



Influência dos fatores edáficos e da altitude na densidade da madeira do componente arbóreo-arbustivo de savana aberta de Roraima, Brasil

JATI, Sewbert Rodrigues Jati^{1*}, BARBOSA, Reinaldo Imbrozio², FEARNSIDE, Philip Martin²

1. Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (Universidade Federal de Roraima – campus Paricarana). Avenida Capitão Ene Garcez, 2413 - Aeroporto, CEP: 69310-000. Boa Vista, Roraima, Brasil. sewbet@gmail.com

2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Coordenação de Dinâmica Ambiental – CDAM. Av. André Araújo, 2936, Petrópolis, CEP: 69067-375. Manaus, Amazonas, Brasil.

Palavras Chave: Carbono; Solo; Lavrado; Amazônia; Biomassa; Roraima.

INTRODUÇÃO

Densidade da madeira (DM) é uma variável essencial para estimativas de estoques de carbono de árvores e arbustos em ecossistemas terrestres (Fearnside 1997, Jati et al 2014). DM pode ser tratada como a relação entre o peso seco e o volume saturado da madeira (Chave et al 2006) ou como peso seco em relação ao volume verde (Bowyer et al 2007), sendo utilizada na conversão de dados volumétricos em biomassa (Barbosa e Fearnside, 2004). Neste sentido, há uma forte recomendação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC 2006) em estabelecer distinções locais e regionais para melhorar as estimativas de biomassa e carbono do componente arbóreo de ecossistemas tropicais. Contudo, diferentes fatores ambientais influenciam nos valores de DM, em especial, estágios de sucessão ecológica (Wiemann e Williamson 1988), sítios latitudinais (Swenson e Enquist 2007), cotas altimétricas (Williamson et al 2004) e variações edáficas (Chave et al 2006).

Embora com fortes avanços nas formações florestais, a DM tem sido pouco investigada em áreas abertas da Amazônia, com os raros estudos estando concentrados em Roraima. Em ecossistemas de campinas (arenoso, baixa fertilidade) do centro-leste de Roraima, Barbosa e Ferreira (2004) indicaram que a DM varia entre as classes de diâmetro, sendo as de maiores dimensões responsáveis também pelas maiores DM ($0,69 \text{ gcm}^{-3}$). Nas áreas de savana do extremo norte do estado, Barbosa e Fearnside (2004) calcularam a DM ponderada para as espécies lenhosas mais abundantes em três tipos de savanas abertas de Roraima (Sg: savana gramíneo-lenhosa; Sp: savana parque; Tp: estépica parque), alcançando um valor médio de $0,404 \text{ gcm}^{-3}$, bem abaixo de valores encontrados para ecossistemas florestais ($\sim 0,680 \text{ gcm}^{-3}$; Fearnside, 1997. Por outro lado, Jati et al (2014) calcularam a DM das 8 espécies (75 indivíduos) mais frequentes de savanas abertas de Roraima, e verificaram que existe variação significativa da DM entre as peças do fuste e da copa (galhos e gravetos), independente da espécie e do sítio de coleta. Os mesmos autores indicaram que as peças com diâmetro entre 5-10 cm podem ser utilizadas como sendo preditoras da DM (média ponderada) das espécies estudadas.

Dentro deste contexto, este estudo visa investigar a resposta da DM das principais espécies de árvores e arbustos das áreas de savana aberta de Roraima quando relacionadas a altitude e aos fatores edáficos das áreas que os circundam. Este tipo de informação melhora nossa forma de entendimento dos efeitos destas variáveis ambientais na DM e favorece o refinamento nos ajustes de cálculos de biomassa do componente arbóreo-arbustivo de áreas de vegetação aberta da Amazônia, conforme sugerido pelo IPCC (2006).

MATERIAL E MÉTODOS

Sítios de coleta

A savana de Roraima é o maior conjunto de ecossistemas não florestais da Amazônia ($\sim 42.706 \text{ km}^2$), se estendendo para além das fronteiras com a Guiana e a Venezuela (Barbosa e Campos 2011). Deste conjunto, cerca de 61% ($>26.000 \text{ km}^2$) são de fitofisionomias de savana aberta (Barbosa et al. 2007), com especial interesse ao estudo em tela. Para a realização do estudo, foram aproveitados os mesmos seis sítios de coleta de Jati et al. (2014), todos estabelecidos ao longo de um gradiente de altitude (75m – 915m acima do nível do mar = a.s.l.) que reflete distinções de pluviosidade na savana de Roraima. O tipo climático de todos os sítios é Aw pela classificação de Köppen (Barbosa 1997; Alvares et al 2014), com precipitação anual aumentando de nordeste ($>$ altitude; $\sim 1.000 \text{ mm}$) para sudoeste ($<$ altitude; $\sim 1700 \text{ mm}$) (Barbosa et al 2007): (1) Uiramutã ($04^\circ 36' 01'' \text{ N}$; $60^\circ 09' 28'' \text{ W}$; 535 ma.s.l.) e (2) Pacaraima ($04^\circ 28' 52'' \text{ N}$; $61^\circ 09' 22'' \text{ W}$; 915 m): caracterizados por mosaicos de savana estépica gramínea com parqueada da Formação Roraima (Pré-Cambriano) localizadas em relevo ondulado; (3) Truaru ($03^\circ 20' 07'' \text{ N}$; $60^\circ 48' 25'' \text{ W}$; 105 m) e (4) Três Corações ($03^\circ 36' 03'' \text{ N}$; $60^\circ 57' 18'' \text{ W}$; 145 m): áreas de savana pouco onduladas na porção centro-norte da Formação Boa Vista, caracterizada por savana gramínea ou gramíneo-lenhosa nas partes baixas e savana parque nas partes mais altas; (5) Mucajaí ($02^\circ 31' 46'' \text{ N}$; $60^\circ 52' 57'' \text{ W}$; 75 m) e (6)



Boa Vista (02° 46' 55" N; 60° 41' 38" W; 80 m): áreas de savana de pouca altitude situadas ao sul da Formação Boa Vista, com dominância de savana gramíneo-lenhosas em mosaico com savana parque.

Seleção de espécies e indivíduos

A seleção das espécies e indivíduos foram derivadas do banco de dados do estudo de Jati et al. (2014), sendo retrabalhadas nesta investigação para cumprir o objetivo proposto. Foram aproveitadas as informações derivadas de oito espécies (75 indivíduos) selecionadas: *Antoniaovata* Pohl. (7 indivíduos); *Bowdichiavirgilioides* Kunth. (8); *Byrsonimacrassifolia* (L.) Kunth. (13); *B. coccolobifolia* Kunth. (9); *Curatella Americana* L.f. (18); *Himatanthus articulatus* (Vahl.) Woods. (7); *Roupala Montana* Aubl. (7); e *Xylopiaromatica* (Lam.) Mart. (6). Essas espécies formam a base da vegetação de arbustos e árvores da savana aberta de Roraima (Miranda et al 2002; Barbosa et al 2012). Segundo Jati et al. (2014), as coletas foram realizadas entre novembro de 2007 a junho de 2008 utilizando transectos com área máxima de 2.000m² (40x500m), sendo que a linha central dos transectos acompanhava as trilhas tradicionais de caminhamento nas localidades amostradas. Ao longo dos transectos foram tomadas a altitude no nível do mar e coletadas uma série de discos de diâmetros variados de todos os indivíduos com diâmetro basal do caule (Db) > 10cm (adultos) através do método destrutivo (direto), utilizando-se da autorização de coleta de material botânico nº 11035-1 (IBAMA/SISBIO). Os indivíduos selecionados foram seccionados utilizando um arco de serra manual com o intuito de obter discos amostrais compostos de cerne, alburno e casca em três categorias: (1) *fuste*: com diâmetro (d) > 10cm e discos com largura entre 3-4cm; (2) *galhos*: com d = 5-10cm e comprimento entre 5-7cm; (3) *gravetos*: d < 5cm e 5-7cm de comprimento. Para galhos e gravetos foram coletadas quatro peças em cada categoria utilizando-se as orientações cardinais (Norte, Sul, Leste e Oeste) relacionadas à copa de cada indivíduo. A DM foi calculada a partir do volume verde (Bowyer et al 2007), conforme estabelecido em Jati et al (2014).

Obtivemos amostras de solo para cada indivíduo coletado através de uma amostra composta de quatro subamostras distantes 1m da base da planta até a profundidade de 20cm obedecendo os pontos cardinais. Essas amostras foram homogeneizadas e enviadas para análise no laboratório de solos da Embrapa Roraima para os seguintes atributos: potencial hidrogeniônico (acidez; pH), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Alumínio (Al), Fósforo (P), Capacidade de troca de cátions total (CTCt), matéria orgânica (MO), além de porcentagem (%) de Argila, Silte e Areia.

Análise dos dados

Teste de normalidade (Lilliefors) foi adotado para altitude e atributos do solo. Foi utilizada uma técnica multivariada (PCA) para redução dos eixos das variáveis edáficas e obtenção dos scores explicativos. Os scores do primeiro eixo e valores da altitude foram cruzados com os valores médios por espécie de DM de cada indivíduo utilizando-se uma regressão linear simples. A DM média foi calculada como uma ponderação de cada indivíduo conforme Jati et al (2014). Os testes estatísticos foram processados no software BioEstat versão 5.3 (Ayres et al 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A DM foi distinta entre as espécies ($F = 4.1337$; $p < 0,0001$) com as médias interespecíficas variando de 0,512g.cm⁻³ (*H. articulatus*) a 0,665g.cm⁻³ (*R. montana*). A variabilidade da DM interespecífica não está associada com a altitude ($R^2 = 0,0264$; $p = 0,1598$) ou mesmo com o conjunto de fatores edáficos analisados ($R^2 = 0,0079$; $p = 0,5454$). Por outro lado, existe uma relação significativa da DM de *H. articulatus* com os atributos do solo ($R^2 = 0,6084$; $p = 0,0381$). No mesmo sentido, as relações da DM de *A. ovata* com as duas variáveis ($R^2 = 0,4923$) demonstraram uma tênue tendência de serem influenciadas pelos atributos do solo ($p = 0,0539$) e pela altitude ($p = 0,0573$).

Os valores de DM ponderada pelas diferentes seções diamétricas dos indivíduos e espécies foram similares aos valores médios de DM da maior parte dos estudos realizados em diferentes ambientes de vegetação aberta no Brasil. Exceção pode ser relatada apenas para os valores de Barbosa e Fearnside (2004), que também realizaram seus estudos na savana de Roraima, mas obtiveram a DM a partir de reidratação das peças amostrais, o que pode ter aumentando excessivamente os teores de água e provocado uma redução da DM em relação aos nossos resultados.

A falta de associação da DM interespecífica com a altitude e os fatores edáficos nas áreas amostradas em Roraima indica também estar amparada nos estudos de Romanya e Vallejo (2004), que estudaram a variação da DM em relação ao solo de plantios de *Pinus sp.* na Espanha, e Vasquez-Cuecuecha et al. (2015) que avaliaram a relação de atributos do solo com a DM de duas espécies de *Pinus sp.* no México.

No entanto, os resultados observados entre a variação da DM intraespecífica de *H. articulatus* com os atributos do solo são indicativos de que algumas espécies podem ser mais sensíveis às restrições hidro-edáficas, como sugerido por Worbes (1997) para ambientes alagados da Amazônia Central, por Jucker et al (2016) em savanas africanas e por Paiva et al (2005) em um ecótono savana-floresta próximo a Brasília-DF.

Além do mais, as tênues relações da DM de *A. ovata* com os atributos do solo e a altitude demonstraram uma tendência de relacionamento com essas variáveis ambientais. Nós sugerimos que essa relação



poderá ser melhor amparada com a ampliação do número de amostras em uma maior gama de localidades amostrais, visto que trabalhos anteriores (Williamson et al, 2004; Kiaei 2012) com espécies de florestas tropicais concluíram que existe forte relação da DM com a altitude ($>$ altitude = $>$ DM), e que esta relação deva ser mantida para grupos de espécies que ocorrem em outros ecossistemas.

CONCLUSÕES

Houve variação interespecífica da DM entre as espécies observadas, mas apenas a DM de *A. ovata* (solo e altitude) e *H. articulatus* (solo) indicaram variação intraespecífica em função de condicionantes ambientais. É sugerido que um maior número de amostras tenda a elucidar de melhor forma a relação da DM das principais espécies arbóreo-arbustivas da savana de Roraima com condicionantes ambientais.

AGRADECIMENTOS

O projeto institucional “Ecologia e manejo dos recursos naturais da savana de Roraima” (PPI/INPA PRJ 012.18) e o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Serviços Ambientais da Amazônia (INCT-ServAmb/MCT) apoiaram o estudo. O Exército Brasileiro estabelecido próximo das cidades de Uiramutã e Pacaraima apoiaram a coleta de material amostral dentro de suas bases. O Ministério das Comunicações permitiu o uso de sua área institucional situada na periferia da cidade de Boa Vista. Claymir de Oliveira Cavalcante (UFRR/PRONAT) colaborou com as coletas de campo, especialmente de solos. A Fred Farias Cavalcante (IFRR) que auxiliou nas coletas de campo. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) concedeu bolsa produtividade a R. I. Barbosa e P. M. Fearnside.

- Ayres M, Ayres Jr M, Ayres DL, Santos AAS. **BioEstat: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Belém: Universidade Federal do Pará. 2007. 380p.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift 22 (6): 711–28. 2014
- Baker TR, Phillips O, Malhi Y, Almeida S, Arroyo L, Fiore AD, Erwin T, Killeen TJ, Laurance SG, Lewis SL, Lloyd J, Monteagudo A, Neill DA, Patiño S, Pitman NCA, Silva JNM, Martinez RV. **Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass**. Global Change Biology 10: 545-62. 2004.
- Barbosa RI. **Distribuição das chuvas em Roraima**. In: Barbosa RI, Ferreira EFG, Castellón EG (Eds.). *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Governo do Estado de Roraima. p.325-35.1997.
- Barbosa RI, Campos C. **Detection and geographical distribution of Manaus clearing areas in the savannas ('lavrado') of Roraima using Google Earth web tool**. Journal of Geography and Regional Planning 4: 122-36. 2011.
- Barbosa RI, Campos C, Pinto F, Fearnside PM. **The "Lavrados" of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil's Amazonian Savannas**. Functional Ecosystems and Communities 1(1): 29-41. 2007.
- Barbosa RI, Fearnside PM. **Wood density of trees in open savannas of the Brazilian Amazon**. Forest Ecology and Management 199: 115-23. 2004.
- Barbosa RI, Fearnside PM. **Above-ground biomass and the fate of carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia**. Forest Ecology and Management 216: 295-316. 2005.
- Barbosa RI, Ferreira CAC. **Densidade básica da madeira de um ecossistema de campina em Roraima, Amazônia brasileira**. Acta Amazonica 34: 587-91. 2004.
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. **Forest products and wood science: an introduction**. 5th ed. Iowa: Blackwell Publishing. 557p. 2007.
- Chave J, Muller-Landau HC, Baker TR, Easdale TA, Steege HT, Webb CO. **Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 Neotropical tree species**. Ecological Applications 16: 2356–67. 2006.
- Fearnside PM. **Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia**. Forest Ecology and Management 90: 59-87. 1997.
- IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. In: Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (Eds.), National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japão. 2006.
- Jati SR, Fearnside PM, Barbosa RI. **Densidade da madeira de árvores em savanas do norte da Amazônia brasileira**. Acta Amazonica 44(1): 79 – 86. 2014.
- Kiaei M. **Effect of site and elevation on wood density and shrinkage and their relationships in *Carpinus betulus***. Forestry Studies in China 14(3): 229–34. 2012.
- Miranda IS, Absy ML, Rebêlo GH. **Community structure of woody plants of Roraima savannas, Brazil**. Plant Ecology 164: 109-23. 2002.
- Oliveira GMV, Mello JM, Trugilho PF, Scolforo JRS, Altoé TF, Silva-Neto AJ, Oliveira AD. **Efeito do ambiente sobre a densidade da madeira em diferentes fitofisionomias do estado de Minas Gerais**. Cerne 18: 345-52. 2012.
- Romayà J, Vallejo VR. **Productivity of *Pinus radiata* plantations in Spain in response to climate and soil**. Forest Ecology and Management 195: 177–89. 2004.
- Swenson NG, Enquist BJ. **Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its community-wide variation across latitude and elevation**. American Journal of Botany 94: 451-59. 2007.
- Trugilho PF, Silva DA, Frazão FJL, Matos JLM. **Comparação de métodos de determinação de densidade básica da madeira**. Acta Amazonica 20: 307-19. 1990.
- Vázquez-Cuecuecha OG, Zamora-Campos EM, Garcia-Gallegos E, Ramirez-Flores JA. **Densidad básica de lamadera y su relación con propiedades edáficas**. Madera y Bosques 21(1): 129-38. 2015.
- Wiemann MC, Williamson GB. **Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers**. Wood and Fiber Science 20: 344–49. 1988.



Worbes M. **The Forest Ecosystem of the Floodplains.** In: Junk, W.J. *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System.* Ecological Studies 126: 223-65.1997.

Apresentação na forma: (X) Oral () Pôster

Deseja submeter trabalho completo? () Sim (X) não