação pessoal, 1994). Pequenas parcelas bem-cuidadas de demonstração também produzem inevitavelmente rendimentos mais altos que plantações na escala comercial. Os rendimentos na ordem de 30 m³/ha/ano (calculado como média de três ciclos) representam um limite prático na média para solos da qualidade daqueles nos 7 X 10⁶ ha já sob plantações (Mário Ferreira, comunicação pessoal, 1994). O foco está na diminuição do custo de colheita e de transporte, em vez do aumento no rendimento por hectare. É provável que qualquer melhoramento genético seria para desenvolver híbridos para terras marginais, em vez de para conseguir outros aumentos de rendimento nos melhores locais.

Níveis de Utilização de Produtos de Silvicultura
Níveis atuais de utilização

Produtos de madeira no Brasil em 1991 são classificados por utilização e por consumidor na Tabela 1, e são convertidos em equivalentes de madeira em tora. O cálculo de equivalente de madeira em tora é necessário a fim de saber os volumes de madeira que devem ser fornecidos para suprir estes produtos. Os produtos de madeira estão ademais divididos também entre aqueles para produtos finais localmente consumidos e aqueles para a exportação, para permitir projeções separadas das mudanças nestas duas classes (Tabela 1). O Brasil é altamente auto-suficiente em produtos de madeira, fornecendo de fontes domésticas 98,4% da sua madeira equivalente a madeira serrada e 99,3% do sua madeira para lenha e celulose, em termos dos equivalentes de madeira em tora.

As exportações representam 5,5% de madeira serrada produzida e 5,9% da madeira para lenha e madeira para celulose, em termos de equivalentes de madeira em tora. A lenha e madeira para celulose representam 82,7% da produção total de madeira. A lenha domina estas estatísticas com 69,8% de todos os produtos de madeira, em termos de equivalentes de madeira em tora.

[Tabela 1 aqui]

As fontes de abastecimento de madeira no Brasil são mostradas na Tabela 2, com madeira nas duas categorias principais (madeira serrada vezes celulose e lenha ou equivalente) divididas pela fonte, inclusive as importações. As plantações de curta-rotacão supõem-se que ocupem 95% da área total de plantação. Fontes domésticas de madeira equivalente de madeira para serraria e de lenha e madeira equivalente a madeira para celulose são repartidas entre a da exploração das florestas nativas e das plantações silviculturais na Tabela 3. As plantações abastecem 16% de madeira para serraria e 76% da madeira para lenha e celulose.

[Tabelas 2 e 3 aqui]

O setor brasileiro de celulose e papel em 1991 é resumido na Tabela 4, com produção, importações, exportações, reprocessamento, e consumo convertido aos equivalentes apropriados de madeira em tora. Tabela 4 distingue entre "reprocessamento" e o "consumo" de modo que benefícios locais oriundo do consumo de produtos madeireiros não sejam inflados pelos volumes reprocessados para a exportação. O consumo total de Brasil de $16 \times 10^6 \text{ m}^3$ em equivalentes de madeira em tora na forma final (papel e papelão) é duas vezes o montante exportado.

A utilização de lenha e carvão vegetal, apresentado por setor econômico na Tabela 5 para 1972 e 1987, mostra a utilização diminuindo de lenha residencial pela população brasileira cada

vez mais urbana e o aumento grande na utilização de carvão vegetal industrial (principalmente para a produção de ferro-gusa e aço). Considerando todos os setores, a utilização de carvão vegetal aumentou em quase 200% entre 1972 e 1987, enquanto que a utilização de lenha diminuiu em 35%. Em termos per capita, o aumento na utilização de carvão vegetal era 105%, enquanto que a diminuição na utilização de lenha era 55% durante este período.

O papel da energia produzida da queima de madeira modificou durante este período, com a percentagem fornecida pelo carvão vegetal aumentando de 2,7% para 4,0% e aquela da lenha diminuindo de 35,5% para 11,5%.

[Tabela 5 aqui]

Níveis projetados de utilização

As quantidades exportadas de madeira das plantações de longa-rotação (que produzem a madeira equivalente de madeira para serraria) supõem-se que modificam em proporção às mudanças na população dos países não-tropicais. Estes países supõe-se que representem o mercado potencial para exportações de madeira brasileira, pois os países tropicais são pouco suscetíveis de permitir-se importar estes produtos em quantidades significativas. Estas projeções de exportação começam em 1992, começando dos valores de 1991 apresentados no relatório da FAO (1993). A exportação dos produtos derivados das plantações de curta-rotação (celulose, papel e papelão, carvão vegetal e ferro-gusa derivada do carvão vegetal) supõe-se que segue as mesmas tendências da população dos países não-tropicais. A exportação dos produtos de madeira do Brasil, expressada como equivalentes de madeira em tora, é projetada na Fig. 2. O consumo doméstico dos produtos de madeira é mostrado na Fig. 3.

[Figuras 2 e 3 aqui]

O consumo doméstico de todos os produtos de madeira supõe-se que aumenta em proporção à população nacional, supondo a taxa de crescimento anual de população brasileira continuasse a diminuir na mesma taxa observada durante os últimos dois períodos de recenseamento (taxa anual de crescimento de população caindo 0,2 por cento cada década). Sob esta suposição, a população alcançaria 363 milhões no ano 2050. A população do Brasil alcançaria 554 milhões em 2050 se a taxa de 1980-1992 continuasse inalterada (uma ocorrência improvável).

As mudanças na população e consumo entre 1980 e 1991 indicam que a procura para lenha e a procura para madeira serrada são melhor previstas pelo crescimento de população total, embora pudesse pensar que a procura para lenha seria mais rigorosamente relacionada com a população rural, e que a procura para madeira serrada poderia mais rigorosamente ser relacionada com a

população urbana. A maioria da lenha é utilizada por padarias, por olarias e outras indústrias. O consumo residencial diminuiu 50% durante o período de 1972-1987, ou seja, por 67% numa base per capita (Tabela 5).

Mostrou-se que a procura per capita de papelão e papel em muitos países aumentam com o produto interno bruto (PIB) crescente, enquanto que a elasticidade do PIB diminui com renda per capita (Baudin & Lundberg, 1987: 191). A procura deveria por conseguinte aumentar mais rapidamente que em proporção direta com o crescimento de população, suposto aqui.

As áreas de plantação de silvicultura supõem-se que expandem para fornecer o nível de produção (consumo doméstico + exportações - importações) necessário no ano em que a plantação será colhida. Os rendimentos supõem-se que começam em 20 m³/ha/ano para as plantações de "longa-rotação" plantadas num ciclo de 12 anos, e 30,2 m³/ha/ano para as plantações de "curta-rotação" plantadas num ciclo de 6 anos. O rendimento de "curta-rotação" é a média dos rendimentos médios em sete grandes empresas de plantação apresentados por Carpentieri et al. (1993).

Na medida em que a área sob plantações aumenta, o rendimento médio diminui devido à expansão para terras cada vez mais marginais e menos produtivas. Para o Sul do Brasil, a diminuição pode ser pressuposta das áreas identificadas para plantações industriais pelo Projeto FLORAM (Florestas, Ambiente). Este projeto, proposto pela Universidade de São Paulo como uma estratégia de mitigação do aquecimento global, identificou 20.148.000 ha com "potencial para o reflorestamento", dos quais 71,8% seria para plantações industriais, 14,4% para o reflorestamento corretivo, e 13,8% para o reflorestamento "misto" (Ab'Saber et al., 1990: 78). O total de 20 milhões ha representam 12,6% da paisagem nas zonas selecionadas para o programa. Com a exceção da Amazônia e do Nordeste semi-árido, as zonas selecionadas para o programa representam, muito aproximadamente, um-terço da área de terra no restante do País (i.e., "Sul do Brasil").

Os rendimentos iniciais foram diminuídos em relação às esperanças do Projeto FLORAM, que previu rendimentos de 49,5 m³/ha, nas melhores terras para plantações industriais ou cerca de 40% mais altos de que os 30,2 m³/ha (Carpentieri et al., 1993) obtido agora por grandes empresas. A razão dos dois foi utilizada para ajustar os rendimentos.

Como as áreas de plantação expandem, fatores biológicos também contribuiriam para que os rendimentos diminuíssem. Os problemas com pragas e doenças aumentariam na medida em que as áreas de plantação expandissem. O número de espécies de pragas aumenta em proporção à área das plantações na medida em que os

insetos locais adaptam ou evoluem para explorar o novo recurso. No eucalipto em Minas Gerais, uma relação positiva significativa foi encontrada entre as áreas das plantações em cada município e a severidade dos surtos de pragas de insetos (Moraes et al., 1982). Este fenômeno geral mostrou-se claramente no caso do cacau (Strong, 1974). Além disso, quanto mais uma espécie exótica é presente num novo setor (como o eucalipto no Brasil), maior a carga de pragas, independente da área plantada, como mostrou-se no caso da cana de açúcar (Strong et al., 1977).

A atração financeira das plantações pode ser esperada a diminuir na medida em que a expansão das áreas conduz à diminuição do rendimento. Estas limitações, contudo, não levantam uma circunscrição clara na expansão de plantações no Brasil devida à sua vasta área de terra. Caso que mercados tivessem disponíveis e os preços suficientes para justificar os insumos, áreas muito maiores poderiam ser plantadas que são consideradas pelo Projeto FLORAM.

A proposta do FLORAM está bastante detalhada no seu tratamento do potencial silvicultural no Sul do Brasil, mas não tenta o mesmo detalhe para o Nordeste e a região Amazônica. Dos $14,5 \times 10^6$ ha classificados para plantações industriais pelo FLORAM, $12,7 \times 10^6$ ha (88%) estão no Sul do Brasil, $0,5 \times 10^6$ ha (3%) estão no Nordeste, e $1,3 \times 10^6$ ha (9%) estão na Amazônia (calculada de Ab'Saber et al., 1990: 88, 99-102). A extrapolação das pequenas áreas examinadas pelo FLORAM para áreas maiores na Amazônia e no Nordeste introduz um grau substancial de incerteza.

Um estudo tal como a avaliação de FLORAM no Sul do Brasil seria necessário para estimar com segurança a curva que relaciona os rendimentos marginais à expansão das áreas de plantação na Amazônia e no Nordeste, mas, infelizmente, tal estudo ainda não existe. Para o Nordeste, um estudo de zoneamento feito nos anos 1970 pelo hoje extinto Programa do Desenvolvimento e Pesquisas Florestais (PRODEPEF) fornece recomendações para diferentes espécies silviculturais por cada zona climática, mas não determina os rendimentos ou áreas disponíveis (Golfari & Caser, 1977). Um segundo volume constata que virtualmente todo o Brasil é apropriado para uma ou outra espécie de eucalipto (Golfari et al., 1978).

A extrapolação dos dados do FLORAM utilizados aqui para todo o Brasil está mais complicada do que poderia se pensar. Empresas silviculturais e as indústrias que as fornecem são relutantes de estabelecer novas bases de operação em áreas distantes e pouco conhecidas como a Amazônia. Atualmente, silvicultura está concentrada no Sul do Brasil. Devido ao alto custo das transportes, as empresas de celulose encontram aproximadamente a mesma rentabilidade para investimentos em melhoramentos tecnológicos (como técnicas clonais) para as terras marginais no Estado de São Paulo, onde a produção sob o manejo normal seria

apenas 12 m³/ha/ano, que seria o caso para trazer madeira de locais do norte de Minas Gerais onde a terra pode produzir até 40 m³/ha/ano (Mário Ferreira, comunicação pessoal, 1994). As firmas estabelecidas são relutantes em plantar em áreas distantes porque ter uma área contínua é uma grande vantagem na facilitação da administração das empresas. Isto é apenas verdade até certo ponto: quando as firmas alcançam certo tamanho começam a sofrer de várias fontes de ineficiências, e freqüentemente racham ou encontram maneiras de subdividir a administração das suas operações. As firmas tais como Suzano ou Champion, cada uma com aproximadamente 100.000 ha de plantações no Estado de São Paulo, iam encontrar dificuldades para duplicar as suas áreas mesmo se a terra se encontrava prontamente disponível.

A curva tradicional ininterrupta de diminuição de rendimento marginal com a expansão das áreas cumulativas das plantações não serve para expansão da silvicultura às novas regiões. Decisões silviculturais não estão baseadas unicamente na aumentação do rendimento esperado em m³/ha/ano. Em vez disso, o fator que norteia as decisões é a maximização do lucro esperado, com as correções apropriadas para o risco percebido. Caso que um indicador de lucratividade fosse utilizado em vez de m³/ha/ano, esperaria uma diminuição ininterrupta com a expansão das plantações.

Para os locais identificados para plantações industriais nas zonas selecionadas pelo Projeto FLORAM no Sul do Brasil, o rendimento espera-se que diminua com área crescente segundo as indicações de Fig. 4-A (calculada de Ab'Saber *et al.*, 1990: 91).

As relações do rendimento marginal à expansão da área encontram-se na Fig. 4-B para o Nordeste e na Fig. 4-C para a Amazônia, baseado nas partes destas regiões examinadas pelo FLORAM.

[Figura 4 aqui]

A proposta de FLORAM parece ser otimista em relação aos melhores rendimentos marginais obteníveis no Sul do Brasil (49,4 m³/ha/ano) e no Nordeste (38,1 m³/ha/ano). Ao mesmo tempo, os melhores rendimentos marginais indicados para Amazônia (17,7 m³/ha/ano) são mais baixos que aqueles implicados pelas experiências silviculturais conduzidas pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) em aproximadamente 150 locais na área de Carajás. As áreas propostas no Nordeste e na Amazônia representam frações muito pequenas das áreas totais de terra nestas regiões. É no vastidão de território do Brasil, especialmente na Amazônia, que é o fato o mais saliente no que diz respeito à expansão potencial da silvicultura. A fim de capturar esta característica, pelo menos em termos qualitativos, aqui considera-se que as áreas disponíveis são muito maiores que aquelas utilizadas pelo FLORAM para a Amazônia e o Nordeste. No caso do Nordeste, expansão

substancial de silvicultura é provável durante as próximas décadas porque o cacau, uma cultura importante em áreas de pluviosidade alta do Estado da Bahia, está se tornando menos viável economicamente em consequência de baixos preços. A diminuição global dos preços de cacau desde 1977 foi corretamente prevista pelo Banco Mundial (International Bank for Reconstruction and Development, 1981: 100) e não é provável que será invertida a tempo para salvar as plantações de cacau no Brasil. O espalhamento da vassoura da bruxa, causada pelo fungo Crinipellis pernicioso, está a acelerar a diminuição. A área considerada aqui para o Nordeste é $6,8 \times 10^6$ ha (dez vezes a área classificada por FLORAM), enquanto que a área para a Amazônia é $142,6 \times 10^6$ ha: aproximadamente 100×10^6 ha de savanas (Fearnside & Ferraz, 1995) mais $42,6 \times 10^6$ ha desmatadas até 1991 (Fearnside, 1993), dando um total 111 vezes maior que os $1,3 \times 10^6$ ha em Amazônia classificada pelo FLORAM. Da área desmatada na Amazônia, aproximadamente 50,2% está em utilizações ativas tais como a agricultura ou a pastagem produtiva, enquanto que 49,8% é pastagem degradada ou floresta secundária com idades e origens diferentes (Fearnside, 1996). A área potencialmente "disponível" excede consideravelmente a extensão provável de expansão de plantações até 2050.

As relações que controlam as mudanças interregionais nas plantações devem ser especificadas, mas isto pode ser feita apenas para refletir impressões gerais de como ocorrerá a mudança provavelmente. Nos resultados apresentados aqui, supõe-se que a silvicultura é implantada no Sul do Brasil (dentro dos limites de área disponível) em proporção à razão do rendimento marginal disponível nessa região ao rendimento máximo marginal disponível na Amazônia e no Nordeste. Esta relação supõe-se que sustenta uma máxima de 90% da plantação total: a proporção plantada no Sul do Brasil aumenta de uma forma linear de zero para um rendimento marginal de zero até 0,9 quando o rendimento marginal triplicar-se em relação ao máximo disponível em outra parte. A fração de plantação fora do Sul do Brasil que é distribuído na Amazônia é um mínimo de 10% (para rendimentos marginais na Amazônia inferior ou igual àqueles disponíveis no Nordeste), aumentando numa forma linear até uma máxima de 90% quando o rendimento marginal em a Amazônia é o triplo do que seria disponível no Nordeste.

Enquanto que resultados quantitativos devem ser considerados como tênues, pode ainda chegar a conclusões importantes em relação à forma da relação entre a expansão da área e o rendimento numa escala nacional. Se chega ao equilíbrio entre a plantação nas três regiões mediante primeiramente a separação a nova atividade de plantação no Sul do Brasil do resto do País (baseado no rendimento marginal no Sul do Brasil em relação ao melhor rendimento disponível em outra parte). A plantação feita fora do Sul do Brasil está dividida entre a Amazônia e o Nordeste

baseado na fração desta plantação que é feita na Amazônia. Estes fatores estão integrados num modelo de dinâmica de sistemas (Fig. 5).

[Figura 5 aqui]

O modelo resulta numa progressão da atividade da plantação que desloca de Sul do Brasil ao Nordeste e então à região Amazônica (Fig. 6). Devido aos saltos no rendimento marginal como os deslocamentos da expansão de plantação de uma região para outra, a relação não é uma diminuição monotônica, mas em vez disso, cai e depois aumenta outra vez, como nos resultados simulados na Fig. 7. As áreas cumulativas nestes cálculos são áreas além das áreas iniciais (1990) de plantação, que eram aproximadamente 6×10^6 ha no Sul do Brasil, 1×10^6 ha no Nordeste e $0,17 \times 10^6$ ha na Amazônia.

[Figuras 6 e 7 aqui]

Se o cálculo for feito supondo um movimento desimpedido entre as regiões para plantar por ordem decrescente de terra marginal, uma diminuição ininterrupta em forma de degraus é obtida no rendimento marginal com expansão de área. Com a inclusão explícita dos movimentos interregionais, a relação (Fig. 7) mostra o mesmo padrão geral para a primeira parte da curva, refletindo a concentração da plantação no Sul do Brasil (até aproximadamente 16×10^6 ha). O fenômeno dos segmentos da curva que sobem após os deslocamentos interregionais (como a "corcunda" que reflete o deslocamento do Sul do Brasil para o Nordeste depois que a área cumulativa de plantação alcança 18×10^6 ha na Fig. 7) está mais pronunciado se rendimentos mais otimistas forem utilizados no cálculo para o Nordeste e, especialmente, para a Amazônia. O rendimento máximo marginal suposto na Amazônia tem o mesmo valor que os rendimentos mais baixos no Nordeste (Fig. 4), dando lugar a nenhuma "corcunda" aparecendo na Fig. 7 quando a atividade de plantação desloca para a Amazônia depois que a área cumulativa de plantação alcança 28×10^6 ha (Fig. 6). Deve ser enfatizada que a ausência de parameterização seguro para o Nordeste e a Amazônia faz com que apenas a forma da relação tenha sentido na escala nacional. A mesma forma é provável que aplique-se numa escala global para movimentos de atividade de plantação de áreas silviculturais tradicionais (geralmente nas zonas temperadas) para as áreas tropicais.

Implicações para Impactos e Medidas de Mitigação das Mudanças do Clima

Os cálculos acima estão baseados numa economia dirigida por procura. Em outras palavras, supõem-se que a procura da população doméstica e as quantidades de exportação projetadas serão abastecidas, e calculam-se como isto seria feita, em vez de

permitir que estes fluxos de produtos sejam diminuídos caso se tornassem demasiado caros para manter. A fim de ser utilizada na avaliação de programas para subsidiar a silvicultura como uma medida de mitigação ao aquecimento global, deve também ter informações sobre como a economia maior responderá às mudanças. Se a silvicultura subvencionada fosse apenas substituir a silvicultura não subsidiada em outra parte, e/ou se os produtos de madeira produzidos pelas plantações subvencionadas substituíssem produtos que seriam obtidos das fontes não subsidiadas em outra parte, o ganho líquido no armazenamento de carbono pode ser pequeno ou inexistente.

O cenário derivado aqui para o rendimento das plantações e a expansão de área até o ano 2050 é conservadora em muitas maneiras, sobretudo para a segunda metade deste período. Supõe-se que a procura doméstica per capita seja constante para os produtos de madeira (se a economia e afluência do Brasil crescerem, a procura per capita pode bem aumentar). Também supõe-se que o Brasil terá uma percentagem constante das exportações aos países desenvolvidos. Além do que a competição para uma fatia maior dos mercados existentes, desenvolvimentos futuros na utilização de biomassa poderiam apresentar possibilidades para o Brasil de expandir-se as suas plantações além dos níveis indicados por projeções atuais de procura para produtos de madeira. Avanços importantes foram feitos no aperfeiçoamento de células de combustível de hidrogênio como um substituto para o motor a combustão interna. Os protótipos, tais como os ônibus no aeroporto internacional de Los Angeles, fornecem demonstrações visíveis. Uma das melhores transportadores para hidrogênio é o metanol, suscetível de ser produzido da biomassa. Se as células de combustível de hidrogênio se tornam um substituto significativo para combustíveis fósseis líquidos no transporte, isto poderia consideravelmente aumentar o mercado mundial para produtos silviculturais dentro do horizonte de tempo de 2050 considerado no trabalho atual. Williams (1994) calcula que o metanol derivado a partir das plantações de 300×10^6 ha poderia substituir o consumo atual mundial de combustíveis fósseis líquidos.

As suposições de rendimento do trabalho atual incluem a produtividade reduzida devida à plantação em terras mais marginais, mas não incluem os impactos de mudança climática. Nenhuma mudança climática é a suposição apropriada para um cenário de referência para avaliar impactos de mudança climática, mas não para um cenário de referência para avaliar o efeito de plantações por seqüestro de carbono. Rendimentos diminuídos devido a todos os fatores, inclusive a mudança climática, diminuiriam a eficácia das plantações para seqüestro de carbono.

Mudanças positivas, como o avanço tecnológico no melhoramento genético das árvores, também foram omitidas do cenário de referência. Estas mudanças poderiam ser iguais na magnitude das diminuições de rendimento devido à expansão em terras mais marginais, mas não poderiam negar as implicações de política das diminuições por-hectare calculadas em consequência de uma pior qualidade das terras disponíveis, da mudança climática, ou de outros fatores. O cuidado seria indicado mesmo se as influências positivas e negativas previstas estavam do mesmo valor porque impactos negativos devem ser abordados com base no princípio precaucionário (*i.e.*, supondo-se que as mudanças negativas hipotéticas ocorrerão de fato), enquanto que seria mais sábio tratar avanços tecnológicos futuros visando "não contar as suas galinhas antes que chocassem."

A expansão da silvicultura na escala indicada no cenário de referência desenvolvida aqui teria impactos importantes sociais, assim como ambientais. Para avaliar esta exigiria um cenário de referência para os impactos sociais implicados pelas mudanças de paisagem apontadas no trabalho atual. Estudos deste tipo estão necessários para o Brasil poder tomar decisões informadas, pois formular propostas para a expansão da silvicultura como uma resposta ao aquecimento global (por exemplo, sob a Global Environmental Facility ou outras programas). Estes estudos também estão necessários para o debate informado sobre como os países, empresas de energia e agências internacionais interessadas no financiamento de opções de mitigação do aquecimento global devem melhor gastar o seu dinheiro. Os projetos empreendidos como opções de mitigation de aquecimento global necessitam conseguir o objetivo de armazenamento de carbono crescente e o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável em maneiras que contribuem ao bem-estar das populações locais.

Conclusões

Os cálculos no trabalho atual indicam aumentos muito substanciais em plantações silviculturais no Brasil até o ano 2050 apenas para abastecer o mercado ao nível de procura per capita atual da população projetada do Brasil e para exportar os produtos madeireiras a níveis indicados por tendências de crescimento populacional nos países de importação, supondo que a fatia brasileira do comércio internacional permanece inalterada.

Sem mudança climática, o setor brasileiro de plantações em 2050 seria 3,2 vezes maior que o setor em 1991 se as suposições da análise atual forem corretas. Estes grandes setores de plantações implicam mudanças sociais e ambientais substanciais.

Agradecimentos

Agradeço a Mário Ferreira, S.V. Wilson e três revisores anônimos por comentários sobre o manuscrito. O Pew Scholars Program for Conservation and the Environment forneceu o financiamento.

Luiz C.E. Rodrigues, Department of Forest Sciences, Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz" (ESALQ), Piracicaba, São Paulo, Brazil, personal communication (1994).

Mário Ferreira, Department of Forest Sciences, Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz" (ESALQ), Piracicaba, São Paulo, Brazil, personal communication (1994).

Legendas das Figuras

Figura 1 --Regiões do Brasil e locais mencionados no texto. O "Sul do Brasil" refere a parte que é nem da Amazônia nem do Nordeste.

Figura 2A --Exportação de produtos de madeira do Brasil. As projeções supõem que o Brasil mantenha uma fração constante do comércio mundial de produtos madeireiras, e que o total global aumenta em proporção à população dos países não-tropicais.

2B --Consumo doméstico de produtos madeireiras. As projeções supõem-se o consumo constante e a continuação de diminuição per capita em taxas de crescimento populacional.

Figura 3 --Rendimentos marginais e cumulativos das plantações com a expansão da área de plantação no Brasil (baseado nos dados do FLORAM): A.) Sul do Brasil, B.) Nordeste, C.) Amazônia. Os rendimentos diminuem monotonamente em cada região como os incrementos aos setores de plantação cercam locais progressivamente menos produtivos.

Figura 4 --Diagrama de alças causais do modelo para deslocamentos da atividade de estabelecimento de plantação entre as regiões do Brasil. Os sinais indicam a direção de mudança na quantidade na cabeça da seta, dada um aumento na quantidade na cauda da seta.

Figura 5 --Áreas simuladas das plantações mantidas em cada região, mostrando o deslocamento da atividade da plantação do Sul do Brasil para o Nordeste e depois para a Amazônia.

Figura 6 --Resultados simulados da relação dos rendimentos marginais e cumulativos à expansão da área de plantação. Observa a queda de rendimentos marginais na medida em que os melhores locais no Sul do Brasil estão ocupados, mas os rendimentos sobem quando a atividade de plantação se desloca ao Nordeste, depois do que a tendência descendente recomeça.

Referências

- ABRACAVE (Associação Brasileira de Carvão Vegetal). (1993). Anuário Estatístico. ABRACAVE, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
- Ab'Saber, A., Goldemberg, J., Rodés, L. & Zulauf, W. (1990). Identificação de áreas para o florestamento no espaço total do Brasil. Estudos AVANÇADOS 4: 63-119.
- Baudin, A. & Lundberg, L. (1987). A world model for the demand for paper and paperboard. Forest Science 33: 185-196.
- Campinhos Jr., E. (1991). Plantation of fast-growing species for tropical areas. Actes du 10^e Congrès Forestier Mondial Vol. 5. Revue Forestière Française Hors Série No. 511-120.
- Carpentieri, A.E., Larson, E.D. & Woods, J. (1993). Future biomass-based electricity supply in Northeast Brazil. Biomass and Bioenergy 4: 149-173.
- Couto, L. and Betters, D.R. (1995). Short-rotation eucalypt plantations in Brazil: Social and environmental issues. Oak Ridge National Laboratories Technical Report ORNL/TM-12846, National Technical Information Service, Springfield, VA.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1993). Forestry Statistics Today for Tomorrow: 1961-1991...2010. FAO, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1994). Forest Products Yearbook 1992. FAO, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1994). Forest Resources Assessment 1990: Tropical Countries. FAO For. Pap. 112, Rome.
- Fearnside, P.M. (1988). Jari at age 19: Lessons for Brazil's silvicultural plans at Carajás. Interciencia 13, 12-24; 13, 95.
- Ferreira, M. (1993). A contribuição do setor de sementes do LCF/IPEF para a silvicultura intensiva brasileira. IPEF Piracicaba 46, 8-31.
- Fearnside, P.M. (1993). Deforestation in Brazilian Amazonia: The effect of population and land tenure, Ambio 22, 537-545.
- Fearnside, P.M. (1996). Amazonian deforestation and global warming: Carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. For. Ecol. Manage. 80: 21-34.

Fearnside, P.M. & Ferraz, J. (1995). A conservation gap analysis of Brazil's Amazonian vegetation, Conservation Biology **9**, 1-14.

Golfari, L. & Caser, R.L. (1977). Zoneamento Ecológico da Região Nordeste para Experimentação Florestal. Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF) Série Técnica No. 10 (PNUD/FAO/IBDF/BRA-45), PRODEPEF, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), Brasília, Brazil.

Golfari, L., Caser, R.L. & Moura, V.P.G. (1978). Zoneamento Ecológico Esquemático para Reflorestamento no Brasil, 2ª aproximação. Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF) Série Técnica No. 10 (PNUD/FAO/IBDF/BRA-45), PRODEPEF, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), Brasília, Brazil.

Governo de São Paulo, Fundação Florestal. (1993). Plano de Desenvolvimento Florestal Sustentável. Governo de São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo (Fundação Florestal), São Paulo, Brazil.

Governo de São Paulo, Fundação Florestal and Fundo Florestar. (1993). Florestar Estatístico, Vol. 1, No. 3. Governo de São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo (Fundação Florestal) and Fundo de Desenvolvimento Florestal (Fundo Florestar), São Paulo, Brazil.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (1989). Anuário Estatístico do Brasil 1989, Vol. 49. IBGE, Rio de Janeiro, Brazil.

International Bank for Reconstruction and Development (World Bank), (1981). Brazil: Integrated Development of the Northwest Frontier. World Bank, Washington, DC.

Moraes, G.W.G., Brun, P.G. & Soares, L.A. (1982). Ocorrência de Lepidópteros desfolhadores de eucalipto em Minas Gerais e as perspectivas para o seu controle. Ciência e Cultura **34** suplemento: 575.

Reis, M.G.F., dos Reis, G.G., Valente, O.F. & Fernandes, H.A.C. (1994). Sequestro e armazenamento de carbono em florestas nativas e plantadas dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. pp. 155-195 In Emissão e Sequestro de CO₂: Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil, (M. Reis & M. Borgonavi, Eds.), Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), Rio de Janeiro.

Sedjo, R.A. (1983). The Comparative Economics of Plantation Forestry: A Global Assessment. Resources for the Future, Washington, DC.

Strong Jr., D.R. (1974). Rapid asymptotic species accumulation in phytophagous insect communities: The pests of cacao. Science 185: 1064-1066.

Strong Jr., D.R., McCoy, E.D. & Rey, J.R. (1977). Time and the number of herbivore species: The pests of sugarcane. Ecology 58: 167-175.

UNDP (United Nations Development Programme), s/d [1993]. Integrated ecosystem management of the semiarid forests (caatinga) of the Northeastern region of Brazil. GEF Project Activity Initiation (AIB), UNDP, Brasilia, Brazil (unpublished).

Veríssimo, A., Barreto, P., Mattos, M.M., Tarifa, R. & Uhl, C. (1992). Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: The case of Paragominas. Forest Ecology and Management 55: 169-199.

Williams, R. (1994). BioResources and Energy: Overview. Presentation at BioResources '94: International Conference, Bangalore, India, 4 Oct. 1994.

Tabela 1: Classificação de Produtos Madeireiras por Uso e Consumidor no Brasil (1991)

Catego- ria	Produ- to	Quantidade de produto em 1991							Equivalente a madeira em tora							
		Uni- dad- es	Prod- zido	Imp- or- tad- o	Exp- or- tad- o	Repr- o- cess- ado	Consu- mo domés- tico (todas fontes)	Consu- mo domés- tico (font- es domés- ticas)	Uni- dad- es	Conver- são para madeir- a em tora	Produ- zido	Impor- tado	Expor- tado	Repro- cessado	Consumo domés- tico (todas fontes)	Consumo domés- tico (fontes domés- ticas)
Madeira em tora ou equiva- lente	Madeira serra- da	10 ³ m ³	17,1 79 ^a	265 ^a	479 ^b	0 ^a	16,96 5 ^a	16,70 0 ^a	10 ³ m ³	2.13 ^c	36,55 1	564	1,019	0	36,096	35,532
	Painéis de madeira	10 ³ m ³	2,89 2 ^a	44 ^a	616 ^a	0 ^a	2,319 _a	2,275 _a	10 ³ m ³	2.06 ^d	5,944	90	1,266	0	4,766	4,676
	Madeira em tora (inte- r- nacio- nal)	10 ³ m ³	73 ^a	119 ^a	73 ^e	119 ^a	0	0	10 ³ m ³	1.00	73	119	73	119	0	0
	Subtotal: Toras ou equivalente								10 ³ m ³		142,5 68	773	2,358	119	40,862	40,207
Combustível	Celulose	10 ³ t	4,71 4 ^a	0 ^a	1,0 57 ^a	671 ^f	2,986 _a	2,986 _a	10 ³ m ³	4.70 ^g	22,15 6	0	4,968	3,156	14,032	14,032

&
celulo
se ou
equiva
lente

Papel (inte r- nacio nal)	10 ³ t	---	234 ^a	840 ^a	0 ^a	234 ^a	0 ^a	10 ³ m ³	3.76 ^h	0	879	3,156	0	879	0
Lenha	10 ³ m ³	172, 023 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	172,0 23 ^a	172,0 23 ^a	10 ³ m ³	1.00	172,0 23	0	0	0	172,023	172,023
Carvã o para uso local	10 ³ t	1,94 9 ⁱ	---	0 ⁱ	---	1,949 _i	1,949 _i	10 ³ m ³	3.00 ^j	5,847	0	0	0	5,847	5,847
Carvã o para expor - tação e ferro & aço expor - tados	10 ³ t	1,31 2 ⁱ	---	1,3 12 ⁱ	---	0 ⁱ	0 ⁱ	10 ³ m ³	3.00 ^j	3,935	0	3,935	0	0	0
Subtotal: Combustível e celulose								10 ³ m ³		203,9 61	879	12,059	3,156	192,782	191,903
Total Grande								10 ³ m ³		246,5 29	1,652	14,417	3,275	233,643	232,110

^a FAO (1993).

^b Madeira serrada exportada ilegalmente crê-se indicar um total muito maior.

^c Verissimo et al. (1992).

^d Valor para os painéis de madeira é uma média ponderada para o estado de São Paulo 1993 para a produção de fiberhardboard (570 X 10³ t capacidade instalada consumindo em potencial 2,280 X 10³ "steres" de madeira) e aglomerado (238 X 10³ t capacidade instalada consumindo em potencial 595 X 10³ "steres" de madeira), usando a conversão para eucalipto de 577.6 kg de madeira por "stere" (Governo do Estado de São Paulo, Fundação Florestal & Fundo Florestal, 1993, pp. 11 & 53). "Steres" são m³ de madeira empilhada, incluindo o ar entre as peças. Densidades de madeira em tora e painéis de madeira são presumidos iguais.

^e FAO (s/d [1994]) Forest Products Yearbook 1992 valor para exportações de madeira em tora para 1991 usado (73 X 10³ m³). FAO (1993) usa o valor muito mais baixo de 4 X 10³ m³. Outros valores são de FAO (1993). Madeira em tora exportada ilegalmente crê-se indicar um total muito maior.

^f Valor para madeira reprocessada é só para madeira exportada calculado de valor para papel exportado e conversões para papel/madeira em tora e polpa/madeira em tora.

^g Sedjo (1983, p. 147).

^h Baseado em conversão celulose/madeira em tora e FAO (1993) estatísticas para produção de papel e ?paperboard (4,888 X 10³ t) e para polpa (4,714 X 10³ t madeira para celulose produzida + 125 X 10³ t outras fiber polpas - 1057 X 10³ t celulose exportada). Ver Tabela 4.

ⁱ Production total de carvão de FAO (1993). Uso de carvão para uso local é 32,7%, baseado no uso de carvão em 1987 (86,3% usado no setor industrial, Table 5). Exportação de produtos de ferro e aço em 1988 (37,9% of produção total usado doméstico, baseado em IBGE (1989, pp. 381 and 604). Estes valores representam uma redução comparado ao 1987, quando 54,5% de produção de ferro e aço foram para uso doméstico and 47,0% de carvão foi usado para fins domésticos.

^j Assumindo 1,5 m³ madeira por m³ carvão e 0,5 t carvão por m³ carvão (valores derivados de FAO [1993]).

Tabela 2: Fontes de Fornecimento de Madeira no Brasil (1991)

Categoria	Fonte de Fornecimento	Área de uso da terra (10 ³ ha)	Área de colheita em 1991 (10 ³ ha)	Produção na colheita (m ³ ha ⁻¹ harvested)	Regeneração (m ³ ha ⁻¹ de land use ano ⁻¹)	Tempo de rotação (anos)	Madeira em tora ou equivalente (10 ³ m ³)
Madeira serrada ou equivalente	Exploração madeireira		1.778 ^a	20 ^b	---	---	35.568 ^c
	Plantações de longa-rotação	350 ^d	29 ^e	240 ^f	20 ^b	12 ^b	7.000 ^{??}
	Importações de madeira em tora						119 ^c
	Importações de madeira serrada						564 ^c
	Importações de painéis de madeira						90 ^c
	Subtotal: Madeira serrada ou equivalente						43.341
Celulose e lenha ou equivalente	Exploração madeireira para lenha		1 ^b	75 ^b	---	---	100 ^g
	Resíduos de serraria						4.512 ^h
	Plantações de curta-rotação	6.650 ^d	1.108 ^e	181 ^f	30,21 ⁱ	6 ^b	200.925 ^f
	Coleta de lenha						58.919 ^j

Importações de papel	234 ¹
Subtotal: Importações de celulose e lenha	264.690
Total grande	308.031

^a Produção de madeira em tora de produção.

^b Presumido.

^c Derivada na Tabela 1.

^d Presumido que 5% de 7×10^6 ha de plantações brasileiras (FAO, 1993) são de longa-rotação.

^e Calculada da área cumulativa plantada um tempo de rotação antes de 1991, baseada na taxa de expansão em 1981-1990 (longa- + curta-rotação) de 279.2×10^3 ha ano⁻¹ (FAO, 1993).

^f Área harvested multiplicado por produção.

^g Estimado de fuelwood derivada da exploração madeireira da floresta natural representam madeira usada para carvão em Grande Carajás e hogfuel no Jari e nas usinas termoelétricas como aquelas no Ariquemes e no Manacapuru.

^h Presumido 20% of sawmill scraps (de exploração madeireira + plantações de longa-rotação) é reciclada como carvão ou lenha.

ⁱ Produção média de eucalipto comercial (SD=10,12, n=7 estates) em Minas Gerais e no Nordeste (Carpintieri *et al.*, 1993, p. 159).

^j Uma estimativa grosseira, summing a estimativa de 50×10^6 m³ em 1992 pelo Nordeste (UNDP, s/d[1993], p. 7) com produção de carvão usando $8,8 \times 10^6$ m³ madeira sólida derivada da floresta nativa em Minas Gerais em 1992 (calculado de ABRACAVE [1993] como citado no Reis *et al.* (1994) e $0,1 \times 10^6$ m³ madeira sólida para carvão da floresta nativa em São Paulo em 1989 (calculado de Governo de São Paulo, Fundação Florestal & Fundo Florestar (1993, p. 54) assuming 0,5 t carvão por t madeira sólida (ambos peso seco). A estimativa do Nordeste may be an exaggeration, compensating for omissão das outras

regiões.

¹ Derivada na Tabela 4.

Tabela 3. Fontes Domésticas de Fornecimento de Madeira (1991)

	Madeira serrada ou equivalente			Celulose e Lenha ou equivalente					Toda Madeira Doméstica
	Explo ração	Plant ações	Tota l	Explo ração	Sawmi ll scrap s	Colet a de Lenha	Plant ações	Tota l	
Quantidade (10 ⁶ m ³ equivalente a madeira em tora)	35,6 ^a	7,0 ^a	42,6 ^a	0,1 ^a	4,5 ^a	58,9 ^a	200,9 ^a	264,5	307,0
Share da categoria (%)	83,6	16,4	100,0	0,0	1,7	22,3	76,0	100,0	
Share de toda madeira doméstica (%)	11,6	2,3	13,9	0,0	1,5	19,2	65,4	86,1	100,0

^a Derivada na Tabela 1.

Tabela 4. Setor de Celulose e Papel em 1991

	Quantidade (10^3 t) ^a					Fator de Conversão a equivalente de madeira em tora
	Produção	Importação	Exportação	Reprocessada	Consumo	
Celulose de Madeira	4,714	0	1,057	3,782	0	
Celulose Não-madeira	125	0	0	125	0	
Papel Reciclada	5,148	0	0	5,148	0	
Papel e Paperboard	4,888	234	840	0	4,282	
	Equivalente a Madeira em Tora (10^3 m ³)					
Celulose de Madeira	22,156	0	4,968	17,775	0	4.70 ^b
Celulose Não-madeira	588	0	0	588	0	4.70 ^c
Papel Reciclada	15,472	0	0	15,472	0	3.01 ^d
Papel e Paperboard	18,363	879	3,156	0	16,086	3.76 ^e
Total de Madeira em Tora:	56,578	879	8,124	33,835	16,086 ^f	

^a FAO (1993).

^b Sedjo (1983).

^c Assumido igual a celulose de madeira.

^d Assumido 80% yield de papel reciclada.

^e O valor de FAO (1993) para a quantidade de reciclagem parece muito alto. Cálculos assume que celulose não-madeira inclui papel reciclado.

^f Consumo doméstico anual per capita de 110,9 m³ madeira em tora per 1000 habitantes é equivalente ao 29,5 t papel per 1000 habitantes.

Tabela 5. Uso de Lenha e Carvão no Brasil

Setor	Consumo						1987: Percentual do Setor do Total	
	Carvão (10^3 t) ^a			Lenha (10^3 m ³) ^b			Carv ão	Lenha
	1972	1987	% muda nça	1972	1987	% muda nça		
Energi a	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0
Reside ncial	776	1,14 8	48.0	176, 342	84,2 84	-52. 2	12.4 8	50.52
Comerc ial	53	86	62.9	1,73 0	1,41 0	-18. 5	0.93	0.85
Públic o	0	0	0.0	132	28	-78. 6	0.00	0.02
Agricu ltural	0	0	0.0	42,0 01	25,5 97	-39. 1	0.00	15.34
Transp orte	0	0	0.0	320	19	-94. 1	0.00	0.01
Indust rial	2,230	7,94 0	256. 0	37,4 51	55,5 00	48.2	86.2 9	33.27
Total ^c	3,086	9,20 2	198. 1	257, 975	166, 838	-35. 3	100	100
Setor	Consumo Per-capita							
	Carvão (t capita ⁻¹ ano ⁻¹)			Lenha (m ³ capita ⁻¹ ano ⁻¹)				
	1972	1987	% muda nça	1972	1987	% muda nça		
Energi a	0	0	0.0	0	0	0.0		
Reside ncial	0.007 9	0.00 81	2.2	0.28 95	0.09 55	-67. 0		
Comerc ial	0.000 5	0.00 06	12.4	0.00 28	0.00 16	-43. 7		
Públic o	0	0	0	0.00 02	0.00 00	-85. 2		
Agricu ltural	0	0	0	0.06 89	0.02 90	-57. 9		

Transp orte	0	0	0	0.00 05	0.00 00	-95. 9
Indust rial	0.022 8	0.05 61	145. 8	0.06 15	0.06 29	2.3
Total ^d	0.031 6	0.06 51	105. 8	0.42 35	0.18 91	-55. 3

Setor	Percentual de Uso de Energia no Setor			
	Carvão		Lenha	
	1972	1987	1971	1987
Energia	0	0	0	0
Residencial	2.1	3.0	77.6	35.2
Comercial	1.5	0.9	8.0	2.3
Público	0	0	0.9	0.1
Agricultural	0	0	83.4	35.7
Transporte	0	0	0.2	0.0
Industrial	5.8	8.0	15.7	9.0
Total	2.7	4.0	35.5	11.5

^a Carvão convertido de equivalentes em petróleo (IBGE, 1989, pp. 450-452) usando 1,51 t carvão per t petróleo, considerando a produção total em 1987 de 9.202×10^3 t carvão (IBGE, 1989, p. 335).

^b Lenha convertida de equivalentes em petróleo (IBGE, 1989, pp. 450-452) usando $9,40 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$ petróleo, considerando a produção total em 1987 de $166.838 \times 10^3 \text{ m}^3$ de lenha (IBGE, 1989, p. 335).

^c Totais de consumo (IBGE, 1989, pp. 450-452) varia levemente de dados desagregados.

^d Consumo per capita baseado na população em 1987 de $141,552 \times 10^6$ (projetado de censo de 1980 por IBGE, 1989, p. 75) e na população em 1972 de $97,663 \times 10^6$ projetada em $2,4\% \text{ ano}^{-1}$ de censo de 1970.









