

ESTOQUES DE BIOMASSA E NUTRIENTES EM TRÊS ESPÉCIES DE *Parkia* EM PLANTIOS JOVENS SOBRE ÁREA DEGRADADA NA AMAZÔNIA CENTRAL

Karen Cristina Pires da Costa¹, João Baptista Silva Ferraz², Rodrigo Pinheiro Bastos³,
Marciel José Ferreira⁴, Tatiane da Silva Reis⁵, Alex de Sousa Trindade⁶, Giuliano Piotto Guimarães⁷

¹Eng. Florestal, Mestranda em Ciências de Florestas Tropicais, INPA, Manaus, AM, Brasil - karencosta15@gmail.com

²Biólogo, Ph.D., INPA, Manaus, AM, Brasil - jferraz@inpa.gov.br

³Eng. Florestal, M.Sc., INPA, Manaus, AM, Brasil - robaggioefl@gmail.com

⁴Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFAM, Manaus, AM, Brasil - marciel@ufam.edu.br

⁵Bióloga, Doutoranda, BioSol (UMR-ECOFOG), UAG, Cayenne, Guiana Francesa, Brasil - tatiane.reis@ecofog.gf

⁶Eng. Florestal, M.Sc., INPA, Manaus, AM, Brasil - trindade.sousa.alex@gmail.com

⁷Eng. Florestal, M.Sc., INPA, Manaus, AM, Brasil - ggmanaus@gmail.com

Recebido para publicação: 11/11/2013 – Aceito para publicação: 03/05/2014

Resumo

As estratégias de distribuição de biomassa e nutrientes utilizadas pelas espécies florestais podem refletir sua capacidade de sobrevivência em plantios sobre áreas degradadas. O objetivo deste estudo foi quantificar os estoques de biomassa e nutrientes nos compartimentos arbóreos de *Parkia multijuga*, *Parkia nitida* e *Parkia pendula* em plantios sobre área degradada em Manaus, AM. A biomassa foi determinada pelo método destrutivo em seis árvores de cada espécie, que foram compartimentadas em: folhas, galhos finos ($\varnothing < 10$ cm), galhos grossos ($\varnothing \geq 10$ cm), fuste, raízes médias ($2 \text{ mm} \leq \varnothing < 5$ cm) e raízes grossas ($\varnothing \geq 5$ cm). Aos quatro anos, *Parkia multijuga* exibiu 60% do total de biomassa nos compartimentos aéreos e 40% nos subterrâneos. *Parkia nitida* exibiu 84% nos compartimentos aéreos e apenas 16% nos subterrâneos. *Parkia pendula* exibiu 67% nos compartimentos aéreos e 33% nos subterrâneos. A ordem de acúmulo de macronutrientes nos compartimentos foi: N > Ca > K > Mg > P. O fato de *Parkia multijuga* adotar estratégias de alocação de biomassa e nutrientes que favorecerão seu desempenho sobre sítios com baixa disponibilidade de recursos sustenta sua indicação para a composição de programas de reflorestamento em áreas degradadas na Amazônia.

Palavras-chave: Espécies florestais nativas; nutrição florestal; reflorestamento; restauração.

Abstract

Biomass and nutrients in three species of Parkia plantings on degraded area in Central Amazon. Biomass and nutrients partitioning strategies in tree species may reflect their ability to survive in plantations on degraded areas. The objective of this study was to investigate the content of biomass and nutrients in tree components of *Parkia multijuga*, *Parkia nitida* and *Parkia pendula* on plantings in degraded area in Manaus, AM. The biomass was determined by the harvest method in six trees of each species, which were subdivided into leaves, fine branches ($\varnothing < 10$ cm), coarse branches ($\varnothing \geq 10$ cm), stem wood, medium roots ($2 \text{ mm} \leq \varnothing < 5$ cm) and coarse roots ($\varnothing \geq 5$ cm). At 4 years, *Parkia multijuga* allocated 60% of the total biomass to above-ground components and 40% to below-ground. *Parkia nitida* allocated 84% to above-ground and 16% to below-ground. *Parkia pendula* allocated 67% to above-ground components and 33% to below-ground. The order of the nutrient accumulation in tree compartments was: N > Ca > K > Mg > P. *Parkia multijuga*, by adopting better strategies of distribution of biomass and nutrients, it is a recommended species for reforestation programs on degraded sites in the Amazon.

Keywords: Native forest species; forest nutrition; reforestation; restoration.

INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal contém a maior cobertura florestal brasileira, com aproximadamente 321 milhões de hectares. Desse total, cerca de 19% foram alterados por exploração madeireira, pecuária,

agricultura, mineração e urbanização. Do total de áreas desflorestadas, apenas 22% estão em processo de regeneração natural (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2013).

Em áreas que sofreram alterações mais intensas, como, por exemplo, aquelas destinadas às atividades de agricultura mecanizada, construções e mineração, o estabelecimento da vegetação é dificultado, devido às mudanças nas propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, tais como redução do pH e da disponibilidade de nutrientes, perda de matéria orgânica, compactação e perda total ou parcial de microfauna (UHL *et al.*, 1988; SANTOS JR. *et al.*, 2006).

A recuperação dessas áreas exige necessariamente intervenção humana, sendo que o estabelecimento de plantios florestais com espécies de rápido crescimento e eficientes quanto ao uso de água e nutrientes tem sido indicado como a melhor alternativa (SANTOS JR. *et al.*, 2006; FERREIRA *et al.*, 2012). A seleção de espécies para plantios com essa finalidade também deve considerar o padrão de alocação de biomassa e nutrientes na planta, pois este tem relação com a capacidade competitiva e também com as respostas dos indivíduos aos estresses causados pelo ambiente (SWAMY *et al.*, 2004; SON *et al.*, 2004).

O padrão de alocação de biomassa e nutrientes em plantas está diretamente relacionado à eficiência em absorver e utilizar os nutrientes disponíveis no solo. Algumas espécies, por exemplo, são capazes de investir mais em biomassa e área de superfície foliar, de modo a aumentar a captação de luz em ambientes sombreados, enquanto outras podem investir mais em raízes, de modo a aumentar a absorção de água e nutrientes do solo em ambientes onde a sua disponibilidade é baixa (MCCARTHY; ENQUIST, 2007; BASTIEN-HENRI *et al.*, 2010). Ou seja, o desempenho das espécies em campo reflete sua eficiência em capturar e utilizar os recursos primários água, CO₂, luz e nutrientes, sendo que essa eficiência é peculiar a cada uma delas (SANTOS JR. *et al.*, 2006).

As espécies diferem quanto à eficiência da produção de biomassa por unidade de nutriente absorvido, fato este que pode estar relacionado à plasticidade fenotípica com o objetivo de favorecer o desempenho de algumas espécies em determinadas condições de sítio (BINKLEY *et al.*, 1992; MCCARTHY; ENQUIST, 2007). Por esse motivo, é possível observar diferentes padrões de alocação de biomassa e nutrientes em plantas, mesmo quando elas pertencem ao mesmo gênero. Santana *et al.* (2008), estudando plantios de eucalipto, mostrou que a alocação de biomassa e nutrientes pode variar consideravelmente entre espécies do mesmo gênero plantadas nas mesmas condições ambientais. Por esse motivo, os mesmos autores enfatizam a importância de estudos particularizados para cada espécie.

As espécies visgueiro (*Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp.), paricá-grande-da-terra-firme (*Parkia multijuga* Benth.) e faveira-benguê (*Parkia nitida* Miquel) vêm sendo indicadas para recuperação de áreas degradadas na Amazônia por apresentarem, entre outras características, rápido crescimento sobre áreas abertas e potencial econômico (HOPINKS, 1986; OLIVEIRA *et al.*, 2006). Porém pouco se conhece sobre as estratégias de alocação de nutrientes e acúmulo de biomassa por essas espécies. Entender o padrão de alocação de biomassa e nutrientes de espécies nativas da Amazônia plantadas em diferentes condições ambientais, em especial sobre áreas degradadas, poderá contribuir sobremaneira para a seleção de espécies a serem utilizadas na composição de programas de reflorestamento mais adequados à região.

O objetivo deste trabalho foi investigar a distribuição de biomassa e nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos de três espécies do gênero *Parkia* (*P. multijuga*, *P. nitida* e *P. pendula*) em plantios sobre área degradada, a fim de determinar o padrão de alocação de biomassa e nutrientes e paralelamente sugerir a(s) espécie(s) mais adequada(s) para a implantação de plantios sobre áreas degradadas na região amazônica. Para tanto, foram elaboradas duas hipóteses: i) As espécies do gênero *Parkia* apresentarão diferenças quanto aos estoques e às estratégias de alocação de biomassa e nutrientes em seus compartimentos; ii) Os compartimentos aéreos (folhas + galhos + fuste) apresentarão os maiores estoques de biomassa e nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização do experimento

Os plantios estudados estão localizados em área do 1º Batalhão de Infantaria de Selva-Aeromóvel (1º BIS-Amv), em Manaus (60°01'07" W e 03°05'08" S). As médias anuais de temperatura e pluviosidade, no período entre 1971 e 2008, foram, respectivamente, 25,9 °C e 2.619,8 mm (ANTÔNIO, 2008), e o clima é do tipo Amw (KÖPPEN, 1948).

No final da década de 70, teve início o processo de degradação, com o desflorestamento seguido pelo decapeamento do solo até uma profundidade de 3 m. Posteriormente a área foi terraplanada e compactada para o início de construções civis, sendo, contudo, abandonada. O alto grau de compactação do solo e os baixos teores de nutrientes impossibilitaram o estabelecimento de uma vegetação secundária (FERREIRA *et al.*, 2012).

Em março de 2006, foram implantados plantios florestais das espécies *P. multijuga*, *P. nitida* e *P. pendula*, com mudas de sete meses de idade e altura média de 30 cm. As mudas foram produzidas no viveiro da Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (CPST – INPA) a partir de sementes coletadas em árvores matrizes localizadas na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST– INPA). Os plantios foram realizados após a abertura, por retroescavadeira, de sulcos de 50 m de comprimento x 50 cm de largura x 50 cm de profundidade. No total foram plantadas 772 mudas distribuídas em linhas e no espaçamento de 2 x 1 m. As espécies foram plantadas separadamente.

A adubação das mudas foi realizada com 150 g de Ouromag® (4% N, 14% P, 7% K, 11,5% Ca, 2,7% Mg, 10,4% S, 0,07% B, 0,59% Zn e 0,15% Cu) e 50 g de calcário dolomítico por cova. No total, foram realizadas três adubações, sendo a primeira na época do plantio e a segunda e terceira, respectivamente, aos três e nove meses de idade.

Crescimento em altura e diâmetro

O levantamento biométrico foi realizado nas idades de 4 meses (julho 2006), 8 meses (novembro 2006), 13 meses (abril 2007), 36 meses (julho de 2009) e aos 48 meses (junho 2010). As variáveis medidas foram altura total, diâmetro à altura do colo (DAC) até os 13 meses de idade e o diâmetro a altura do peito (DAP) a partir dos 13 meses. A altura foi determinada com uma vara hipsométrica, com altura total de 12 m e precisão de 0,01 m. o DAC foi determinado com um paquímetro digital, enquanto o DAP foi determinado com uma fita diamétrica, com precisão de 0,1 cm. Foram amostradas todas as árvores dos plantios.

Estoques de biomassa e nutrientes

A biomassa e o conteúdo de nutrientes foram determinados pelo método destrutivo em seis árvores de cada espécie aos 4 anos de idade do plantio, no período de maio a junho de 2010. Para seleção das árvores, o povoamento foi estratificado em três classes de DAP: inferior (1,5-4,5 cm), média (4,5-7,5 cm) e superior (7,5-10,5 cm). Em seguida, de cada classe de DAP foram selecionadas duas árvores por espécie para o estudo de biomassa e nutrientes.

As árvores selecionadas foram compartimentadas em folhas, galhos finos ($\varnothing < 10$ cm), galhos grossos ($\varnothing \geq 10$ cm), fuste, raízes médias ($2 \text{ mm} \leq \varnothing < 5$ cm) e raízes grossas ($\varnothing \geq 5$ cm). Cada compartimento teve sua massa fresca mensurada em campo, utilizando-se balança de mola com capacidade de 25 kg e que, antes do uso em campo, foi calibrada com pesos aferidos. As raízes foram coletadas pelo método de escavação. Para isso, uma trincheira foi escavada ao redor de cada árvore. Todas as raízes com $\varnothing \geq 2$ mm foram separadas do solo por peneiramento e catação manual. As raízes pivotantes e as mais grossas foram retiradas do solo por escavação, utilizando-se uma picareta.

Em seguida, foram retiradas alíquotas de cada compartimento. No caso dos fustes e raízes grossas, foram seccionados discos de aproximadamente 5 cm de espessura, sendo dois a 0% do comprimento total do compartimento (base), dois a 50% (meio) e dois a 100% (ápice). As alíquotas foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e conduzidas ao Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP – INPA).

As alíquotas para determinação de biomassa foram secas em estufa com ventilação forçada (105 °C) até atingir massa constante. Com base nos dados de biomassa fresca das alíquotas, para cada compartimento das árvores foi calculada a biomassa seca total, conforme a seguinte equação:

$$Bs = Bf \times [(100 - Ta) / 100]$$

em que: Bs = biomassa seca (kg);
Bf = biomassa fresca (kg);
Ta = teor de água (%).

As alíquotas para determinação de nutrientes foram secas em estufa com ventilação forçada (60-65 °C) até atingir massa constante (MIYAZAWA *et al.*, 1999). Após a secagem, o material foi moído em moinho tipo Willey e acondicionado em frascos de polietileno.

O nitrogênio total foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl. O P foi determinado pelo método molibdato de amônio e a quantificação foi realizada em espectrofotômetro Shimadzu UV-VIS-120-01 ($\lambda = 725$ nm). Os nutrientes K, Ca e Mg foram extraídos por digestão nitroperclórica (MIYAZAWA *et al.*, 1999). A leitura foi realizada por espectrofotometria de absorção com chama de acetileno. Para a determinação dos estoques de nutrientes nas árvores, multiplicaram-se as concentrações dos nutrientes pelos respectivos valores de biomassa seca de cada compartimento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 3 tratamentos (espécies) e 6 repetições (número de árvores coletadas por espécie). Os resultados foram submetidos à análise de variância (Anova One Way) e, posteriormente, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para o contraste das médias. Todas as análises foram realizadas no programa Statistica (versão 7.0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento em altura e diâmetro

Aos 4 meses de plantio, *P. multijuga* apresentou as maiores médias de altura total ($0,5 \pm 0,02$ m) e diâmetro ($0,9 \pm 0,05$ cm). Em *P. pendula*, por sua vez, foram observadas as menores médias de crescimento, sendo que os valores alcançados por essa espécie para altura total e diâmetro foram $0,2 \pm 0,01$ m e $0,6 \pm 0,2$ cm, respectivamente ($p = 0,01$; Figura 1).

A partir do 8º mês de plantio, os valores de altura total e diâmetro alcançados por *P. nitida* foram semelhantes aos observados para *P. multijuga* ($p = 0,16$; Figura 1). Ao final de 4 anos, nessas duas espécies foram observadas as maiores médias de crescimento – em média, *P. multijuga* e *P. nitida* cresceram duas vezes mais que *P. pendula*. Em relação ao incremento médio anual em altura e DAP, observa-se que os valores alcançados por *P. multijuga* e *P. nitida* foram aproximadamente 21% maiores que os observados em *P. pendula* (Tabela 1).

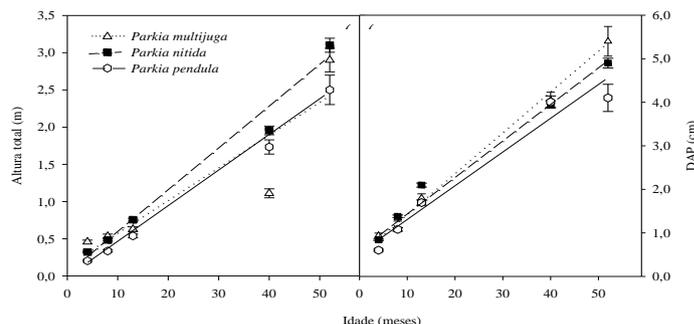


Figura 1. Crescimento em altura (A) e diâmetro (B) de três espécies do gênero *Parkia* durante quatro anos em plantio sobre área degradada (Manaus, Amazonas). *Parkia multijuga* (altura total = $0,123 + 0,042x$, $R^2 = 0,794$; DAP = $0,590 + 0,090x$, $R^2 = 0,997$); *Parkia nitida* (altura total = $0,039 + 0,054x$, $R^2 = 0,977$; DAP = $0,747 + 0,080x$, $R^2 = 0,987$); *Parkia pendula* (altura total = $-0,040 + 0,047x$, $R^2 = 0,993$; DAP = $0,518 + 0,076x$, $R^2 = 0,961$).

Figure 1. Growth in height (A) and diameter (B) of three species of *Parkia* during four years in planting on degraded area (Manaus, Amazonas). *Parkia multijuga* (height = $0.123 + 0.042x$, $R^2 = 0.794$; DBH = $0.590 + 0.090x$, $R^2 = 0.997$); *Parkia nitida* (height = $0.039 + 0.054x$, $R^2 = 0.977$; DBH = $0.747 + 0.080x$, $R^2 = 0.987$); *Parkia pendula* (height = $-0.040 + 0.047x$, $R^2 = 0.993$; DBH = $0.076x + 0.518$, $R^2 = 0.961$).

As taxas diferenciadas de crescimento entre as espécies *P. multijuga* e *P. nitida* em relação a *P. pendula* podem ser atribuídas a uma série de fatores, entretanto, ajustes ecofisiológicos associados a maior eficiência para assimilação de carbono e utilização de nutrientes e água tem sido apontado como sendo um dos que mais influencia o sucesso no estabelecimento das plantas sobre áreas degradadas na

Amazônia (SANTOS JR. *et al.*, 2006; FERREIRA *et al.*, 2012). Em estudo com outras espécies arbóreas nativas da Amazônia, Santos Jr. *et al.* (2006) observaram que as espécies com melhor crescimento apresentaram eficiência no uso de nitrogênio sete vezes maior, quando comparadas com as espécies de pior crescimento.

Ao serem comparados os dados de crescimento das espécies de *Parkia* avaliadas neste estudo com os dados de crescimento de espécies do mesmo gênero plantadas em outras regiões e também com espécies nativas da Amazônia, constatou-se que as três espécies investigadas nesta pesquisa cresceram lentamente. Por exemplo, *Parkia multijuga*, aos três anos, plantada em Viana, no Espírito Santo, alcançou 5,0 m em altura total e 12,0 cm em DAP. A mesma espécie, aos quatro anos, plantada em Moji-Mirim, na região de São Paulo, alcançou 8,6 m em altura total e 10,2 cm em DAP (CARVALHO, 2009). Na região de Manaus, Amazonas, Souza *et al.* (2010), estudando o crescimento de 11 espécies nativas da Amazônia, plantadas em solos ácidos e com baixa CTC (capacidade de troca catiônica), observaram, aos 6 anos de plantio, amplitude de variação para altura total e DAP de 5,6 a 15,1 m e 6,9 a 12,1 cm, respectivamente.

Tabela 1. Incremento médio anual em altura e DAP de espécies do gênero *Parkia* em plantios de quatro anos de idade sobre área degradada (Manaus, Amazonas).

Table 1. Average annual increment in height and DBH of species of *Parkia* in four-years-old plantings on degraded area (Manaus, Amazonas).

Espécie	Altura total (m)	DAP (cm)	Incremento médio anual	
			DAP(cm.ano ⁻¹)	Altura total (m.ano ⁻¹)
<i>P. multijuga</i>	2,88 ± 0,60a	5,40 ± 1,24a	1,35 ± 0,31a	0,72 ± 0,15a
<i>P. nitida</i>	3,08 ± 0,47a	4,80 ± 1,28a	1,20 ± 0,32a	0,77 ± 0,12a
<i>P. pendula</i>	2,45 ± 0,34b	4,10 ± 0,42b	1,05 ± 0,10b	0,62 ± 0,08b

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não apresentam diferenças entre si (Tukey, $p > 0,05$). Média ± erro padrão da média.

Apesar dos baixos valores de altura e DAP das espécies de *Parkia* avaliadas neste estudo, o incremento médio anual (IMA) em DAP está dentro da amplitude de variação observada para algumas espécies nativas da Amazônia. Por exemplo, o IMA de nove espécies nativas da Amazônia consideradas de rápido crescimento, plantadas em condições ambientais semelhantes às deste estudo, aos 11 anos, variou de 0,8 a 2,0 cm.ano⁻¹ em DAP e em altura total de 0,9 a 1,5 m.ano⁻¹ (SOUZA *et al.*, 2008).

O desempenho em altura e DAP das espécies de *Parkia* neste estudo foi baixo quando comparado com o crescimento de outras espécies. Porém esses resultados não devem ser considerados negativos, uma vez que a retirada de camadas do solo impõe severas barreiras ao crescimento e desenvolvimento das plantas, tais como compactação, mudanças de pH e baixa disponibilidade de nutrientes e água. Outros estudos também têm apresentado baixas taxas de crescimento de plantios sobre áreas degradadas. A exemplo, Swamy *et al.* (2004), avaliando o crescimento de *Gmelina arborea* Roxb. em solos ácidos, pobres em matéria orgânica e com baixa disponibilidade de nutrientes, observou que o crescimento da espécie foi inferior ao crescimento da mesma espécie em outros sítios. Os autores destacaram como principal fator limitante ao desempenho de *G. arborea* a baixa qualidade dos solos.

Biomassa

Na avaliação das biomassas totais, aéreas e subterrâneas das três espécies, aos quatro anos de idade dos plantios, observou-se que as espécies *P. multijuga* (19,65 Mg.ha⁻¹) e *P. nitida* (19,52 Mg.ha⁻¹) apresentaram os maiores estoques totais de biomassa, enquanto *P. pendula* (9,85 Mg.ha⁻¹) apresentou valores médios de aproximadamente metade daqueles obtidos pelas outras duas espécies (Tabela 2).

Em *P. nitida* foram determinados os maiores estoques de biomassa nos compartimentos galhos finos e fuste, resultando em maior acúmulo de biomassa acima do solo. *Parkia multijuga*, por sua vez, apresentou maior estoque de biomassa abaixo do solo, representado pelas raízes médias e grossas. A biomassa das raízes de *P. multijuga* foi 2,5 vezes maior que a biomassa radicular de *P. nitida* e 2,3 vezes maior que a de *P. pendula* (Tabela 2).

Parkia multijuga exibiu 60% de sua biomassa total nos compartimentos aéreos e 40% nos subterrâneos. *Parkia nitida*, por sua vez, exibiu 84% de sua biomassa total nos compartimentos aéreos e apenas 16% nos subterrâneos. Em *Parkia pendula*, 66% da biomassa total foram representados pelos compartimentos aéreos e 34% pelos compartimentos subterrâneos (Tabela 2; Figura 2).

Tabela 2. Estoques de biomassa nos diferentes compartimentos de três espécies do gênero *Parkia* em plantios de quatro anos sobre área degradada (Manaus, Amazonas).

Table 2. Biomass in the different compartments of three species of four-years-old *Parkia* plantations on degraded area (Manaus, Amazonas).

Espécie	Biomassa seca (Mg.ha ⁻¹)					Total
	Folhas	Galhos finos	Fuste	Raízes médias	Raízes grossas	
<i>P. multijuga</i>	2,29 ± 0,17aA	1,15 ± 0,08aA	8,40 ± 0,77bA	3,37 ± 0,29abA	4,43 ± 0,39abA	19,65A
<i>P. nitida</i>	1,98 ± 0,13aA	5,01 ± 0,41abB	9,42 ± 0,67bA	1,23 ± 0,08aAB	1,88 ± 0,10aAB	19,52A
<i>P. pendula</i>	0,52 ± 0,03aB	1,11 ± 0,05aA	4,92 ± 0,26bB	0,79 ± 0,02aAB	2,51 ± 0,18abAB	9,85B

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas não apresentam diferenças significativas entre compartimentos e médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas colunas não apresentam diferenças significativas entre espécies (Tukey, $p > 0,05$). Média ± erro padrão da média.

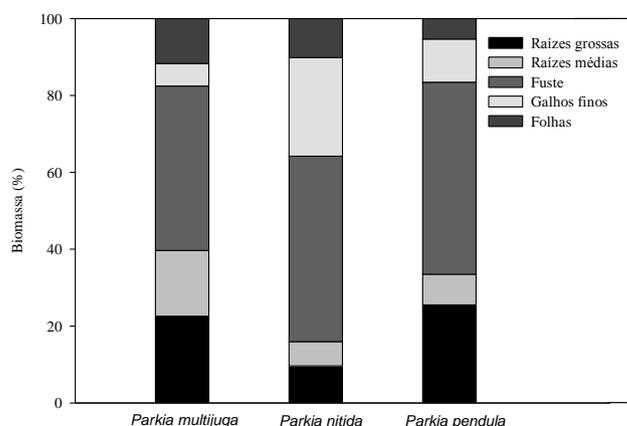


Figura 2. Distribuição percentual de biomassa nos diferentes compartimentos arbóreos de três espécies do gênero *Parkia*, aos 4 anos, em plantio sobre área degradada (Manaus, Amazonas).

Figure 2. Distribution of percentages of biomass in different components of the three species of four-years-old *Parkia* plantings on degraded area (Manaus, Amazonas).

Os resultados acima indicam diferentes estratégias na fase inicial do crescimento dessas três espécies. A espécie *Parkia multijuga* exibe maiores estoques de biomassa nas folhas e raízes, o que contribui tanto para aumentar os estoques de matéria orgânica e nutrientes no solo como para uma exploração mais eficiente desses recursos.

Apesar dos maiores percentuais de biomassa terem ocorrido nos fustes das três espécies estudadas, não se observou padrão homogêneo de distribuição entre elas (Figura 2). Em *P. multijuga*, a distribuição observada foi: fuste (43%) > raízes grossas (23%) > raízes médias (17%) > folhas (12%) > galhos finos (6%). Já *P. nitida* apresentou a seguinte distribuição: fuste (48%) > galhos finos (26%) > folhas (10%) > raízes grossas (10%) > raízes médias (6%). A distribuição em *P. pendula* foi fuste (50%) > raízes grossas (25%) > galhos finos (11%) > raízes médias (8%) > folhas (5%).

Em plantio de *P. multijuga* de 9 anos, estabelecido sobre pastagens abandonadas, foram observadas proporções de alocação de biomassa semelhantes às deste estudo: fuste (49%) > galhos finos (19%) > galhos grossos (13%) > galhos médios (12%) > folhas (7%) (COSTA *et al.*, 2011).

Neves *et al.* (2001) observaram para sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), aos seis anos, plantada em espaçamento 3 x 3 m, a seguinte ordem de distribuição de biomassa: fuste (78%) > galhos (17%) > folhas (5%). Em *Eucalyptus benthamii* Maid e Camb., plantados em espaçamento 3 x 2 m, a distribuição percentual de biomassa, aos 4 anos, foi: fuste (74,9%) > galhos (15,2%) > folhas (7,1%) (SILVA *et al.*, 2004).

Os resultados obtidos para *P. multijuga* e *P. nitida*, quando comparados com os obtidos para as espécies *C. pentandra* e *E. benthamii* citadas anteriormente, indicam que elas são capazes de acumular percentualmente mais biomassa nos compartimentos folhas e galhos, sendo por isso mais indicadas para composição de plantios cujo objetivo é a recuperação de áreas degradadas, uma vez que podem aumentar

o *input* de material vegetal em decomposição, com potencial incremento no conteúdo de matéria orgânica do solo.

Estoques de nutrientes

Os maiores estoques de nutrientes foram observados em *P. multijuga*, seguido por *P. nitida* e *P. pendula*. Para as três espécies, os maiores estoques de todos os macronutrientes ocorreram nos fustes. Os menores estoques, por sua vez, variaram nos compartimentos entre as espécies. Em *P. multijuga* os menores estoques foram observados nos galhos finos, enquanto em *P. nitida* e *P. pendula* os menores estoques foram observados nas raízes médias (Tabela 3).

Dessa forma, para as espécies *P. nitida* e *P. pendula*, a ordem de distribuição dos estoques de macronutrientes em seus compartimentos arbóreos foi: fuste > galhos finos > raízes grossas > folhas > raízes médias; enquanto que em *P. multijuga* a ordem de distribuição foi: fuste > raízes grossas > raízes médias > folhas > galhos finos (Tabela 3).

Tabela 3. Conteúdo de nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos de três espécies do gênero *Parkia* em plantio de quatro anos de idade sobre área degradada (Manaus, Amazonas).

Table 3. Nutrient content in different components of the three species of four-years-old *Parkia* plantings on degraded area (Manaus, Amazonas).

Espécie	Compartimento	Estoques de macronutrientes (kg.ha ⁻¹)				
		N	P	K	Ca	Mg
<i>P. multijuga</i>	Folhas	23,90 ± 8,92aA	0,39 ± 0,14aA	3,67 ± 1,06aAa	11,61±4,28aA	2,50 ± 0,91aA
	Galhos finos	3,38 ± 1,02bA	0,19 ± 0,06aA	2,88±0,95aA	5,69±1,68baA	0,58 ± 0,18aA
	Fuste	26,60 ± 12,40aA	2,41 ± 1,44bA	17,69±9,18bA	31,20±14,20bA	3,22 ± 1,41aA
	Raízes médias	13,84 ± 6,05aA	0,82 ± 0,35aA	5,64±2,51aA	10,53±4,43aA	1,21 ± 0,54aA
	Raízes grossas	14,82 ± 7,25aA	1,11 ± 0,47abA	7,75±3,64aA	12,23±5,95aA	1,70 ± 0,77aA
<i>P. nitida</i>	Folhas	22,65 ± 7,56aA	0,30 ± 0,05aA	3,51±0,81aA	5,10 ± 1,36aB	1,30 ± 0,35aA
	Galhos finos	31,80 ± 13,50aB	1,04 ± 0,44aB	12,57±5,08abB	16,25 ± 6,04abB	2,02 ± 0,80aB
	Fuste	41,60 ± 17,60aB	1,65 ± 0,83aA	22,32±9,72bA	23,37 ± 8,32bA	3,85 ± 1,18bA
	Raízes médias	8,04 ± 2,87bA	0,30 ± 0,09aA	1,34±0,43aB	2,73 ± 1,03aB	0,72 ± 0,27aB
	Raízes grossas	7,74 ± 1,78bB	0,46 ± 0,16aB	2,44±0,41aB	3,63 ± 0,58aB	1,04 ± 0,20aA
<i>P. pendula</i>	Folhas	5,01 ± 1,37aB	0,18 ± 0,06aB	1,16 ± 0,19aB	2,50 ± 0,86aB	0,84 ± 0,22aB
	Galhos finos	3,56 ± 0,89aA	0,30 ± 0,07aA	2,35 ± 0,55aA	6,17 ± 1,76aA	0,63 ± 0,15aA
	Fuste	19,89 ± 4,96bA	1,00 ± 0,24bB	8,29 ± 2,43bB	15,53 ± 3,54bB	2,91 ± 0,74bA
	Raízes médias	2,98 ± 0,46aB	0,27 ± 0,06aB	1,15 ± 0,23aB	1,97 ± 0,28aB	0,39 ± 0,08aB
	Raízes grossas	7,08 ± 2,51aB	0,70 ± 0,25bAB	3,99 ± 1,52abB	5,99 ± 2,23aB	1,29 ± 0,46aB

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não apresentam diferenças significativas entre compartimentos e espécies, respectivamente (Tukey, $p > 0,05$). Média ± erro padrão da média.

A distribuição de nutrientes nas árvores apresenta relação linear positiva com o estoque de biomassa nos compartimentos (SANTANA *et al.*, 2008). Esse comportamento vem sendo descrito em vários estudos que, em geral, relatam que os maiores estoques de nutrientes ocorrem nos fustes e os menores nas folhas (SANTANA *et al.*, 1999; MOURA *et al.*, 2006; SANTANA *et al.*, 2008). Porém a alocação de nutrientes está correlacionada com as características ecológicas da espécie e com as condições do sítio (SANTANA *et al.*, 2008), ou seja, os maiores e menores estoques podem não ocorrer nos fustes e folhas, respectivamente.

Neste estudo, os menores estoques de nutrientes foram observados nas raízes médias em *P. nitida* e *P. pendula*, enquanto em *P. multijuga* os menores estoques ocorreram nos galhos finos. Téó *et al.* (2010) e Moura *et al.* (2006), estudando *Mimosa scabrella* Benth. e *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth., respectivamente, observaram que os menores estoques de nutrientes também ocorreram nos galhos. Em relação às raízes, é importante destacar que a maior parte dos trabalhos sobre distribuição de nutrientes investiga apenas a parte aérea, em função das dificuldades em se obter amostras de raízes (CALDEIRA *et al.*, 2001; SWAMY *et al.*, 2004; SANTANA *et al.*, 2008).

A distribuição do estoque de nutrientes observada neste estudo foi oposta à observada por Vieira *et al.* (2012) em trabalho com plantios jovens de *Eucalyptus urograndis*. Os autores observaram a

seguinte ordem de distribuição: folhas > galhos > madeira > casca. Essa diferença no padrão de distribuição de nutrientes entre *Eucalyptus urograndis* e as espécies de *Parkia* pode ser atribuída não só às diferentes espécies, mas também as diferentes idades dos povoamentos.

Em povoamentos mais jovens, as árvores devem aumentar sua capacidade de captação de recursos, e para isso investem mais intensamente na produção de folhas e raízes. Após estarem adaptadas às condições ambientais do sítio, as árvores passam a investir em crescimento de fuste (SANTANA *et al.*, 2008; VIEIRA *et al.*, 2012).

Para as três espécies, a ordem de distribuição dos estoques de macronutrientes nos diferentes compartimentos foi $N > Ca > K > Mg > P$, com exceção para os fustes e galhos finos de *P. multijuga* e galhos finos e raízes médias de *P. pendula*, em que a ordem de distribuição observada foi $Ca > N > K > Mg > P$ (Tabela 3).

A ordem de distribuição dos estoques de nutrientes ($N > Ca > K > Mg > P$) observada para maioria dos compartimentos das espécies de *Parkia* foi semelhante à observada por Santana *et al.* (1999), Caldeira *et al.* (2001) e Swamy *et al.* (2004), estudando *Eucalyptus saligna* Smith, *Acacia mearnsii* De Wild. e *Gmelina arborea*, respectivamente. A ordem de distribuição observada nos fustes e galhos finos de *P. multijuga* e nas raízes médias de *P. pendula* foi a mesma observada para *Eucalyptus urograndis* por Vieira *et al.* (2012).

A ordem de distribuição de nutrientes $N > Ca > K > Mg > P$ é comum em leguminosas fixadoras de nitrogênio, sendo também frequente as inversões entre K e Ca (BAGGIO; CARPANEZZI, 1997). Em algumas espécies de eucalipto, essa ordem também pode ser encontrada com predominância de Ca sobre K, ou até mesmo sobre N (SCHUMACHER; POGGIANI, 1993; MOURA *et al.*, 2006). Essas diferenças podem ocorrer em razão das características da espécie ou da qualidade dos sítios.

Os estoques de macronutrientes observados para as três espécies neste estudo foram baixos. Santana *et al.* (2008), por exemplo, estudando a alocação de nutrientes em plantios de *Eucalyptus*, aos 4,5 anos, em diferentes regiões do Brasil, observou que os estoques de N na parte aérea variaram de 157 kg.ha⁻¹ a 327 kg.ha⁻¹; os de P variaram de 14 kg.ha⁻¹ a 26 kg.ha⁻¹; os de K entre 72 kg.ha⁻¹ e 202 kg.ha⁻¹; de Ca entre 84 e 393 kg.ha⁻¹; e os estoques de Mg, de 20 kg.ha⁻¹ a 74 kg.ha⁻¹.

A intensidade de degradação dos sítios de plantio no presente estudo é um fator determinante para os baixos estoques de nutrientes observados nas espécies de *Parkia*. À semelhança deste experimento, *G. arborea*, quando plantada em solos degradados, apresentou concentrações de nutrientes inferiores às observadas para a mesma espécie plantada em solo não degradado. Os autores atribuíram os resultados às limitações físicas, químicas e biológicas dos solos degradados, que comprometem o crescimento e o desenvolvimento das plantas (SWAMY *et al.*, 2004). Entretanto, é importante destacar que o estoque de nutrientes nas plantas é resultado do produto da biomassa pelo teor de nutrientes. Assim, neste estudo, fica claro que os baixos estoques de nutrientes estão fortemente relacionados com o baixo conteúdo de biomassa acumulado pelas espécies e não com os respectivos teores de nutrientes.

CONCLUSÕES

- Em sua fase de desenvolvimento inicial, *Parkia pendula*, *Parkia multijuga* e *Parkia nitida* mostraram ser espécies indicadas para plantios em áreas degradadas, sendo que as duas últimas apresentaram os maiores estoques de biomassa e nutrientes em seus compartimentos.
- O padrão de distribuição de biomassa e nutrientes nas três espécies foi diferente, sendo que *P. multijuga* acumulou maiores quantidades de biomassa e nutrientes em raízes e folhas. Essa característica poderá favorecer seu desempenho em sítios com baixa disponibilidade de recursos, sendo, por esse motivo, potencialmente mais indicada para programas de reflorestamento em áreas alteradas na região amazônica.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo apoio logístico e financeiro, e ao 1º Batalhão de Infantaria de Selva-Aeromóvel (1º BIS-Amv), pela área de estudo e apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- ANTÔNIO, I. C. **Boletim Agrometeorológico 2008: Estação Agroclimatológica do Campo Experimental do km 29 da Rodovia AM 010, da Embrapa Amazônia Ocidental**. Documentos 77, Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, 2008. 28 p.
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. Biomassa aérea da bracatinga *Mimosa scabrella* Benth. em talhões do sistema de cultivo tradicional. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, Paraná, v. 34, p. 31 - 44, 1997.
- BASTIEN-HENRI, S.; PARK, A.; ASHTON, M.; MESSIER, C. Biomass distribution among tropical tree species grown under differing regional climates. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 260, p. 403 - 410, 2010.
- BINKLEY, D.; DUNKIN, K.; DEBELL, D.; RYAN, M. G. Production and Nutrient Cycling in Mixed Plantations of *Eucalyptus* and *Albizia* in Hawaii. **Forest Science**, Bethesda, v. 38, p. 393 - 408, 1992.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SANTOS, E. M. dos; TEDESCO, N.; PEREIRA, J. C. Acúmulo de biomassa aérea em um povoamento de *Acacia mearnsii*. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, Paraná, v. 42, p. 95 - 104, 2001.
- CARVALHO, P. E. R. **Faveira – Benguê (*Parkia multijuga*)**. Comunicado Técnico 227, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, 2009. 6 p.
- COSTA, K. C. P. da; FERRAZ, J. B. S.; LIMA, R. M. B. de; BASTOS, R. P. Estoques de biomassa em fava-arara-tucupi (*Parkia multijuga* Benth.) em plantio sobre área degradada na região de Manaus. In: 63ª Reunião Anual da SBPC, 2011, Goiânia. **Anais da...** Goiânia, 2011. 3049 p.
- FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, F. de C.; FERRAZ, J. B. S. Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de castanheira-da-amazônia em área degradada e submetida à adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v. 22, p. 393 - 401, 2012.
- HOPINKS, H. C. F. *Parkia* (Leguminosae: Mimosoideae). **Flora Neotrópica**. New York Botanical Garden, New York, v. 43, p. 93 - 98, 1986.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TerraClass: Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia - 2010**. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisa/sumario_terraclass_2010.pdf>. Acesso em: 12/06/2013.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: un estudio de los climas de la Tierra**. Fondo de Cultura Económica, México, 1948. 478 p.
- MCCARTHY, M. C.; ENQUIST, B. J. Consistency between an allometric approach and optimal partitioning theory in global patterns of plant biomass allocation. **Functional Ecology**, London, v. 21, p. 713 - 720, 2007.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S. do; MELLO, W. J. de. Análises Químicas de Tecido Vegetal. In: Silva, F.C. (Ed). **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, Embrapa Solos**. Embrapa Informática Agropecuária. Brasília, Distrito Federal, p. 172 - 223. 1999.
- MOURA, O. N.; PASSOS, M. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; GONZAGA, S.; CUNHA, M. V. da. Conteúdo de nutrientes na parte aérea e eficiência nutricional em *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, Pernambuco, v. 1, p. 23 - 29, 2006.
- NEVES, E. J. M.; REISSMANN, C. B.; DÜNISCH, O. Biomassa e conteúdo de elementos minerais nos compartimentos arbóreos de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, Paraná, v. 42 p. 47 - 56, 2001.

- OLIVEIRA, M. C. P. de; FERRAZ, I. D. K.; OLIVEIRA, G. J. de. Dispersão e superação da dormência das sementes de *Parkia pendula* (Wild.) Walp. (visgueiro) na Amazônia Central. **Hoehnea**, Água Funda, São Paulo, v. 33, p. 485 - 493, 2006.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, São Paulo, v. 56, p. 155 - 169, 1999.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Minas Gerais, v. 32, p. 2723 - 2733, 2008.
- SANTOS JR.; U. M. dos; GONÇALVES, J. F. de C.; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 226, p. 299 - 309, 2006.
- SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus grandis* ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v. 3, p. 21 - 34, 1993.
- SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; CORRÊA, R. S.; BELLOTE, A. F. J.; TUSSOLINI, E. L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativas de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, Paraná, n. 49, p. 83 - 95, 2004.
- SON, Y.; PARK, I. H.; YI, M. J.; JIN, H. O.; KIM, D. Y.; KIM, R. H.; HWANG, J. O. Biomass, production and nutrient distribution of a natural oak forest in central Korea. **Ecological Research**, Nanjing, v. 19, p. 21 - 28, 2004.
- SOUZA, C. R. de; LIMA, R. M. B. de; AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, São Paulo, v. 36, p. 7 - 14, 2008.
- SOUZA, C. R. de; LIMA, R. M. de; AZEVEDO, S. P de; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, Amazonas, v. 40, p. 127 - 134. 2010.
- SWAMY, S. L.; KUSHWAHA, S. K.; PURI, S. Tree growth, biomass, allometry and nutrient distribution in *Gmelina arborea* stands grown in red lateric soils of Central India. **Biomass & Bioenergy**, London, v. 26, p. 305 - 317, 2004.
- TÉO, S. J.; MACHADO, S. do A.; REISSMANN, C. B.; FIGUEIREDO FILHO, A. Concentração e conteúdo de macronutrientes da biomassa de *Mimosa scabrella* Benthams, em diferentes classes de sítio, idade e diâmetro. **Scientia Agraria**, Curitiba, Paraná, v. 11, p. 459 - 467, 2010.
- UHL, C.; BUSCHBACHER, E. A.; SERRAO, E. A. S. Abandoned Pasture in Eastern Amazonia. I Patterns of Plant Sucession. **Journal of Ecology**, London, v. 76, p. 663 - 681, 1988.
- VIEIRA, M.; BONACINA D. M.; SCHUMACHER, V; CALIL, F. N.; CALDEIRA, V. W.; WATZLAWICK, L. F. Biomassa e nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus urograndis* na serra do Sudeste, RS. **Ciências Agrárias**, Londrina, Paraná, v. 33, p. 2481 - 2490, 2012.