

USO DE VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS NA ESTIMATIVA DE SERRAPILHEIRA EM ÁREA DE FLORESTA SECUNDÁRIA INICIAL E FLORESTA MADURA

ALESSANDRO PONTES GOMES¹, WALCYLENE LACERDA MATOS PEREIRA SCARAMUZZA², SÂNIA LÚCIA CAMARGOS², JOSÉ FERNANDO SCARAMUZZA³ E RONNKY CHAELL BRAGA DA SILVA⁴

¹Eng. Florestal, Mestre em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, Av. Fernando Correa s/n, Coxipó, CEP 78060-900, Cuiabá-MT. alpogoflorestal@yahoo.com.br.

²Prof^a Dr. Solos e Nutrição de Plantas, FAMEV/DSE/UFMT, wlmperei@yahoo.com.br, sania@cpd.ufmt.br.

³Prof^o Dr. Fitotecnia, FAMEV/DSE/UFMT, jscaramuzza@uol.com.br.

⁴Eng. Florestal, Mestre em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, ronnkychaell@gmail.com.

RESUMO: A determinação da produção de serrapilheira é realizada em diversos ecossistemas, para avaliar a importância da ciclagem de nutrientes na manutenção da vegetação. Os objetivos deste trabalho foram: quantificar a produção de serrapilheira na floresta madura e na floresta secundária inicial e verificar a existência de correlação entre a produção da serrapilheira e as variáveis dendrométricas da vegetação. Para cada sistema (floresta secundária inicial e floresta madura) foram implantados quarenta coletores terrestres para avaliação da produção de serrapilheira. Foram mensuradas as seguintes variáveis: diâmetro à altura do peito (DAP); altura do fuste (Hf); área da copa (AC); área transversal (g); número de indivíduos (N) e volume de madeira (V). A produção de serrapilheira na floresta madura foi 16,7 t ha⁻¹ e na floresta secundária inicial 8,3 t ha⁻¹. Na floresta madura as variáveis que mais se correlacionaram com a produção de serrapilheira foram à área basal e número de indivíduos, na floresta secundária inicial foram à área da copa e o volume de madeira.

Termos para indexação: correlações, ciclagem de nutrientes, biometria florestal

DENDROMETRIC VARIABLES IN THE ESTIMATE OF LITTER IN AREAS OF YOUNG AND OLD SECONDARY FORESTS

ABSTRACT: Litter production has been quantified in several ecosystems to evaluate the importance of nutrient cycling to the vegetation maintenance. The aim of this work was to quantify litter production in young and old secondary forests and to check the correlation between litter production and dendrometric variables. For each system (young and old secondary forest) forty land collectors were implanted to evaluate litter production. The following variables were measured: diameter at breast height (DBH), bole height (BH), crown area (CA), cross-sectional area (g), number of individuals (N) and wood volume (V). Litter production was 16.7 and 8.3 t ha⁻¹ in old and young secondary forests, respectively. Basal area and number of individuals were the variables that most correlated to litter production in the old secondary forest, similarly to crown area and wood volume in the young one.

Index terms: correlations, nutrient cycling, forest biometrics.

INTRODUÇÃO

A produção de serrapilheira nos ecossistemas é uma significativa fonte de nutrientes, pois os solos que estão sob esses ambientes, geralmente, não dispõem de quantidades suficientes de

nutrientes minerais, o que torna imprescindível a ciclagem no processo de adição de nutriente para a manutenção da vegetação. O acúmulo de serrapilheira sobre o solo está na dependência da quantidade de material depositado e da taxa de decomposição (interação biótica e abiótica), cuja relação entre esses dois fatores resultará em maior ou menor espessura da camada de serrapilheira (Kolm, 2001).

Para Ferri (1974), serrapilheira é composta por material depositado como folhas, ramos ou galhos, flores, frutos e miscelânea. Os termos como serrapilheira, serapilheira, liteira, folhede e folhiço são sinônimos que correspondem ao termo "litter" na língua inglesa. Em floresta estacional decidual, Cunha et al. (1993) observaram que as folhas constituíram a fração mais expressiva, contribuindo com 65,7% da produção total obtida, sendo que a fração galhos foi de 21,7%; os detritos de 9,9% e as flores, frutos e sementes 2,7% da serrapilheira.

Diante da importância da ciclagem de nutrientes, surge a necessidade de metodologias que estimem com precisão a produção de serrapilheira das vegetações. Nesse sentido, a adoção da análise de regressão para interpretação do nível de correlação entre variáveis desejáveis (produção serrapilheira e variáveis dendrométricas) torna-se imprescindível em futuras pesquisas.

O inventário florestal é uma ferramenta que visa exatamente informar sobre os recursos madeireiro e não madeireiro da cobertura vegetal. Essas informações servem de base para a organização de planos de exploração e de manejo, além da formulação de políticas florestais, em nível regional ou nacional (Bertola et al., 2002).

Este trabalho teve como objetivos: quantificar a produção de serrapilheira na floresta madura e na floresta secundária inicial e verificar se há relação de dependência entre a produção da serrapilheira e as variáveis dendrométricas da vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área de reserva legal, na Fazenda São José da Serra, no município de Campo Verde - MT, no período de dezembro de 2004 à novembro de 2005. As coordenadas geográficas do local são 15° 48' 00" de latitude e 55° 26' 00" de longitude. O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 2.010,1 mm, e temperatura média anual de 23,4°C, sendo caracterizado por clima tropical chuvoso com estação seca no inverno e chuvosa no outono (Fernandes, 2005).

O solo das áreas estudadas é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com textura argilosa. A região possui vegetação primária típica, restrita a poucos remanescentes representados pelo Cerrado Arbóreo Aberto, sendo o relevo local suave ondulado (Radambrasil, 1982).

O experimento foi instalado em floresta madura e em floresta secundária inicial que se encontram distantes entre si em 800m, sendo que este último encontrava-se em fase de regeneração

devido uma queimada ocorrida há 13 anos. As espécies mais comuns encontradas na floresta madura foram: ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*), mogno (*Swietenia macrophylla*), jaracatiá (*Jaracatia spinosa*), guatambú (*Aspidosperma macrocarpon*), peróba (*Aspidosperma cylindrocarpon*). As principais espécies encontradas na floresta secundária inicial foram: pindaíba (*Xylopia aromatica*), murici (*Byrsonima verbacifolia*), embaúba (*Cecropia pachystachya*), aroeirinha-do-cerrado (*Lithraea molleoides*).

A serrapilheira foi coletada mensalmente no período entre dezembro de 2004 a novembro de 2005, na floresta madura e na floresta secundária inicial. Quarenta coletores do tipo vazado com área útil de 0,36 m² foram distribuídos aleatoriamente sobre o solo, em uma área de um hectare para a floresta madura e para a floresta secundária inicial. A bordadura foi de 50 m nos dois ambientes. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos (floresta madura e floresta secundária inicial) e 40 repetições (coletores) para cada sistema.

O material vegetal coletado foi identificado e separados em sacos de papel com identificação. A serrapilheira foi submetida à lavagem em água deionizada e colocada para secar em estufa de circulação forçada à temperatura média de 70°C, até alcançar massa constante. Em seguida, foi pesada obtendo-se a massa seca mensal em cada sistema. Foram realizadas as análises de variância para a produção de serrapilheira, sendo as médias comparadas pela análise de variância (5%) no aplicativo computacional SAEG 9.0.

As variáveis dendrométricas avaliadas foram: "N" - Número de indivíduos / 100 m²; "DAP" - Diâmetro a altura do peito em cm, medido a 1,30 m do solo; "Hf" - Altura do fuste em metros; "DC" - Diâmetro da copa em m; "AC" - Área da copa em m²; "g" - Área transversal em m², e "V" - Volume de madeira em m³, $(V=(\pi \cdot (DAP^2))/4) * Hf * ff$ (Scolforo & Filho, 1998). Foi adotado como fator de forma (ff) de 0,7 segundo Heinsdijk & Bastos, 1963.

Para cada coletor implantado na floresta madura e na floresta secundária inicial foi delimitada uma área de abrangência de 100 m², para a medida e quantificação dos indivíduos presentes nesse local. Foram medidos indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a 5 cm. Os resultados médios obtidos para cada variável dendrométrica nas 40 parcelas na floresta madura e 40 na floresta secundária inicial foram agrupados em quatro subgrupos (estratos), com dez parcelas mais homogêneas, onde foram submetidas à análise de variância a 5%.

As equações foram ajustadas, entre os resultados de produção de serrapilheira e as variáveis dendrométricas para a floresta madura e floresta secundária inicial. A análise de regressão foi realizada com cinco pares de observações, sendo estas, os quatro estratos originados na estratificação de cada sistema mais sua média geral. Para as análises da precisão das equações, foram utilizados o coeficiente de determinação (**R**²), análise de resíduos percentuais (**R**%) e o erro padrão de estimativa (**S**_{x,y}).

A interpretação do coeficiente de determinação (R^2), para reconhecer a significância dos ajustes, seguiu a classificação estabelecida por Schmidt (1977), a qual foi descrita nas seguintes denominações: (0,00 – 0,19) correlação muito fraca; (0,20 – 0,39) correlação fraca; (0,40 – 0,69) correlação moderada; (0,70 – 0,89) correlação forte e (0,90 – 1,00) correlação muito forte. Tal interpretação foi adotada, pois são utilizadas para avaliar relação entre variáveis dendrométricas em florestas. No ajuste das equações foi utilizada a análise de regressão do aplicativo computacional ASEG 9.0, e as figuras foram confeccionadas com o auxílio do programa Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção anual média de serrapilheira na floresta madura foi 16,7 t ha⁻¹ e na floresta secundária inicial 8,3 t ha⁻¹. Em termos de proporção, a produção da floresta secundária inicial foi em média 50% menor que na floresta madura durante os meses avaliados. Observou-se também que as maiores produções de serrapilheira foram obtidas no período seco (março-setembro), época em que ocorre o declínio das chuvas e ocasião em que a vegetação perde suas folhas (Figura 1).

A diferença de produção seguramente está ligada também às dimensões das árvores, pois o tamanho médio das árvores na floresta madura foi maior do que na floresta secundária inicial. Segundo Teixeira et al. (2001), a produção anual de serrapilheira é função do ambiente, natural ou cultivado, e de seu estágio de desenvolvimento.

Os valores estimados de produção anual, na floresta madura (16,7 t ha⁻¹) foram semelhantes aos apresentados por Arunachalam et al. (1998), em floresta subtropical úmida, com produção de 17,49 t ha⁻¹ ano⁻¹. Na floresta secundária inicial a produção foi superior em relação à floresta secundária estudada por Mochiutti et al. (2006). Resultados para vegetação secundária também foram observados por Bonacina et al. (2005), onde o capoeirão (8,8 t ha⁻¹ ano⁻¹) apresentou produção semelhante a esta pesquisa.

Dentre os meses avaliados observou-se que as produções médias mensais na floresta madura foram maiores e estatisticamente diferentes em relação à floresta secundária inicial, exceto para o mês de fevereiro, onde as produções na floresta madura e na floresta secundária inicial foram, respectivamente, 0,77 e 0,54 t ha⁻¹.

A produção de serrapilheira foi ajustada com o DAP na floresta madura e na floresta secundária inicial. Nesse caso, observou-se forte ajuste $y = 0,4879X^2 + 15,699X - 108,54$ ($R^2 = 80\%$) e resíduo médio percentual de 18,24%, entre dados de produção de serrapilheira e o DAP (Figura 2A). Segundo a classificação de Schmidt, (1977) a correlação foi interpretada como ajuste forte. A melhor equação para a estimativa da produção de serrapilheira na floresta secundária inicial foi a de 2º grau ($R^2 = 96\%$). Essa significância encontrada é classificada, segundo Schmidt, (1977) como correlação muito forte, apresentando ainda menor resíduo percentual médio ($R\% = 9,72$), se comparado com a floresta madura.

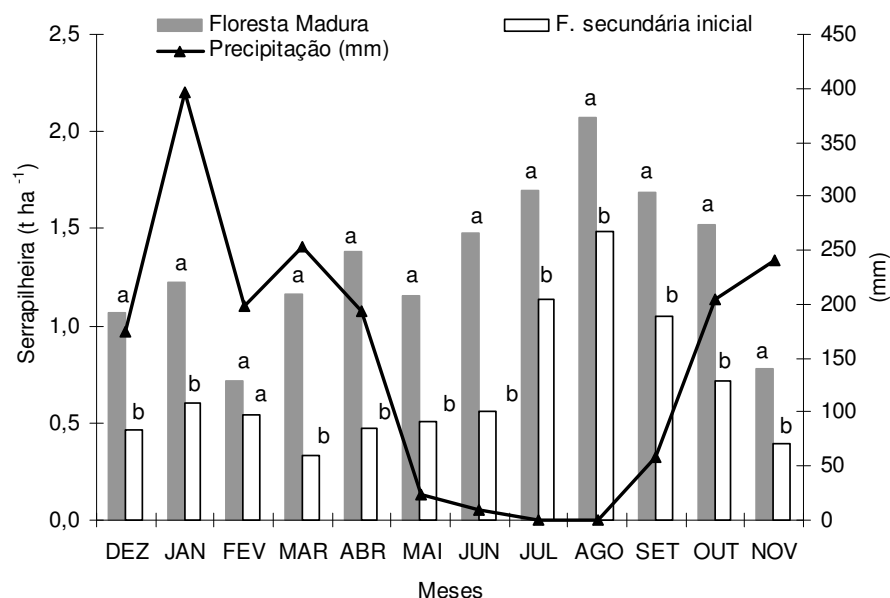


FIGURA 1. Produção média mensal de serrapilheira na floresta madura e na floresta secundária inicial. Letras iguais não diferem entre si pelo teste F(5%).

A contribuição do DAP para estimar a produção de serrapilheira foi significativa, o que confirma a importância dessa variável no setor florestal, para o manejo das vegetações. Em povoamentos nativos e plantados, o DAP é obtido e utilizado para estimar variáveis de interesse como a altura e o volume, pois são medidos com maior precisão (Leite & Andrade, 2003).

Ao estimar a produção de serrapilheira na floresta madura ($R^2 = 99\%$) e na floresta secundária inicial ($R^2 = 93\%$) em função da área transversal média (g), observou-se que ambas apresentaram correlações significativas (Figura 2B), e resíduo percentual de 0,83%, onde segundo Schmidt (1977), é classificado como correlação muito forte. A área transversal média foi avaliada também por Souza et al. (2003), os quais detectaram que a variável serviu de ótimo estimador da carga de serrapilheira (material combustível) em povoamentos de pinus e eucalipto.

Foi detectada correlação muito forte entre a produção de serrapilheira e o inverso do número de indivíduos na floresta madura, já que R^2 foi de 95% (Figura 2C). A equação que melhor correlacionou a produção de serrapilheira na floresta secundária inicial foi a equação quadrática com ajuste de 92%, isto significa que existe alta probabilidade, de que menos de 8% da produção não esteja sendo explicada pela variável em questão. Para o elevado ajuste dos dados de produção de serrapilheira, estes foram correlacionados com a relação inversa do número de indivíduos ($1/N$).

Foi realizado ajuste com a equação quadrática entre a produção de serrapilheira e o volume médio na floresta madura (Figura 3A), onde foi obtida correlação moderada ($R^2 = 55\%$). Quando correlacionada a produção de serrapilheira na floresta secundária inicial, com a mesma variável foi observado um ajuste muito forte ($R^2 = 99\%$), onde o erro aleatório foi de 1%. Com isso,

pode-se dizer que, quanto maior o volume médio dos fustes na floresta secundária inicial, maior será a produção de serrapilheira.

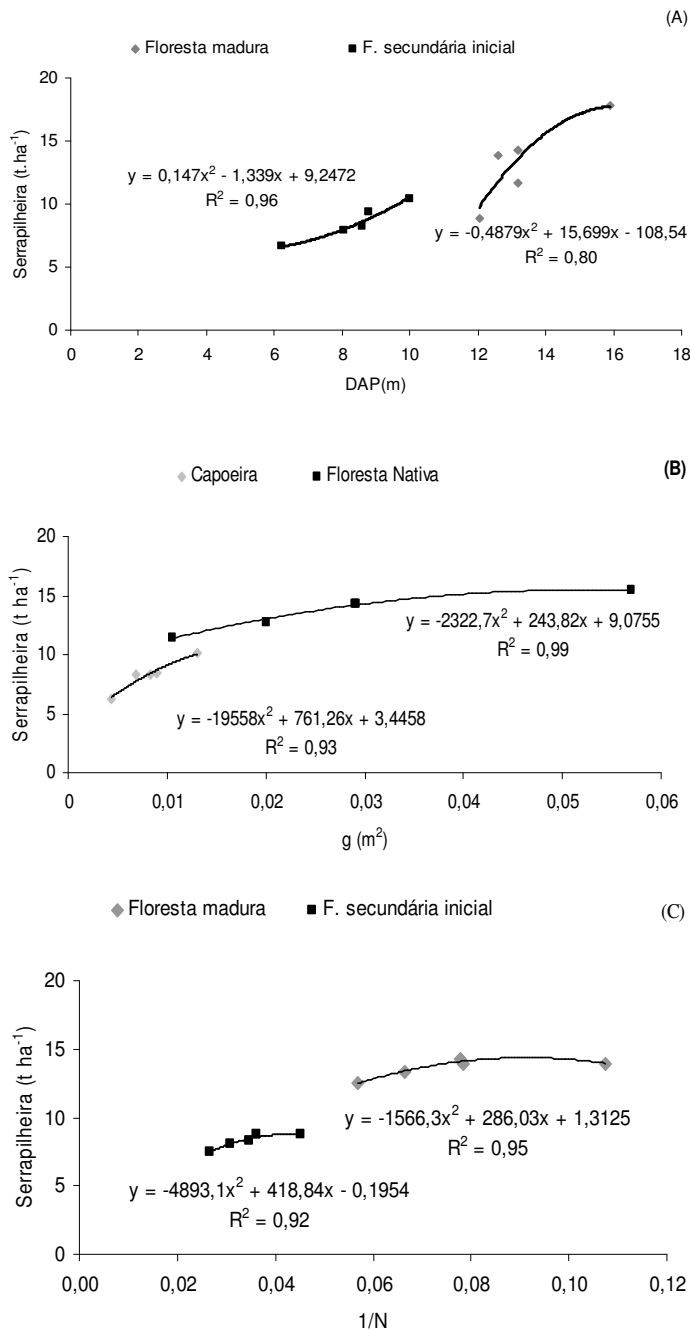


FIGURA 2. Produção de serrapilheira em função: A) do diâmetro a altura do peito (DAP); B) da área transversal média (g) e C) do inverso número de indivíduos (1/N).

Ao analisar a correlação entre a produção de serrapilheira e a altura do fuste na floresta madura, observou-se ajuste moderado, pouco superior aos 49% de R^2 (Figura 3B). Para a floresta secundária inicial, a equação quadrática apresentou forte ajuste entre os dados de produção de serrapilheira e altura do fuste, constatando-se alta correlação ($R^2 = 87\%$). O coeficiente de determinação obtido para a floresta secundária inicial foi maior que o observado na floresta madura, resultado esse que pode ser explicado pela distribuição mais homogênea das alturas dos indivíduos nesse ambiente em regeneração.

Para se obter 49% de correlação entre as variáveis correlacionadas foram realizadas transformações da variável altura dos fustes (Hf), calculando-se a relação inversa da altura do fuste (1/Hf). Alternativa usada por Stampfer (1995), que em estudos com árvores na Austrália, observou que as transformações dos dados provocam aumento da dispersão nos menores valores e uma aproximação dos maiores valores.

Na correlação entre a produção de serrapilheira e a área de copa, da floresta madura foi obtido ajuste forte ($R^2 = 82\%$), ou seja, foi observado aumento da produção anual de serrapilheira com o incremento da área de copa (Figura 3C). Para estimar a produção de serrapilheira em função da área de copa, na floresta secundária inicial, o melhor ajuste foi à equação quadrática com coeficiente de determinação de 99%.

O melhor ajuste entre a produção de serrapilheira e a área da copa foi obtido pela equação quadrática, isto se deve a flexibilidade da equação em absorver inflexões, o que não é distinguida em modelo linear. Segundo Batista et al. (2001) estudando a relação hipsométrica (altura x diâmetro) em três tipos de florestas, verificaram que modelos lineares têm limitações, pois não distinguem uma ou mais variações.

O maior coeficiente de determinação obtido para a floresta madura foi com a equação ajustada entre a produção de serrapilheira e área basal, porém, para a variável “número de indivíduos” verificou-se menor erro padrão, sendo assim, ambas propiciam estimativas acuradas de produção de serrapilheira (Tabela 1).

Para floresta secundária inicial a estimativa da produção de serrapilheira obteve as maiores correlações com as variáveis: volume e área da copa. Ambas com R^2 de 0,99, no entanto na variável “área da copa” foi o menor erro padrão da estimativa. Contudo, as duas variáveis apresentaram estimativas precisas de

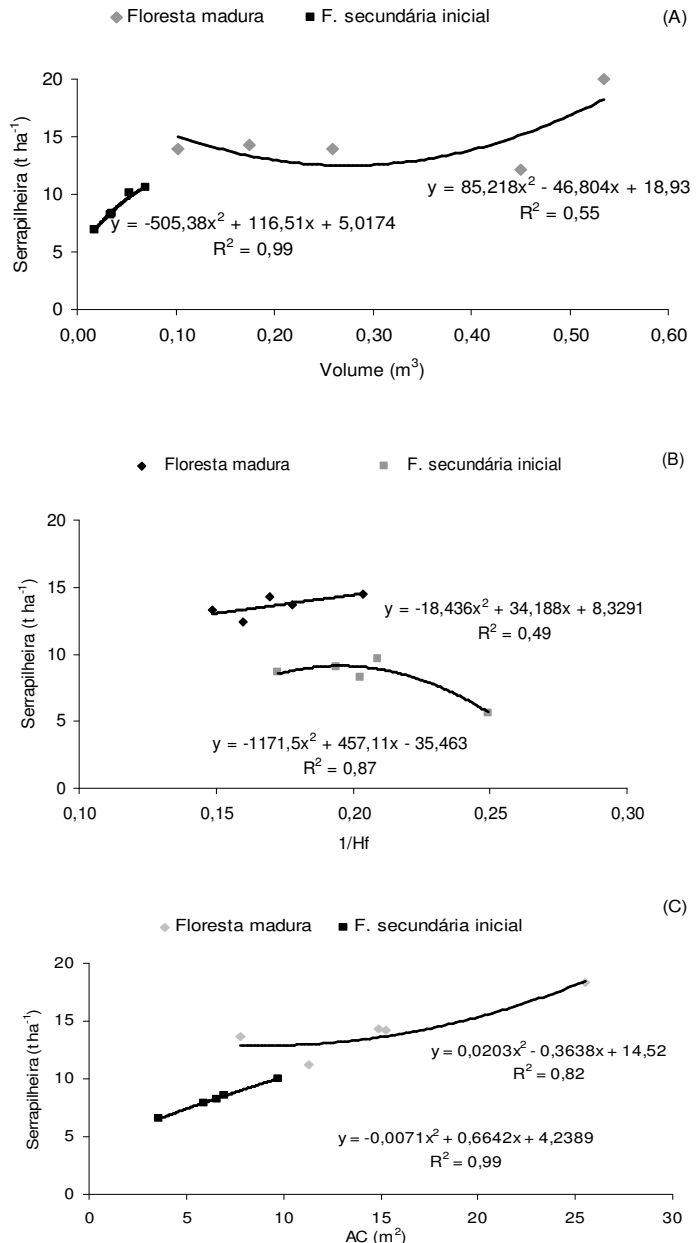


FIGURA 3. Produção de serrapilheira em função: A) do volume médio (m³), B) do inverso da altura dos fustes (1/Hf) e C) da área da copa.

produção de serrapilheira na floresta secundária inicial.

TABELA 1. Resultados estatísticos das equações ajustadas entre a produção de serrapilheira e as variáveis dendrométricas.

Variáveis – Ambiente	Equação	R ²	S _{x,y} (t.ha ⁻¹)	R%
DAP - floresta madura	$y = -0,4879x^2 + 15,699x - 108,54$	0,80	0,88	18,24
DAP – floresta s. inicial	$y = 0,147x^2 - 1,339x + 9,2472$	0,96	0,75	9,72
Área basal - floresta madura	$y = -2322,7x^2 + 243,82x + 9,0755$	0,99	0,71	0,83
Área basal – floresta s inicial	$y = -19558x^2 + 761,26x + 3,4458$	0,93	1,08	3,04
Número de Indivíduos - floresta madura (1/NI)	$y = -1566,3x^2 + 286,03x + 1,3125$	0,95	0,59	0,93
Número de Indivíduos - floresta s. inicial (1/NI)	$y = -4893,1x^2 + 418,84x - 0,1954$	0,92	0,30	1,12
Volume - floresta madura	$y = 85,218x^2 - 46,804x + 18,93$	0,55	2,95	10,80
Volume – floresta s. inicial	$y = -505,38x^2 + 116,51x + 5,0174$	0,99	0,27	1,47
Altura do fuste - floresta madura (1/Hf)	$y = -18,436x^2 + 34,188x + 8,3291$	0,49	0,68	4,92
Altura do fuste - floresta s. inicial (1/Hf)	$y = -1171,5x^2 + 457,11x - 35,463$	0,87	1,19	4,02
Área da copa - floresta madura	$y = 0,0203x^2 - 0,3638x + 14,52$	0,82	1,53	6,17
Área da copa – floresta s. inicial	$y = -0,0071x^2 + 0,6642x + 4,2389$	0,99	0,05	0,14

Linhas em destaque são as melhores estimativas obtidas nos ambientes avaliados.

CONCLUSÃO

- A produção anual de serrapilheira obtidas foi 16,7 t ha⁻¹ na floresta madura e 8,3 t ha⁻¹ na floresta secundária inicial;
- As variáveis: área basal e número de indivíduos apresentaram melhores correlações com a produção de serrapilheira na floresta madura;
- A floresta secundária inicial apresentou estimativas mais precisas da serrapilheira com as variáveis: volume de madeira e área da copa.

AGRADECIMENTO

À FAPEMAT pela bolsa concedida, à minha orientadora, Prof^a Walcyrene L.M.P. Scaramuzza, aos professores José Fernando Scaramuzza e Sânia Lúcia Camargos e a todos do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARUNACHALAM, A.; ARUNACHALAM, K.M.; PANDEY, H.N.; TRIPATHI, R.S. Fine litterfall and nutrient dynamics during forest regrowth in the humid subtropics of north-eastern India. **Forest Ecology and Management**, Arunachal Pradesh, India, v.110, n.17, p.209-219, 1998.

BATISTA, J.L.F.; COUTO, H.T.Z.; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v.2, n.60, p.149-163, 2001.

BERTOLA, A.; SOARES, C.P.B.; RIBEIRO, J.C.R. uso de fotografias digitais para quantificar o volume sólido de madeira empilhada. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO ANUAL DE PAPEL E CELULOSE. São Paulo, 35, 2002. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 2002. p.39-45.

BONACINA, D.M.; BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M. Deposição de serrapilheira em três estágios sucessionais de uma floresta estacional decidual em Santa Tereza, RS. **Anais...** CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. p.30., Recife, PE, 2005.

CUNHA, G.C.; GREDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serrapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v.3, n.1, p. 35-64, 1993.

FERNANDES, F.C.S. **Produção de liteira, concentração e estoque de nutrientes em floresta nativa e capoeira**. 83p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical). Brasil. Cuiabá. Universidade Federal de Mato Grosso, 2005.

FERRI, M.G. **Ecologia**: temas e problemas brasileiros. São Paulo: EDUSP, 1974. 188p.

HEINSDIJK, D.; BASTOS, A.M. Inventários florestais na Amazônia. **Boletim do Serviço Florestal**, Rio de Janeiro, v.6, n.1, p.1-100p, 1963.

KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos**. 73p. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais). ESALQ. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2001.

LEITE, H.G.; ANDRADE, V.C.L. Importance of the variables dominant height and total height in hipsometric and volumetric equations. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.27, n.3, p.301-310. 2003.

MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J.A.L. DE; MELÉM JÚNIOR, N.J. Produção de Serrapilheira e Retorno de Nutrientes de um Povoamento de Taxi-branco e de uma Floresta Secundária no Amapá. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v.1, n. 52, p. 3-20. 2006.

RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil**, Folha SD21 - Cuiabá, v.26, Rio de Janeiro. 1982.

SCHMIDT, P.B. **Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinnus taeda* L.** 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1977.

SCOLFORO, J.R.S.; FILHO, A.F. **Biometria florestal**: medição e volumetria das árvores. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310p.

SOUZA, L.J.B., SOARES, R.V., BATISTA, A.C. Modelagem de material combustível em plantações de *Pinus taeda* no norte de Santa Catarina. **Revista Floresta**. Santa Catarina, v.33, n.1, p.157-168, 2003.

STAMPFER, E. **Solitärdimensionen österreichischer Baumarten**: Diplomarbeit. Wien: Universität für Bodenkultur, 1995. 102p.

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R.F.; MARTINS, P. S. F., Ciclagem de nutrientes através da serrapilheira em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes. **Revista Ciência Agrária**. Belém, n.369, p.19-27, 2001.

★★★★★