

INFLUÊNCIA DOS FATORES EDÁFICOS E DA ALTIMETRIA NA DENSIDADE DA MADEIRA DO COMPONENTE ARBÓREO-ARBUSTIVO DE ÁREAS DE SAVANA ABERTA DE RORAIMA, BRASIL

INFLUENCE OF EDAPHIC FACTORS AND ALTIMETRY ON WOOD DENSITY OF THE ARBOREAL-SHRUB COMPONENT OF OPEN SAVANNA AREAS OF RORAIMA, BRAZIL

INFLUENCIA DE LOS FACTORES EDÁFICOS Y DE LA ALTIMETRÍA EN LA DENSIDAD DE LA MADERA DEL COMPONENTE ARBOL-ARBUSTIVO DE ÁREAS DE SAVANA ABIERTA DE RORAIMA, BRASIL

Sewbert Rodrigues Jati¹, Reinaldo Imbrozio Barbosa², Philip Martin Fearnside³

¹ Fundação Nacional do Índio e Governo do Estado de Roraima, rua São Camilo, 972, Cinturão Verde, CEP: 69.312-369. Boa Vista – RR, Brasil. sewbert@gmail.com

² Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Coordenação de Dinâmica Ambiental – CDAM, Núcleo de Pesquisas de Roraima – NPRR. Rua Coronel Pinto, 315, Centro, CEP: 69301-150. Boa Vista, Roraima, Brasil. reinaldo@inpa.gov.br

³ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Coordenação de Dinâmica Ambiental – CDAM. Av. André Araújo, 2936, Petrópolis, CEP: 69067-375. Manaus, Amazonas, Brasil. pmfearn@inpa.gov.br

RESUMO

Densidade da madeira (DM) é uma variável largamente utilizada para estimativas de estoques de carbono de árvores e arbustos em ecossistemas terrestres. Este tema é pouco investigado em áreas abertas da Amazônia, como as savanas e campinas. O objetivo deste estudo foi investigar a resposta da DM de árvores e arbustos típicos de áreas de savana do extremo norte amazônico em relação aos fatores edáficos e a altimetria em seis diferentes sítios de coleta. Coletamos cerca de 8 discos amostrais, em três diferentes classes de diâmetro (<5cm, 5-10cm e >10cm) de cada um dos 75 indivíduos observados ao longo de seis sítios amostrais em áreas de savana aberta de Roraima. Ao redor de cada indivíduo foram coletadas quatro amostras de solos, distantes 1m da base das plantas, nas direções N, S, L e O na profundidade de 20cm. As amostras de solo foram homogeneizadas e analisadas segundo a textura e a fertilidade. Verificou-se a variação da DM em função de: pH, bases trocáveis, textura e matéria orgânica do solo. A DM variou ente as espécies ($p < 0,0001$) de $0,512\text{g.cm}^{-3}$ (*H. articulatum*) a $0,665\text{g.cm}^{-3}$ (*R. montana*), mas não está associada a altimetria ($R^2=0,0264$; $p=0,1598$) e a fatores edáficos ($R^2=0,0079$; $p=0,5454$), exceto para *H. articulatum* ($R^2=0,6084$; $p=0,0381$ em atributos do solo) e tendendo uma relação para *A. ovata* ($R^2=0,4923$; $p=0,539$ em atributos do solo e $p=0,573$ em altimetria). Esses resultados demonstram que variações edáficas e altimétricas podem influenciam na variação da DM de algumas espécies da savana aberta de Roraima.

Palavras-chave: Carbono; biomassa; densidade da madeira; altimetria; Roraima.

ABSTRACT

Wood density (DM) is a widely used variable for estimating carbon stocks of trees and shrubs in terrestrial ecosystems. This subject is little investigated in open areas of the Amazon, such as savannas and meadows. The objective of this study was to investigate the DM response of trees and shrubs typical of savanna areas of the northern extreme of Amazonia in relation to edaphic factors and altimetry in six different collection sites. We collected about 8 sample disks in three different diameter classes (<5cm, 5-10cm and > 10cm) of each of the 75 individuals observed along six sample sites in open savanna areas of Roraima. Around each individual, four soil samples were collected, distant 1m from the base of the plants, in the N, S, L and O directions at a depth of 20cm. The soil samples were homogenized and analyzed according to texture and fertility. The DM variation was verified as a function of: pH, exchangeable bases, texture and soil organic matter. The DM varied between species ($p < 0.0001$) from 0.512g.cm⁻³ (*H. articulatum*) to 0.665g.cm⁻³ (*R. montana*), but was not associated with altimetry ($R^2 = 0.0264$, $p = 0.1598$) and to edaphic factors ($R^2 = 0.0079$; $p = 0.5454$), except for *H. articulatum* ($R^2 = 0.6084$; $p = 0.0381$ in soil attributes) and tending to *A. ovata* ($R^2 = 0.4923$, $p = 0.539$ in soil attributes and $p = 0.573$ in altimetry). These results demonstrate that edaphic and altimetric variations may influence the DM variation of some species of the open savanna of Roraima.

Keywords: Carbon; biomass; wood density; altimetry; Roraima.

RESUMEN

Densidad de la madera (DM) es una variable ampliamente utilizada para estimaciones de stocks de carbono de árboles y arbustos en ecosistemas terrestres. Este tema es poco investigado en áreas abiertas de la Amazonía, como las sabanas y campinas. El objetivo de este estudio fue investigar la respuesta de la DM de árboles y arbustos típicos de áreas de sabana del extremo norte amazónico en relación a los factores edáficos y la altimetría en seis diferentes sitios de recolección. Se recolectan alrededor de 8 discos muestrales, en tres diferentes clases de diámetro (<5 cm, 5-10cm y > 10 cm) de cada uno de los 75 individuos observados a lo largo de seis sitios muestrales en áreas de sabana abierta de Roraima. Alrededor de cada individuo fueron recolectadas cuatro muestras de suelos, distantes 1m de la base de las plantas, en las direcciones N, S, L y O en la profundidad de 20 cm. Las muestras de suelo fueron homogeneizadas y analizadas según la textura y la fertilidad. Se verificó la variación de la DM en función de: pH, bases intercambiables, textura y materia orgánica del suelo. La DM varió entre las especies ($p < 0,0001$) de 0,512g.cm⁻³ (*H. articulatum*) a 0,665g.cm⁻³ (*R. montana*), pero no está asociada a la altimetría ($R^2 = 0,0264$ ($p = 0,1598$) y factores edáficos ($R^2 = 0,0079$, $p = 0,5454$), excepto para *H. articulatum* ($R^2 = 0.6084$, $p = 0,0381$ en atributos del suelo) y tendiendo una relación para *A. ovata* ($R^2 = 0,4923$, $p = 0,539$ en las propiedades del suelo en la altimetría $p = 0,573$). Estos resultados demuestran que variaciones edáficas y altimétricas pueden influir en la variación de la DM de algunas especies de la sabana abierta de Roraima.

Palabras clave: Carbono; biomassa; densidad de la madera; altimetria; Roraima.

1. INTRODUÇÃO

A Densidade básica da madeira ou simplesmente Densidade da Madeira (DM) é uma importante variável utilizada para estimativas de estoques de carbono de árvores e arbustos em ecossistemas terrestres (FEARNSIDE, 1997; JATI; FEARNSIDE; BARBOSA, 2014). DM pode ser tratada como a relação entre o peso seco e o volume saturado da madeira (TRUGILHO et al, 1990, CHAVE, et al., 2006) ou como peso seco em relação ao volume verde (BOWYER; SHMULSKY; HAYGREEN, 2007), podendo ser utilizada na conversão de dados volumétricos em dados biomassa, ou seja, de acúmulo de carbono pelas plantas (BARBOSA; FERREIRA, 2004). Como DM é uma importante variável na conversão destes dados, há uma forte recomendação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC 2006) em estabelecer distinções locais, regionais e ambientais para melhorar as estimativas de biomassa e de carbono do componente arbóreo e arbustivo dos ambientes em geral. Diversos autores já elucidaram que diferentes fatores ambientais podem influenciar nos valores de DM, como por exemplo, nichos ecológicos (WITTMAN, et al., 2006), estágios de sucessão ecológica (WIEMANN; WILLIAMSON, 1988), sítios latitudinais (WIEMANN; WILLIAMSON, 2002; SWENSON; ENQUIST, 2007), cotas altimétricas e variações edáficas (ROLIM; FERREIRA, 1974; CHAVE, et al., 2006). Este último de especial interesse, pois pode representar as variações em diferentes escalas espaciais dentro de um mesmo ambiente (CHAVE, et al., 2006).

DM é um tema pouco investigado em áreas abertas da Amazônia como o Lavrado. Em ecossistemas de campinas, que é arenoso e de baixa fertilidade do centro-leste de Roraima, Barbosa e Ferreira, em 2004, levantaram a biomassa total de um hectare desse ecossistema ($15,91 \text{ t.ha}^{-1}$), esse levantamento foi expresso em dois extratos: (1) arbóreo-arbustivo através do método indireto ou por comparação, responsável por 86,2% da biomassa e (2) gramíneo-lenhoso pelo método direto, que totalizou 13,8% da biomassa. Nas maiores áreas de savanas amazônicas (savana do extremo norte amazônico, localizadas em Roraima e se estendendo a países vizinhos) 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), que correspondem de 90-95% da biomassa total do estrato arbóreo-arbustivo nesses ambientes, chegando a um valor médio de $0,404\text{g.cm}^{-3}$ ($\pm 0,025$), bem abaixo de valores florestais ($0,680\text{g.cm}^{-3}$). No entanto, Jati, Fearnside e Barbosa (2014) calcularam a DM das 8 espécies (a saber: 75 indivíduos com $D_{30} \geq 10\text{cm}$) mais frequentes de savanas abertas de Roraima, distribuídos em seis sítios de coleta obedecendo um gradiente altitudinal e verificaram que existe variação significativa da DM entre as peças do fuste e da copa, independente da espécie e do sítio de coleta, sendo preditoras para a média da DM desses indivíduos peças com diâmetro entre 5 e 10 cm. Nestes últimos casos, o conjunto de informações foram derivadas do maior conjunto de ecossistemas não florestais da Amazônia (savana de Roraima; $\sim 42.706 \text{ km}^2$), que também se estende para além das fronteiras com a Guiana e a Venezuela (BARBOSA; 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.

Dentro deste contexto, este estudo visa investigar a resposta da DM de árvores e arbustos típicos de áreas de savana aberta de Roraima (Lavrado) relacionados aos fatores edáficos das áreas que os circundam e da altitude acima do nível do mar. Este tipo de informação 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).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Esse trabalho foi realizado nas savanas abertas de Roraima (Lavrado). Selecionamos seis sítios de coleta em um gradiente de altitude a partir do nível do mar (variação de 75m – 915m) que reflete

distinções de pluviosidade nas savanas 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; ~1.000mm) para sudoeste (< altitude; ~1700mm) (BARBOSA, 1997; BARBOSA, et al., 2007): (1) Uiramutã (04° 36' 01" N; 60° 09' 28" W; 535 m a.s.l.) e (2) Pacaraima (04° 28' 52" N; 61° 09' 22" W; 915 m): caracterizados por savanas estépicas gramíneas e parqueadas da Formação Roraima (Pré-Cambriano) localizadas em relevo ondulado (BARBOSA, et al., 2007; IBGE, 2012); (3) Truaru (03° 20' 07" N; 60° 48' 25" W; 105 m) e (4) Três Corações (03° 36' 03" N; 60° 57' 18" W; 145 m): áreas de savanas 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 (BARBOSA, et al., 2007; IBGE, 2012); (5) Mucajaí (02° 31' 46" N; 60° 52' 57" W; 75 m) e (6) Boa Vista (02° 46' 55" N; 60° 41' 38" W; 80 m): áreas de savana baixas, ao sul da Formação Boa Vista, com dominância de savana gramínea ou gramíneo-lenhosas em mosaico com savana parque (BARBOSA, et al., 2007; IBGE, 2012).

Esses sítios de coleta (Figura 1) correspondem aos mesmos sítios investigados por Jati, Fearnside e Barbosa (2014).

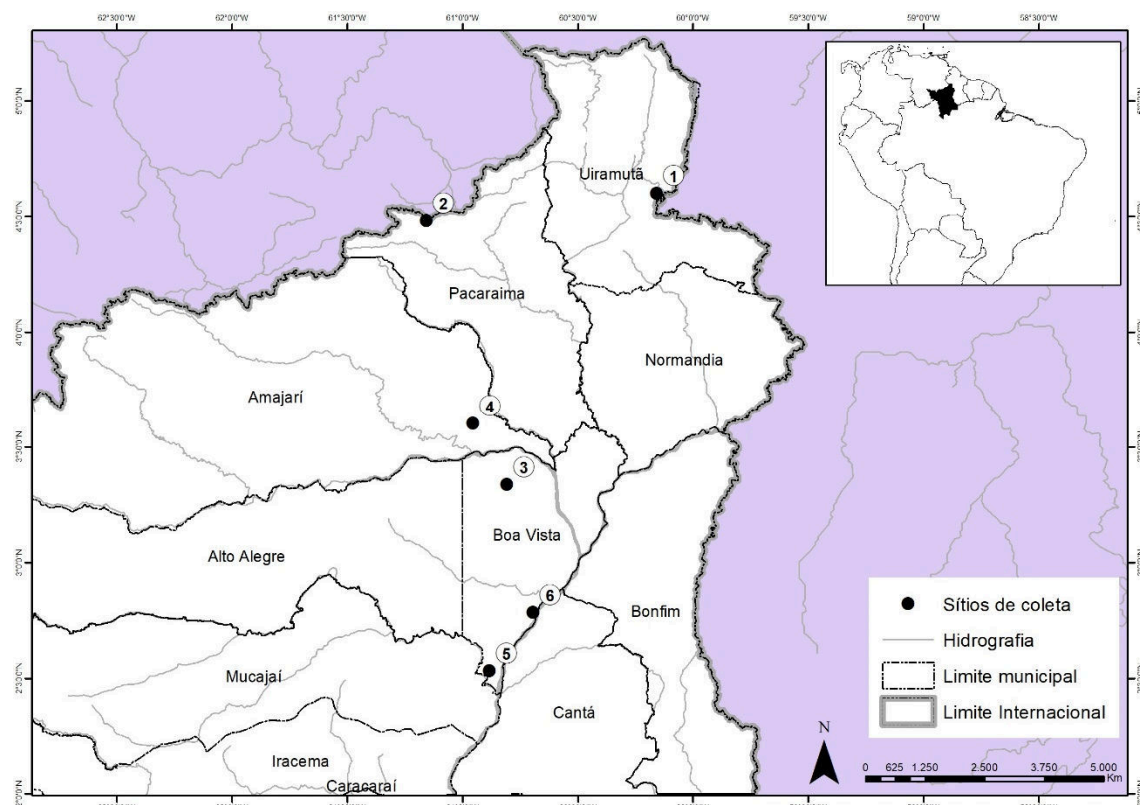


Figura 1. Localização dos sítios de coletas.

2.2. Seleção de espécies e indivíduos

Nos seis sítios selecionamos 75 indivíduos (assim distribuídos: *Antonia ovata* Pohl. (7 indivíduos); *Bowdichia virgilioides* Kunth. (8); *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. (13); *B. coccolobifolia* Kunth. (9); *Curatella americana* L.f. (18); *Himatanthus articulatus* (Vahl.) Woods. (7); *Roupala montana* Aubl. (7); e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (6)), que correspondem a base da vegetação de arbustos e árvores da savana aberta de Roraima (MIRANDA, et al., 2002; BARBOSA, et al., 2012). Fizemos as coletas de novembro de 2007 a junho de 2008 utilizando dois a três transectos, em cada sítio de coleta, com extensão máxima de 2.000m² (40x500m), sendo que a linha central dos transectos acompanharam as trilhas tradicionais de caminhamentos nas localidades amostradas. Ao longo dos transectos, amostramos a altura relativa ao nível do mar e uma série de discos de diâmetros variados de todos os indivíduos com diâmetro basal do caule (Db) > 10cm (corresponde a indivíduos adultos) através do método destrutivo (direto) utilizando-se a autorização de coleta de material botânico nº 11035-1 (IBAMA/SISBIO).

Seccionamos os indivíduos utilizando um arco de serra manual de 40cm de comprimento, em discos amostrais compostos de cerne, alburno e casca em três categorias (assim denominadas: (1) *fuste*: com diâmetro (d) > 10cm com comprimento entre 3-4cm; (2) *galhos*: com $d = 5-10$ cm e comprimento entre 5-7cm; (3) *gravetos*: $d < 5$ cm e 5-7cm de comprimento). Pelo menos duas peças do fuste a 2cm (Db) e a 30cm (D30) de altura do solo e, quando possível, amostramos mais peças do fuste (Dof) em distâncias de 30 em 30cm. 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. Calculamos a DM a partir do volume verde (BOWEYE, et al., 2007), conforme estabelecido em Jati; Fearnside e Barbosa (2014).

Obtivemos amostras de solo para cada indivíduo coletado através de uma amostra composta de quatro sub-amostras distantes 1m da base da planta até a profundidade de 20cm obedecendo os pontos cardinais. Essas amostras foram homogeneizadas para formarem uma amostra 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.

2.3. Análise dos dados

Teste de normalidade (Lillefors) foi adotado para altimetria e cada atributo do solo. Foi utilizada a técnica multivariada (PCA) para redução dos eixos das variáveis edáficas e obtenção dos scores explicativos. Os scores do primeiro eixo e valores da altimetria foram cruzados com os valores médios por espécie de DM de cada indivíduo utilizando-se uma regressão linear múltipla. A DM média foi calculada como uma ponderação de cada indivíduo, seguindo o trabalho de Jati; Fearnside e Barbosa (2014). Os testes estatísticos foram processados no software BioEstat versão 5.3 (AYRES, et al., 2007).

3. RESULTADOS

Verificamos que após a aplicação do teste de Lillefors todos os atributos do solo, com exceção da porcentagem de argila se distribuíram normalmente ($p < 0,01$), assim como a variação da altimetria ($p < 0,01$) e da DM ponderada ($P < 0,0001$).

A DM variou entre as espécies ($F = 4.1337$; $p < 0,0001$) com as médias interespecíficas variando de $0,512\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (*H. articulatum*) a $0,665\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (*R. montana*) (Figura 2).

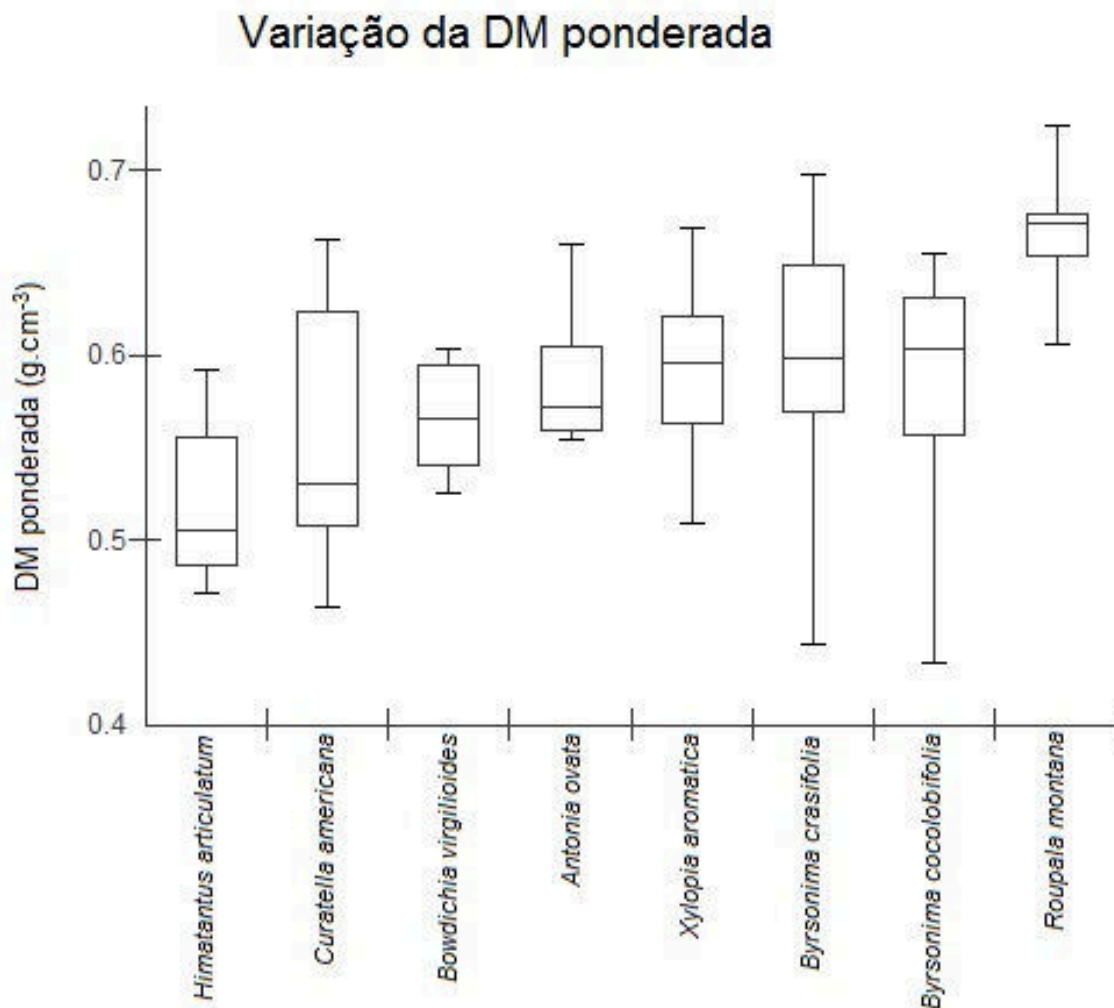


Figura 2. Demonstrativo por espécie de mediana, quartis e amplitude da DM dos indivíduos desse estudo.

A variabilidade da DM interespecífica não está associada a altimetria ($R^2=0,0264$; $p=0,1598$) tampouco ao conjunto de fatores edáficos associados ($R^2=0,0079$; $p=0,5454$). Contudo os estudos aqui apresentados demonstraram relações as variações intraespecíficas de *H. articulatum* com atributos do solo ($R^2=0.6084$; $0,0381$) observe a (Figura 3).

Varição da DM de *H. articulatum*

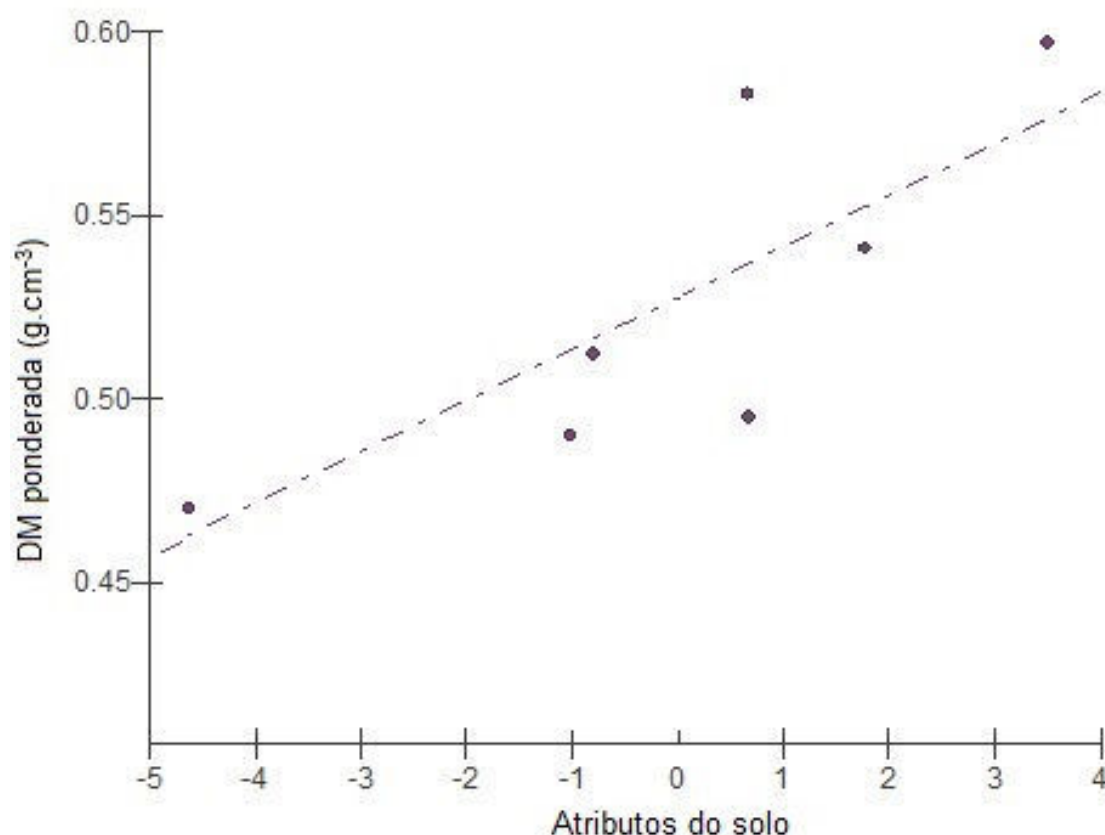


Figura 3. Relação ente a DM ponderada de *H. articulatum* com o 1º eixo da PCA referente as variações do solo.

As relações da DM de *A. ovata* com as duas variáveis ($R^2=0,4923$) demonstraram uma tendência a serem influenciadas pelos atributos do solo ($p=0,539$) e pela altimetria ($p=0,573$), expresso na figura 4. A tabela 1 demonstra as relações intraespecíficas da DM ponderada com os atributos do solo e a altimetria.

Tabela 1: Significância das relações DM X Atributos do solo e Altimetria

Espécies (n)	\bar{x} (s^2) DM ponderada	Atributos do solo	Altimetria
<i>Antonia ovata</i> (7)	0,5879($\pm 0,0380$)	<i>p</i> = 0,0539	<i>p</i> = 0,0573
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> (9)	0,5843($\pm 0,0732$)	<i>p</i> = 0,9964	<i>p</i> = 0,3635
<i>Byrsonima crasifolia</i> (13)	0,6014($\pm 0,0653$)	<i>p</i> = 0,8136	<i>p</i> = 0,7990
<i>Bowdichia virgilioides</i> (8)	0,5654($\pm 0,0307$)	<i>p</i> = 0,2268	<i>p</i> = 0,4806
<i>Curatella americana</i> (18)	0,5534($\pm 0,0628$)	<i>p</i> = 0,9386	<i>p</i> = 0,7840
<i>Himatantus articulatum</i> (7)	0,5217($\pm 0,0473$)	<i>p</i> = 0,0381	<i>p</i> = 0,7198
<i>Roupala montana</i> (7)	0,6657($\pm 0,0342$)	<i>p</i> = 0,5019	<i>p</i> = 0,2527
<i>Xylopia aromatica</i> (6)	0,5915($\pm 0,0473$)	<i>p</i> = 0,4284	<i>p</i> = 0,3631

(n) = número de indivíduos de cada espécie. \bar{x} = médias s^2 =desvio padrão. *Itálico*: tendências de relações. **Negrito**: relação significativa.

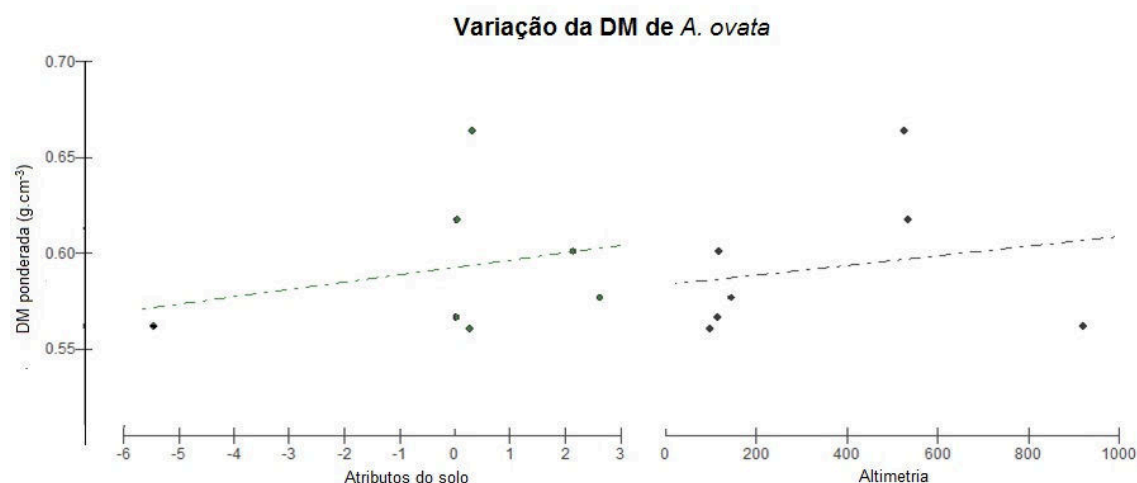


Figura 4. Relação ente a DM ponderada de *H. articulatum* com o 1º eixo da PCA referente as variações do solo e a altimetria do solo.

4. DISCUSSÃO

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 (Tabela 2). Exceção pode ser relatada apenas para os valores de Barbosa e Fearnside (2005), 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.

Tabela 2: Comparação da variação da DM desse estudo com outros.

Local de estudo	Menor DM	Maior DM	Estudo
Savana de Roraima	0,506 g.cm ⁻³	0,720g.cm ⁻³	Este estudo
Espécies tropicais	0,500 g.cm ⁻³	0,720 g.cm ⁻³	Baker, et al., 2004
Cerrado	0,350 g.cm ⁻³	0,750 g.cm ⁻³	Bucci, et al., 2004
Savana de Roraima	0,324 g.cm ⁻³	0,507 g.cm ⁻³	Barbosa e Fearnside, 2005
Cerado e Cerradão	0,585 g.cm ⁻³	0,612 g.cm ⁻³	Oliveira, et al., 2012
Savana de Roraima	0,427 g.cm ⁻³	0,716 g.cm ⁻³	Jati; Fearnside e Barbosa, 2014

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 hidroedáficas, como sugerido por Worbes (1997) para ambientes alagados da Amazônia Central, Jucker et al. (2016) em savanas africanas e Paiva et al. (2005) em ecótono savana-floresta próximo a Brasília-DF.

Além do mais, as relações da DM de *A. ovata* aos atributos do solo e a altimetria demonstraram uma tendência a serem influenciados por essas variáveis. Acreditamos que essa relação poderá ser melhor observada caso se aplique uma metodologia que amplie o número de amostras, pois devido a metodologia aplicada nesse trabalho o número de repetições por espécie foi reduzido. Os trabalhos de Williamson, et al., (2004) e Kiaei (2012), que analisaram um número maior de espécies em florestas tropicais concluíram que existe forte relação da DM com a altimetria, sendo que quanto mais alto o sítio maior é a DM.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve variação interespecífica da DM, mas essa variação não se mostrou plenamente influenciada pelo solo e pela altitude dos sítios amostrados.

A variação intraespecífica da DM de *H. articulatum* está ligada aos atributos do solo, mas não está associada a altitude onde a espécie está associada.

A variação intraespecífica da *A. ovata* indica alguma associação com os atributos do solo e com a altitude da amostra.

Trabalhos futuros devem adotar uma metodologia de coleta diferente a fim de ampliar o número de amostras buscando elucidar possível problema de amostragens quanto ao número de indivíduos, por espécie, desse trabalho.

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 estabelecidos próximos às cidades de Uiramutã e Pacaraima que apoiaram a coleta de material amostral dentro das áreas 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 nos municípios de Uiramutã e Pacaraima. A Fred Farias Cavalcante (IFRR) que auxiliou nas coletas de campo, especialmente nas savanas de menor altitude. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) concedeu bolsa produtividade a R. I. Barbosa e P. M. Fearnside.

REFERÊNCIAS

- 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**, v. 22, n. 6, p: 711–728, 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**, v.10, p: 545-562, 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, 1997, p. 325-335.
- 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**, v. 4, p: 122-136, 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**, v. 1, n. 1, p: 29-41, 2007.
- Barbosa RI, Fearnside PM. Wood density of trees in open savannas of the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 199, p: 115-123, 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**, v. 216, p: 295-316, 2005.
- Barbosa RI, Ferreira CAC. Densidade básica da madeira de um ecossistema de campina em Roraima, Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 34, p: 587-591, 2004.
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. **Forest products and wood science: an introduction**. 5th ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2007, 558p.
- Bucci SJ, Goldstein G, Meinzer FC, Scholz, FG, Franco AC, Bustamante M. Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. **Tree Physiology**, v. 24, p: 891-899, 2004.
- 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**, v. 16, p: 2356–2367, 2006.
- Fearnside PM. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 90, p: 59-87, 1997.
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. 2a ed. Rio de Janeiro: IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012, 271p.
- IPCC. **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**, v. 44, n. 1, p: 79 – 86, 2014.
- Jucker T, Sanchez AC, Lindsell JA, Allen HD, Amable GS, Coomes DA. Drivers of aboveground wood production in a lowland tropical forest of West Africa: teasing apart the roles of tree density, tree diversity, soil phosphorus, and historical logging. **Ecology and Evolution**, v. 6, n 12, p: 4004–4017, 2016.
- Kiaei M. Effect of site and elevation on wood density and shrinkage and their relationships in *Carpinus betulus*. **Forestry Studies in China**, v. 14, n. 3, p:229–234, 2012.
- Miranda IS, Absy ML, Rebêlo GH. Community structure of woody plants of Roraima savannas, Brazil. **Plant Ecology**, v. 164, p: 109-123, 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**, v. 18, p: 345-352, 2012.
- Rolim MB, Ferreira M. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (Bert.) em função dos anéis de crescimento. **IPEF**, v. 9, p: 47-55, 1974.
- Romayà J, Vallejo VR. Productivity of *Pinus radiata* plantations in Spain in response to climate and soil. **Forest Ecology and Management**, v. 195, p: 177–189, 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**, v. 94, p: 451-59, 2007.
- Trugilho PF, Silva DA, Frazão FJL, Matos JLM. Comparação de métodos de determinação de densidade básica da madeira. **Acta Amazonica**, v. 20, p: 307-319, 1990.
- Vázquez-Cuecuecha OG, Zamora-Campos EM, Garcia-Gallegos E, Ramirez-Flores JA. Densidad básica de la madera y su relación con propiedades edáficas. **Madera y Bosques**, v. 21, n. 1, p: 129-38, 2015.
- Wiemann MC, Williamson GB. Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers. **Wood and Fiber Science**, v. 20, p: 344–349, 1988.



Wiemann MC, Williamson GB. Geographic variation in wood specific gravity: effects of latitude, temperature, and precipitation. **Wood and Fiber Science**, v. 34, p: 96-107, 2002.

Wittmann F, Schöngart J, Parolin P, Worbes M, Piedade MTF, Junk WJ. Wood specific gravity of trees in Amazonian white-water forests in relation to flooding. **IAWA Journal**, v. 27, p: 255–68, 2006.

Worbes M. **The Forest Ecosystem of the Floodplains**. In: Junk, W.J. The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System. Ecological Studies, v.126, p: 223-65, 1997.