Brazilian Journal of Development

Estoque de volume e biomassa na madeira de Cordia goeldiana Huber (freijó) em sistema agroflorestal multiestratificado

Volume and biomass stock in Cordia goeldiana Huber (freijó) wood in a multi-stratified agroforestry system

DOI:10.34117/bjdv6n3-284

Recebimento dos originais: 10/02/2020
Aceitação para publicação: 18/03/2020

Adriano Reis Prazeres Mascarenhas
Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Rondônia, Professor do Departamento Acadêmico de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia, Av. Norte Sul, n° 7300, Bairro Nova Morada, CEP 76940-000, Rolim de Moura - RO, Brasil
E-mail: adriano.mascarenhas@unir.br

Fernando Luíz de Oliveira Corrêa
Engenheiro Agrônomo, Dr. em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras, Fiscal Federal Agropecuário da Superintendência de Desenvolvimento da Região Cacaueira do Estado de Rondônia, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC, BR 364, Km 2,5, CEP 76920-000, Ouro Preto do Oeste - RO, Brasil.
E-mail: fernando.luiz@agricultura.gov.br

Rafael Rodolfo de Melo
Engenheiro Florestal, Dr. em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília, Professor do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rua Francisco Mota Bairro, n° 572, Bairro Presidente Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró - RN, Brasil
E-mail: rafael.melo@ufersa.edu.br

Miguel Harafat Vitória Almeida
Acadêmico do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Rondônia, Av. Norte Sul, n° 7300, Bairro Nova Morada, CEP 76940-000, Rolim de Moura - RO, Brasil
E-mail: miguelharafat@gmail.com

Wesley Duarte da Silva
Acadêmico do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Rondônia, Av. Norte Sul, n° 7300, Bairro Nova Morada, CEP 76940-000, Rolim de Moura - RO, Brasil
E-mail: wesleyduarteds@gmail.com

Maúcha Fernanda Mota Lima
Engenheira Florestal, Mestre em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 - Bairro Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá - MT, Brasil E-mail: mauchaf@gmail.com

Cássio Marques Moquedace dos Santos
Engenheiro Florestal, Mestrando em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, Câmpus Universitário, CEP 36570-900, Viçosa - MG, Brasil
E-mail: cassiomoquedace@gmail.com

Brazilian Journal of Development

Sherellyn Daphnee Alves Moretti
Acadêmica do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Rondônia, Av. Norte Sul, n° 7300, Bairro Nova Morada, CEP 76940-000, Rolim de Moura - RO, Brasil
E-mail: sherellynmoretti@gmail.com

RESUMO
Para equacionar os problemas ambientais promovidos por sistemas de produção agrícola convencionais, a implementação de sistemas agroflorestais possibilita ao produtor rural a produção de alimentos e fibras, melhoria da qualidade de vida e prestação de serviços ecológicos, como estocagem de biomassa. Objetivou-se estimar a biomassa seca e úmida da madeira de freijó (Cordia goeldiana Huber) cultivada em sistema agroflorestal (SAF) multiestratificado. A idade das árvores do SAF é de 19 anos, e são cultivadas em renques duplos no espaçamento 5,0 m x 2,5 m. Em todas as árvores foram medidas as variáveis dendrométricas: número de árvores por ha, altura (h) e diâmetro a altura do peito (DAP). As árvores de freijó foram agrupadas em três classes diamétricas com amplitude de classe de 7,24 cm. Em seguida abateu-se uma árvore representativa de cada classe diamétrica, para cubagem e coleta de madeira em diferentes alturas relativas. Obteve-se a densidade básica e aparente ponderadas; umidade na base seca; e umidade na base úmida. Esses parâmetros foram utilizados para estimar a biomassa seca e úmida na madeira de freijó. Apesar do freijó ter sido cultivado em SAF, observou-se que a distribuição de árvores por classe foi semelhante à de florestas plantadas. Registrou-se tendência crescente para densidade básica e aparente ao passo que se elevou os diâmetros. Para umidade a tendência foi decrescente. As estimativas de biomassa seca pela densidade básica e pela umidade na base seca não deferiram. Os valores de biomassa seca e úmida foram crescentes da classe I para Classe III. Houve influência da estrutura diamétrica das árvores de freijó no SAF nos parâmetros analisados entre as classes. Observou-se correlação positiva da biomassa com o aumento de diâmetro. Os valores de biomassa encontrados na madeira de freijó foram condizentes com as características esperadas para espécies utilizadas em sistema agroflorestal.

Palavras-chave: Meio ambiente; Física da Madeira; Serviços ambientais; Agroecologia.

ABSTRACT
To address the environmental problems promoted by agricultural production systems, the implementation of agroforestry systems allows the rural producer to produce food and fibers, improve the quality of life and offer ecological services, such as biomass storage. The objective was to estimate a dry and wet biomass of ash wood (Cordia goeldiana Huber) grown in the multi-stratified agroforestry system (ASF). The age of AFS trees is 19 years old, and they are grown in double spaces in the space 5.0 m x 2.5 m. All trees were measured as dendrometric variables: number of trees per ha, height (h) and diameter of breast height (DBH). The brake trees were grouped into three diametric classes with a class width of 7.24 cm. Then, click on a tree representative of each diameter class, for cubing and collecting wood at different heights. A weighted basic and apparent density was obtained; dry base moisture; and moisture in the damp base. These parameters were used to estimate dry and wet biomass in freijó wood. Although freijó was grown in ASF, it can affect the distribution of trees by class before planted forests. Register the growing trend towards basic density and set aside while increasing the diameters. To calculate the trend was decreasing. The dry biomass samples by the basic density and the density in the dry base did not differ. The values of dry and wet biomass increased from Class I to Class III. There was an influence of the diametric structure of the freijó trees in the ASF in the parameters analyzed between the classes. Observe the positive correlation of biomass with the increase in diameter. The biomass values found in the brake wood were conducted with characteristics expected for species used in the agroforestry system.

Keywords: Environment; Physics of Wood; Environmental services; Agroecology.

Brazilian Journal of Development

1 INTRODUÇÃO

As florestas desempenham um papel importante no que diz respeito à captura biológica de carbono da atmosfera, neste sentido a biomassa florestal tem sido estudada com finalidades variadas, dentre eles a ciclagem de nutrientes, para fins energéticos e na avaliação do crescimento das florestas, entre outros (SANQUETTA et al., 2014).

Para capturar plenamente o valor de paisagens a partir das perspectivas de manejo florestal, restauração e conservação é necessário melhor compreender a contribuição relativa de diferentes fontes de biomassa na biomassa florestal total acima do solo (MUKUL et al., 2016).

A diversidade de traços de plantas, ou seja, a diversidade de características vegetais como componente chave da diversidade funcional, pode ter um efeito marcantemente positivo na biomassa das florestas amazônicas sob futuras mudanças climáticas (SAKSCHEWSKI et al., 2016). Neste contexto, a implantação de sistemas agroflorestais (SAF) surge como alternativa à variedade de espécies vegetais assegurando a sustentabilidade.

Os SAF emergem como fonte econômica, ambiental e ecológica pactuando harmonicamente essas três características. Os SAF são considerados eficazes para o armazenamento de carbono na fitobiomassa e no solo (ROCHA et al., 2014). Não somente, mas também, proporcionam grande potencial para a restauração de ambientes degradados e/ou alterados, oferecendo simultaneamente variedade de produtos, diversificação da renda para o agricultor e soberania alimentar e nutricional para as famílias (MAGALHÃES et al., 2014).

Devido sua multiplicidade de uso, valor comercial e capacidade adaptativa o freijó (*Cordia goeldiana* Huber) pode ser uma excelente alternativa para consórcios em SAF, uma vez que se trata de uma espécie arbórea, semidecídua, heliófila, secundária com ocorrência na Amazônia Ocidental, comumente usada em reflorestamento e na construção civil (LORENZI, 1998).

No entanto o conhecimento científico sobre a utilização dessa espécie, combinada a outras espécies agrícolas, de forma comercial, como nos SAF é incipiente, criando uma lacuna a respeito do conhecimento científico nesse aspecto, dificultando assim o sucesso de replicação e alcance das potencialidades desta espécie em agroecossistemas complexos como os SAF.

Sendo assim, diante dos aspectos citados, objetivou-se com o presente trabalho estudar a influência da estrutura diamétrica na estimativa de biomassa por diferentes métodos na madeira de freijó cultivada em sistema agroflorestal multiestratificado.

Brazilian Journal of Development

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Estação Experimental Ouro Preto, a qual pertence à Comissão Executiva do Planejamento da Lavoura Cacaueira do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, situada no município de Ouro Preto do Oeste, RO, km 325 da Rodovia Federal BR 364 (altitude 249 m, latitude 10°43'6,36"S e longitude 62°13'22,17"W).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen Geiger, é do tipo Am, com temperaturas médias em torno de 26 ºC, precipitação pluviométrica anual média de 2.300mm e umidade relativa entre 80% e 90% (ALVARES et al., 2013), além disso o solo na área de estudo classifica-se como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (PVAe) (SANTOS et al., 2018a).

O sistema agroflorestal multiestratificado (SAF) tem 20 anos de implantação e dimensões de 80m × 125m (largura × comprimento). Além do freijó (*Cordia goeldiana* Huber), a composição florística do SAF é baseada em espécies agrícolas de pequeno e médio porte como: araçazeiro-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh.), cacaueiro (*Theobroma cacao* L.); cajá-mirim (*Spondia mombim* L.); coqueiro (*Cocos nucifera* L.); fruteira-pão (*Arthocarpus altilis* P.); laranjeira (*Citrus sinensis* L.); mangueira (*Mangifera indica* L.) e pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). Todas as espécies cultivadas estão em arranjo espacial na forma de renques duplos com espaçamento de 5m × 2,5m.

2.2 SELEÇÃO, ABATE E CUBAGEM DAS ÁRVORES

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram obtidos os valores das variáveis dendrométricas: altura (h) e diâmetro à altura de 1,30m do solo (DAP) de todas árvores de freijó no SAF. A partir dos valores obtidos foi possível agrupar os indivíduos em classes de DAP, considerando-se amplitude de classe de 7,24 cm. Foram estabelecidas três classes de DAP: 5,72 cm a 12,96 cm (classe I); 12,96 cm a 20,20 cm (classe II); e 20,20 cm a 27,44 cm (classe III).

Em seguida abateu-se uma árvore representativa de cada classe e realizou-se a cubagem rigorosa pelo método de Smalian, a partir do seccionamento das árvores em toretes de 100 cm de comprimento. O volume com casca de cada torete (secção) foi calculado em função do comprimento e da área transversal das extremidades (Equação 1), o volume do toco e do cone foram calculados por meio das Equações 2 e 3, respectivamente, e o volume rigoroso de cada árvore foi obtido por meio da Equação 4.

$$v_{ci} = \frac{(g_1 + g_{i+1})}{2} \times l_i \qquad \text{(Equação 1)}$$

$$v_{c0} = g_0 \times l_0 \qquad \text{(Equação 2)}$$

$$v_{cc} = \frac{1}{3} g_b \times l_c \qquad \text{(Equação 3)}$$

Brazilian Journal of Development

$$v_r = v_0 + \sum_{1=l}^{n} v_i + v_c \quad \text{(Equação 4)}$$

Em que: v_i = volume com casca das secções intermediárias (m^3); g_1 e g_{i+1} = áreas transversais das extremidades das secções intermediárias (m^2); li = comprimento das seções intermediárias (m); v_0 = volume com casca do toco (m^3); g_0 =; área transversal do toco (m^2); l_0 = comprimento do toco (m); v_{cc} = volume com casca do cone (m^3); g_b = área transversal da base do cone (m^2); l_c = comprimento do cone (m); v_{cr} = volume rigoroso com casca da árvore (m^3).

Posteriormente, foi obtido o volume com casca do cilindro (Equação 5), a partir do qual determinou-se o fator de forma artificial (Equação 6), e em seguida calculou-se o volume rigoroso das árvores utilizando-se a Equação 7.

$$v_{cc_{1,3}} = \frac{(DAP^2 \times \pi)}{40000} \times h \quad \text{(Equação 5)}$$

$$f_{1,3} = \frac{v_{cr}}{v_{cc1,3}} \quad \text{(Equação 6)}$$

$$v_{cv} = g \times h \times f_{1,3} \quad \text{(Equação 7)}$$

Em que: $v_{cc1,3}$ = volume com casca do cilindro (m^3); DAP = diâmetro a altura do peito (cm); $f_{1,3}$ = fator de forma artificial; v_{cr} = volume rigoroso da árvore (m^3); v_{cv} = volume verde da árvore (m^3); g = área transversal da árvore (m^2); h = altura da árvore (m).

2.3 OBTENÇÃO DOS DISCOS E ESTIMATIVAS DAS BIOMASSAS SECA E ÚMIDA

Concomitantemente ao procedimento de cubagem, foram realizados cortes transversais nos fustes das árvores abatidas no sentido base-topo, com auxílio de serra motorizada, a fim de se obter discos com, no mínimo, cinco centímetros de espessura. Neste procedimento, considerou-se as seguintes posições relativas ao longo do tronco: 5%, DAP, 25%, 45%, 65% e 85% da altura total da árvore.

Na sequência, os discos foram acondicionados em sacos plásticos hermeticamente fechados, objetivando-se evitar a desidratação excessiva da madeira para mantê-la em condição de saturação de fibras (umidade ≥ 28%). Posteriormente, o material coletado foi encaminhado para pesagem em condição saturada, utilizando-se balança com precisão de 0,01g.

Na etapa seguinte, os discos foram submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar (105 °C ± 2 °C) até atingirem massa constante, nessa fase as massas das peças foram novamente aferidas (Figura 2).

Brazilian Journal of Development



Figura 2. A) Abate e seccionamento das árvores de freijó. B) Discos de madeira separados por classes de DAP. C) Acondicionamento dos discos de madeira em sacos plásticos. D) Discos acondicionados em estufa. E) Pesagem dos discos. Fonte: Dados da pesquisa

Posteriormente, de posse dos valores das massas dos discos nas condições saturada e anidra, foram calculados os parâmetros físicos: densidade básica (ρb); volume na condição saturada e densidade aparente (ρa), por meio das Equações 8 (ABNT, 2003), 9 e 10, respectivamente.

$$\rho b = \frac{1}{\left(\frac{m_{(28\%)}}{m_{(0\%)}}\right) - 0{,}346} \qquad \text{(Equação 8)}$$

$$v_{(28\%)} = \frac{m_{(0\%)}}{\rho b} \qquad \text{(Equação 9)}$$

$$\rho a = \frac{m_{(28\%)}}{v_{(28\%)}} \qquad \text{(Equação 10)}$$

Em que: ρb = densidade básica (kg m $^{-3}$) ; ρa = densidade aparente (kg m^{-3}); $m_{(28\%)}$= massa saturada do disco (kg); $m_{(0\%)}$= massa anidra do disco (kg); $v_{(28\%)}$= volume saturado do disco (m³).

A partir dos valores de ρb e ρa dos discos e do volume rigoroso das árvores, foram determinadas, para melhor representatividade das estimativas, as densidades básica e aparente ponderadas, conforme as Equações 11 e 12.

$$\rho ap = \frac{\sum da_i \times v_{ci}}{v_r} \qquad \text{(Equação 11)}$$

$$\rho bp = \frac{\sum db_i \times v_{ci}}{v_{cr}} \qquad \text{(Equação 12)}$$

Em que: ρap = densidade aparente ponderada (kg m^{-3}); ρbp = densidade básica ponderada (kg m^{-3}); da_i = densidade aparente amostrada entre duas posições sucessivas (kg m^{-3}); db_i = densidade básica amostrada entre duas posições sucessivas (kg m^{-3}); v_{ci} = volume com casca da secção amostrada entre duas posições sucessivas (m^3) e v_{cr} = volume rigoroso com casca da árvore (m^3).

Brazilian Journal of Development

Na sequência, obteve-se as estimativas de biomassa seca de duas maneiras (desconsiderando-se a biomassa da raiz e a biomassa da copa das árvores), na primeira utilizou-se a densidade básica ponderada ($\rho_{(bas)p}$) e o volume rigoroso das árvores de cada classe de DAP, conforme Equação 13.

$$bs_{\rho bp}=(\rho bp \times v_{cv}) \quad \text{(Equação 13)}$$

Em que: $bs_{\rho bp}$ = biomassa seca estimada pela densidade básica ponderada (kg); ρbp = densidade básica ponderada (kg m^{-3}) e v_{cv} = volume verde com casca (m^3).

Já na segunda maneira de estimativa de biomassa seca, utilizou-se os mesmos discos extraídos de cada árvore para obtenção da umidade na base seca (Ubs) (Equação 14) e biomassa úmida (bu) (Equação 15), que foram aplicadas em conjunto na Equação 16. As estimativas de biomassa foram extrapoladas para hectare baseando-se no espaçamento das árvores de freijó.

$$Ubs=\frac{mu-ms}{ms}\times 100 \quad \text{(Equação 14)}$$

$$bu=\rho ap \times v_{cv} \quad \text{(Equação 15)}$$

$$bs_{Ubs}=(bu) \times (1-Ubs) \quad \text{(Equação 16)}$$

Em que: bs_{Ubs} = biomassa seca estimada pela umidade na base seca (kg); mu = massa úmida (kg); ms = massa anidra (kg); bu = biomassa úmida, ρap = densidade aparente ponderada (kg m^{-3}) e v_v = volume verde com casca (m^3).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, verificou-se na classe II o maior número de árvores por ha (46% do total) seguida das classes III e I, as quais representam 29% e 25% do total, respectivamente.

Tabela 1. Número de árvores e volume por ha, entre classes de diâmetro à altura de 1,30 m do solo (DAP) da espécie freijó (*Cordia goeldiana* Huber) aos 19 anos de idade, cultivada em sistema agroflorestal multiestratificado em Ouro Preto do Oeste, RO.

Parâmetros	Classes de DAP			Totais
	I	II	III	
Frequência Absoluta (árvores ha^{-1})	300	550	350	1200
Volume (m^3 ha^{-1})	16,2693	85,7914	194,5999	296,6606

Em relação as estimativas de volume por ha, observou-se na classe III os maiores valores, representando 65% do total. A classe II, apesar de ser a mais populosa, representa 29% seguida da classe I com 6% do volume por ha. Além disso, considerando as três classes de DAP, tem-se por árvore um volume médio de 0,2472 m^3.

Brazilian Journal of Development

A menor quantidade de árvores na classe I é explicada pela dominância das árvores da classe central que intensificam a competição por recursos e afetam negativamente o crescimento e elevam a mortalidade de plantas na classe suprimida (CARMONA et al., 2018).

Apesar do desenvolvimento das árvores de freijó ser em ambiente agroflorestal, a estrutura diamétrica é de uma floresta plantada. Isso evidencia-se pela distribuição normal e pela maior concentração de indivíduos na classe central.

Araujo (2020) explica que nem sempre a maior quantidade de árvores em determinada classe diamétrica representará o maior volume em madeira de uma floresta. Sabendo que o diâmetro é diretamente proporcional ao volume, é possível que em uma classe diamétrica superior exista menor quantidade de árvores e maior volume em relação à outras classes de maior frequência relativa.

Corroborando com os resultados, Santos et al. (2018b), ao estudarem as espécies *Rinorea guianensis* Abul. e *Eschweilera blanchetiana* Berg, verificaram maiores incrementos em classes diamétricas com menor número de árvores.

Geralmente, essas características ocorrem em árvores mais próximas da borda do plantio, onde há maior área vital para desenvolvimento das plantas devido a menor competição por água, luz e sais minerais. Estudando o crescimento de *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.), Lima e Leão (2013) observaram que os efeitos causados por fatores abióticos na borda do plantio promoveram alterações, como aumento da densidade de plantas e incremento diamétrico pela maior exposição à radiação solar.

Os valores de ρap e ρap aumentaram ao passo que se elevou o diâmetro (Tabela 2). Observou-se as menores densidades na classe I. Sabe-se que a densidade de plantas afeta a taxa de crescimento das árvores e é capaz de alterar diretamente as propriedades da madeira (LATORRACA, 2012). Menores densidades de plantas podem colaborar para a formação de maior proporção de madeira juvenil, a qual poderá afetar negativamente a densidade, principalmente em condições de maior competição (MOULIN et al., 2017).

Tabela 2. Estimativas das densidades aparente e básica ponderada e umidade na base seca das árvores representativas de cada classe de diâmetro à altura de 1,30 m do solo (DAP) da espécie freijó (*Cordia goeldiana* Huber) aos 19 anos de idade, cultivada em sistema agroflorestal multiestratificado, em Ouro Preto do Oeste, RO.

Parâmetros	Classes de DAP			Média	CV (%)
	I	II	III		
ρap (kg m^{-3})	701,97	973,52	1241,26	269,65	27,73
ρbp (kg m^{-3})	368,23	539,62	697,29	164,58	30,76
Ubs (%)	90,63	80,41	78,01	83,02	8,07

Em que: ρap = densidade aparente ponderada, ρbp = densidade básica ponderada e Ubs = umidade na base seca.

Brazilian Journal of Development

Por outro lado, na classe III observou-se valores de densidade superiores às demais classes de DAP. Apesar da densidade de plantas ser semelhante à da classe I as árvores não são suprimidas. Os resultados de Moulin et al. (2017) corroboram com os resultados encontrados, ou autores também observaram essa característica ao estudarem o efeito de fatores silviculturais nas propriedades da madeira de eucalipto e explicaram que em árvores com alta disponibilidade de área vital, luz e nutrientes a densidade da madeira foi maior.

Em relação a umidade na base seca, entre as classes diamétricas estudadas, obteve-se baixa variação (CV ≤ 10%), principalmente entre a classe II e classe III. Observou-se tendência decrescente em relação ao passo que se aumentou o diâmetro, isso porque a densidade é inversamente proporcional à porosidade da madeira, ou seja, quanto menor quantidade de espaços porosos menor será o armazenamento de água livre nas cavidades celulares (MELO et al., 2013).

As densidades obtidas foram superiores aos valores registrados por LPF (2017) (480 kg m^{-3}) caracterizando a madeira como pesada (CARVALHO, 1996). No entanto, ressalta-se que os resultados obtidos pelos autores foram para árvores de florestas nativas e utilizando-se corpos de prova com dimensões regulares e amostrados sem considerar a variação da madeira no sentido base-topo.

Apesar de não haver diferenças entre as estimativas de biomassa obtidas por meio de $bs_{\rho bp}$ e bs_{Ubs} pelo teste de t-student (Tabela 3), em valores absolutos, a diferença entre as médias das estimativas de $bs_{\rho bp}$ e bs_{Ubs} foi de 62,45%. Isso explica-se pelo elevado desvio padrão observado para bs_{Ubs}. Com isso, recomenda-se a estimativa de biomassa seca por meio do uso da $bs_{\rho bp}$, devido a menor variação.

Tabela 3. Teste t-Student para as estimativas de biomassa por meio dos valores de ρbp e Ubs considerando todas as classes de diâmetro à altura de 1,30m do solo (DAP) da espécie freijó (*Cordia goeldiana* Huber) aos 19 anos de idade, cultivada em sistema agroflorestal multiestratificado, em Ouro Preto do Oeste, RO.

Parâmetros	$bs_{\rho bp}$	bs_{Ubs}	p-valor
n (classes)	3	3	-
médias (Mg ha^{-1})	62,62 ± 6,21	23,51 ± 26,75	$0,21^{ns}$

Em que: ** = p ≤ 0,05, aceita-se h_0, portanto as estimativas são iguais; ^{ns} = rejeita-se h_0, portanto as estimativas são distintas.

Como na classe III estão as árvores com maiores volumes e densidades, obteve-se as maiores estimativas de $bs_{\rho bp}$ e bs_{Ubs}, as quais corresponderam a 75,29% e 72,08% do total, respectivamente (Figura 2). Os valores de $bs_{\rho bp}$ e bs_{Ubs} decresceram da classe II para classe I. Para as estimativas de bu nas classes I, II, e III as proporções foram 3,39%, 24,82% e 71,79%, respectivamente.

Brazilian Journal of Development

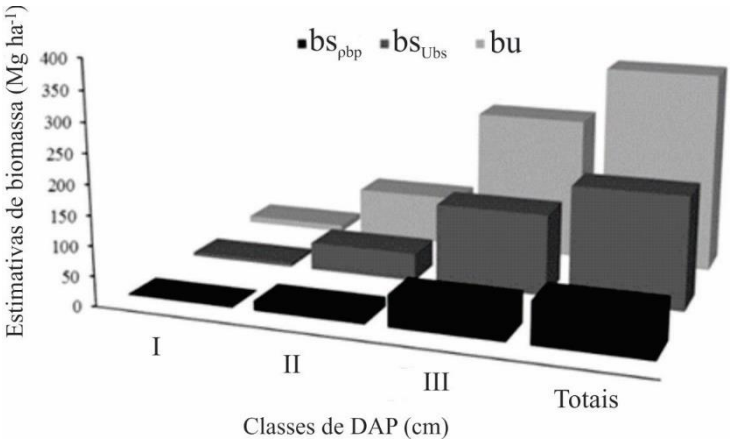


Figura 3. Estimativas de biomassa seca por meio da densidade básica ponderada (bs_{pbp}), biomassa seca por meio do umidade na base seca (bs_{Ubs}) e biomassa úmida (bu) em diferentes classe de diâmetro a altura do peito (DAP) da espécie freijó (*Cordia goeldiana* Huber) aos 19 anos de idade, cultivada em sistema agroflorestal multiestratificado, em Ouro Preto do Oeste, RO.

Pedrosa et al. (2013), descreveram esse mesmo comportamento na quantificação de biomassa em plantio de *Eucalyptus grandis* na região centro-oeste do Brasil, utilizando as mesmas metodologias do presente trabalho. Da mesma forma, Balbinot et al. (2017) observaram que em todos os componentes das árvores (galhos, folhas, casca e miscelânea) houve aumento da quantidade de biomassa ao se elevar o diâmetro.

Em contraponto, Vale et al. (2002) estimaram a produção de biomassa lenhosa para várias classes de diâmetro em cerrado e notaram aumento da biomassa seca por ha até as menores classes diamétricas, e quando aumentava-se os diâmetros diminuía-se até a maior classe de diâmetro.

As diferentes densidades entre as classes é uma das causas de aumento dos valores de biomassa encontrado neste estudo. Isso porque classes de árvores com densidades baixas, necessitariam de maiores quantitativos de indivíduos para alcançarem valores mais elevados de biomassa. Também foi possível notar que a umidade influenciou nas densidades e estimativas de biomassa pois, quanto maior a massa de madeira maior será a quantidade de água.

Os estoques de biomassa encontrados neste estudo expressam valores condizentes com as características esperadas para um SAF, vale ressaltar que ao se considerar o aporte de biomassa das demais espécies vegetais do cultivo em questão os valores seriam muito maiores.

Portanto, a implantação de agroecossistemas que se aproximem dos naturais, preferencialmente com plantas nativas, é de grande importância no contexto ambiental, pois aliar a produção de madeira, alimento e fibras com a conservação da natureza é um desafio crescente na sociedade (MARDSEN et al., 2019). Os SAF são agroecossistemas capazes de armazenar grande capacidade de carbono na biomassa e no solo, produzindo madeira de qualidade organizados de forma a facilitar o manejo e a colheita como nos SAF.

Brazilian Journal of Development

4 CONCLUSÕES

Houve influência da estrutura diamétrica das árvores de freijó no SAF na distribuição de árvores, volume e biomassa entre as classes.

Foi possível estimar a biomassa seca e úmida por meio dos parâmetros físicos da madeira, observando-se correlação positiva com o aumento de diâmetro.

Os valores de biomassa encontrados na madeira de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) foram condizentes com as características esperadas para espécies utilizadas em sistema agroflorestal.

AGRADECIMENTOS

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) pela disponibilização do material de estudo e infraestrutura e à Universidade Federal de Rondônia pelo fornecimento de infraestrutura e pessoal.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941-02 - Determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen s climate classification map for Brazil. Meteorologiche Zeitscharift, 22(6):711-728, 2013. Disponível em: https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507. Acesso em: 15 fev. 2020.

ARAUJO, H. J. B. Ações de restauração de florestas exploradas seletivamente no sudoeste da Amazônia brasileira. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 3, n. 1, p. 43-59, 2020.

BALBINOT, R.; TRAUTENMÜLLER, J. W.; CARON, B. O.; BORELLA, J.; JUNIOR, S. C.; BREUNIG, F. M. Vertical distribution of aboveground biomass in a seasonal deciduous forest. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 12, n. 3, p. 361-365, 2017. DISPONÍVEL EM: https://doi.org/10.5039/agraria.v12i3a5448. Acesso em: 15 fev. 2020.

CARMONA, I. N.; DE AQUINO, M. G. C.; DA ROCHA, D. Í. S.; DAS NEVES SILVA, J. J.; FICAGNA, A. G.; BALONEQUE, D. D.; OTAKE, M. Y. F.; PAULETTO, D. Variáveis

morfométricas de três espécies florestais em sistema agroflorestal. Revista Agroecossistemas, v. 10, n. 1, p. 131-144, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.18542/ragros.v10i1.5158. Acesso em: 15 fev. 2020.

CARVALHO, A. Madeiras portuguesas: estrutura anatómica, propriedades, utilizações. Lisboa: Instituto Florestal, v. 1, 1996.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. de. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. Floresta e Ambiente, v. 7, n. único, p. 279-291, 2012.

LIMA, J. P. C.; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na Amazônia Sul Ocidental. Floresta e Ambiente, v. 20, n. 1, p. 70-79, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.4322/floram.2012.065. Acesso em: 15 fev. 2020.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2ed. Nova Odessa: Plantarum, v.2, 1998.

LPF - LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS. Banco de dados das madeiras brasileiras. Disponível em: < http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/>. Acesso em: 29 abr. 2017.

MAGALHÃES, J. G. S.; SILVA, M. L.; SALLES, T. T.; REGO, L. J. S. Análise econômica de sistemas agroflorestais via uso de equações diferenciais. Revista Árvore, v. 38, n. 1, p. 73-79, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0100-67622014000100007. Acesso em: 15 fev. 2020.

MARDSEN C.; MARTIN-CHAVE, A.; CORTET, J.; HEDDE, M.; CAPOWIEZ, Y. How agroforestry systems influence soil fauna and their functions-a review. Plant and Soil, p. 1-16, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11104-019-04322-4. Acesso em: 15 fev. 2020.

MELO, R. R.; DEL MENEZZI, C. H. S.; DE SOUZA, M. R.; STANGERLIN, D. M. Evaluation of physical, chemical, mechanical and surface properties of the *Schizolobium amazonicum* Veneer. Floresta e Ambiente, v. 20, n. 2, p. 238-249, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.4322/floram.2013.004. Acesso em: 15 fev. 2020.

MOULIN, J. C.; ARANTES, M. D. C.; OLIVEIRA, J. G. L. D.; CAMPINHOS, E.; GOMES, F.; VIDAURRE, G. B. Efeito do Espaçamento, Idade e Irrigação no Volume e Densidade Básica do Eucalipto. Floresta e Ambiente, v. 24, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2179-8087.073914. Acesso em: 15 fev. 2020.

MUKUL, S. A.; HERBOHN, J.; FIRN, J. Tropical secondary forests regenerating after shifting cultivation in the Philippines uplands are important carbon sinks. Scientific Reports, v. 6, p. 22483, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1038/srep22483. Acesso em: 15 fev. 2020.

PEDROSA, T. D.; MASCARENHAS, A. R. P.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M. Estimativa da biomassa em um plantio de *Eucalyptus grandis* na região Centro-Oeste. Scientia Plena, v. 9, n. 5, 2013.

ROCHA, G. P.; FERNANDES, L. A.; CABACINHA, C. D.; LOPES, I. D. P.; RIBEIRO, J. M.; FRAZÃO, L. A.; SAMPAIO, R. A. Caracterização e estoques de carbono de sistemas agroflorestais no Cerrado de Minas Gerais. Ciência Rural, v. 44, n. 7, p. 1197-1203, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130804. Acesso em: 15 fev. 2020.

SAKSCHEWSKI, B.; VON BLOH, W.; BOIT, A.; POORTER, L.; PEÑA-CLAROS, M.; HEINKE, J.; JOSHI, J.; THONICKE, K. Resilience of Amazon forests emerges from plant trait diversity. Nature Climate Change, v. 6, n. 11, p. 1032-1036, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1038/nclimate3109. Acesso em: 15 fev. 2020.

SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. D.; SIMON, A.; PSCHEIDT, H.; RUZA, M. S.; MOCHIUTTI, S. Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul. Embrapa Amapá-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa, 2018a.

SANTOS, M. F.; COSTA, D. L.; MELO, L. O.; GAMA, J. R. V. Estrutura, distribuição espacial e dinâmica florestal de duas espécies nativas após extração manejada de madeira na Flona do

Tapajós. Advances in Forestry Science, v. 5, n. 2, p. 351-356, 2018b. Disponível em: http://dx.doi.org/10.34062/afs.v5i2.5921. Acesso em: 15 fev. 2020.

VALE, A. T. D.; FIEDLER, N. C.; SILVA, G. F. D. Avaliação energética da biomassa do cerrado em função do diâmetro das árvores. Ciência Florestal, v. 12, n. 2, p. 115-126, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.5902/198050981686. Acesso em: 15 fev. 2020.