

BIOMASSA TOTAL POR INDIVÍDUO DE *Araucaria angustifolia* EM DIFERENTES POSIÇÕES NO RELEVO E IDADES

TOTAL INDIVIDUAL BIOMASS OF *Araucaria angustifolia* AT DIFFERENT RELIEF POSITIONS AND DIFFERENT AGES

Ana Paula Marques Martins¹, Carlos Roberto Sanquetta², Sebastião do Amaral Machado³,
Ana Paula Dalla Corte⁴, Jaime Wojciechowski⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – anapaula_marquesm@yahoo.com.br,
carlos_sanquetta@hotmail.com, samachado@ufpr.br, anapaulacorte@gmail.com &
jaimewo@gmail.com

RESUMO

A biomassa pode ser um indicador de produtividade florestal, a qual é influenciada pela idade, densidade de povoamentos, combinação de espécies e características do local, tais como, precipitação, temperatura, latitude e a altitude. Portanto, conhecer tais condições do povoamento e como essas influenciam na produção da biomassa é fundamental para a definição do manejo mais adequado e valoração da floresta. O objetivo do presente estudo foi verificar a existência de diferenças significativas no estoque de biomassa total em indivíduos de *Araucaria angustifolia* em diferentes idades e cultivadas em diferentes posições no relevo. Os dados foram obtidos a partir de 30 árvores de plantio comercial de *A. angustifolia* com 24 anos, localizado na região Centro-Sul do Paraná, submetidas a análise de tronco (ANATRO), sendo utilizadas as idades de 6, 12, 18 e 24 anos, totalizando 120 observações. A biomassa total individual foi estimada a partir da aplicação da equação ajustada por Schumacher et al. (2011). A análise estatística foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado em esquema bifatorial (fator 1 = posição no relevo, 3 níveis: alta, média e baixa; e fator 2 = idade, 4 níveis: 6, 12, 18 e 24 anos), totalizando 12 tratamentos com 10 repetições cada. Foi realizada a ANOVA, em que, para as diferenças significativas ($p \leq 0,05$) foi aplicado o teste de comparação múltipla de médias de Tukey ($p \leq 0,05$). Não há diferença significativa entre a biomassa total individual de *A. angustifolia* cultivada nas diferentes posições do relevo, ao passo que há diferença significativa entre idades, porém, a interação dos fatores posição no relevo e idade não foi significativa.

PALAVRAS-CHAVE: Alometria, Modelagem, Povoamento florestal.

ABSTRACT

Biomass can be an indicator of forest productivity, which is influenced by age, population density, species combination and site characteristics such as precipitation, temperature, latitude and altitude. Therefore, knowing these conditions of the stand is fundamental for definition of the most appropriate management and valuation of the forest. The objective of the present study was to determine the existence of significant differences in total individual biomass stock of *Araucaria angustifolia* at different ages and cultivated in different terrain relief positions. Data were obtained from 30 commercial plantation trees of *A. angustifolia*, aged 24, located in the Center-South region of Paraná, submitted to stem analysis, using the ages of 6, 12, 18 and 24 years, totaling 120 observations. The total individual biomass was estimated from the application of the equation adjusted by Schumacher et al. (2011). Statistical analysis was carried out in a completely randomized design in a two-factor scheme (factor 1 = field position, 3 levels: high, medium and low, and factor 2 = age, 4 levels: 6, 12, 18 and 24 years), totaling 12 treatments with 10 repetitions each. ANOVA was performed and for the significant differences ($p \leq 0.05$) applied the multiple comparison test of Tukey averages ($p \leq 0.05$). There was no significant difference between the total individual biomass of *A. angustifolia* cultivated at different relief positions while there was a significant difference between ages, however, the interaction of the position factors in the relief and age was not significant.

KEYWORDS: Allometry, Modeling, Forest stands.

INTRODUÇÃO

De acordo com Sanquetta et al. (2014), além de outros motivos para o estudo da biomassa florestal, na atualidade as questões climáticas também vêm despertando o interesse devido ao papel das florestas no sequestro biológico de carbono e na remoção de CO₂ da atmosfera. Com isso, os vegetais utilizam a luz e a clorofila das folhas para incorporar o carbono (C) por meio da fotossíntese, retirando o dióxido de carbono (CO₂), emitindo o oxigênio para a atmosfera e fixando o carbono na sua biomassa.

A mensuração da biomassa tem assumido papel importante em inventários florestais ao ser realizada com maior frequência nos levantamentos florestais (OLIVEIRA et al., 2018). A biomassa é constituída de aproximadamente 50% de carbono orgânico (BASUKI et al., 2009) e o conhecimento da produtividade em biomassa e da quantidade de carbono estocada em diferentes tipologias florestais pode fornecer importantes informações para a tomada de decisão quanto ao manejo, para a proteção e valoração das florestas (RATUCHNE et al., 2015).

Dois são os métodos de quantificação da biomassa florestal, sendo eles: direto e indireto. Segundo Balbinot et al. (2009), o método direto consiste na derrubada da árvore para a mensuração de seu peso e medidas; enquanto o método indireto relaciona matematicamente, por relação alométrica, variáveis de fácil mensuração, como o diâmetro medido a 1,3 m do nível do solo e a altura, com variável de difícil mensuração, como a biomassa (SANQUETTA et al., 2014). Porém, os métodos indiretos somente devem ser utilizados quando os dados são coletados com métodos diretos para o ajuste das equações.

No entanto, Forrester et al. (2017) afirmam, ao citar trabalhos da literatura, que relações alométricas entre diâmetro e biomassa florestal podem variar com a idade, densidade de povoamentos, combinação de espécies e características biofísicas do sítio. A própria estrutura da biomassa e seus indicadores são diferentes entre espécies, clima e condições de solo e variam substancialmente por tipo de floresta, idade, níveis de produtividade e densidade (SCHEPASCHENKO et al., 2018).

A biomassa pode ser, portanto, um indicador de produtividade de um sítio que varia com a precipitação, a temperatura, a latitude e a altitude (GUEDES et al., 2001). Portanto, conhecer tais condições ao longo do ciclo produtivo e em diferentes condições de desenvolvimento do povoamento é fundamental para a definição do manejo

mais adequado (SCHUMACHER et al., 2011).

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze é conhecida popularmente como araucária ou pinheiro-do-paraná e foi uma das principais espécies arbórea brasileiras exploradas comercialmente. Todavia, a exploração dessa espécie deu-se de forma extrativista, cuja madeira foi utilizada de maneira desordenada no início do século XX, causando a redução drástica das florestas de araucária, o que, por consequência, inseriu a espécie na lista de espécies ameaçadas de extinção. Com isso, sua produção e manejo sofrem pressões das legislações ambientais, o que causa desinteresse na produção comercial da espécie, substituindo os plantios de araucária principalmente pelos de *Pinus* (MARTINS, 2016).

De acordo com Martins et al. (2017), apesar da produtividade da araucária ser inferior às de espécies exóticas como pinus e eucalipto, é necessário considerar as possibilidades de uso múltiplo e os benefícios ambientais do cultivo florestal da espécie. Portanto, o desenvolvimento de pesquisas que proporcionem uma maior compreensão do crescimento, produção e aproveitamento dessa espécie devem contribuir para o aumento do interesse comercial, o que possibilita a retomada da competitividade no mercado florestal e, conseqüentemente, assegurar sua sustentabilidade por meio do equilíbrio entre a produção e a conservação.

O objetivo do presente estudo foi verificar a existência de diferenças significativas no estoque de biomassa total de indivíduos de *Araucaria angustifolia* em diferentes idades e posições de relevo.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Os dados foram obtidos em plantio comercial de *A. angustifolia* no município de Quedas do Iguaçu, região Centro-Sul do Paraná. De acordo com a classificação de Köppen, essa região apresenta clima do tipo Cfa, subtropical úmido mesotérmico, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C, sem estação seca definida (INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ - IAPAR, 2018). Os tipos de solos predominantes na área são Latossolos e Nitossolos (EMBRAPA, 2012).

A altitude média da região é de 513 m ao nível do mar com topografia ondulada, contudo, a altitude diminui e o relevo torna-se acidentado e fortemente ondulado a medida que se aproxima do rio Iguaçu (FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ - FUFEP, 2001).

Banco de dados

Foram abatidas 30 árvores aos 24 anos e submetidas a análise de tronco completa (ANATRO) para recuperação do crescimento por idade. As idades utilizadas para o presente estudo foram: 6, 12, 18 e 24 anos, portanto, o banco de dados contou com 120 observações. As árvores foram selecionadas de acordo com a distribuição diamétrica encontrada no local, variando de 20 a 48 cm, e ainda de acordo com a posição altitudinal no relevo observadas à campo, sendo 10 selecionadas na porção alta, 10 na porção média e 10 na porção baixa, próxima à cursos d'água.

Os diâmetros com casca a 1,3 m do nível do solo (d_{cc}) para as idades inferiores a 24 anos foram estimados pela Equação 1 de Schneider (modificado) conforme utilizado por Martins et al. (2017), que possui erro padrão da estimativa (S_{yx}) igual a 2,66% e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) igual a 0,995.

$$\ln(d_{cc}) = 0,31185 + 0,94946 \ln(d_{sc}) - 0,0102 \ln(hi \times I) \quad (1)$$

Em que: \ln = logaritmo neperiano; d_{cc} = diâmetro com casca a 1,3 m do nível do solo (cm); d_{sc} = diâmetro sem casca a 1,3 m do nível do solo (cm); hi = altura da seção i , igual a 1,3 m; e I = idade (ano).

A biomassa total individual foi estimada com a Equação 2, ajustada por Schumacher et al. (2011) para um povoamento de *A. angustifolia* com 27 anos de idade, implantado no município de Quedas do Iguaçu, mesma região geográfica do presente estudo, com S_{yx} de 1,73% e $R^2_{aj.}$ igual a 0,971.

$$\ln(B) = -2,12394 + 2,46033 \ln(d_{cc}) \quad (2)$$

Em que: \ln = logaritmo neperiano; B = biomassa total (kg); e d_{cc} = diâmetro com casca a 1,3 m do nível do solo, em cm.

Análise estatística

A análise estatística foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema bifatorial: sendo o fator 1 = posição no terreno, com 3 níveis (alta, média e baixa); e o fator 2 = idade, com 4 níveis (6, 12, 18 e 24 anos). Totalizando 12 tratamentos (3x4) com 10 repetições cada (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos para constatação de diferença significativa na biomassa total individual de *Araucaria angustifolia* em relação à posição de relevo no terreno e idade.

Tratamento	Posição no terreno	Idade
1	Alta	24
2	Alta	18
3	Alta	12
4	Alta	06
5	Baixa	24
6	Baixa	18
7	Baixa	12
8	Baixa	06
9	Média	24
10	Média	18
11	Média	12
12	Média	06

Para verificar se há diferenças significativas entre os tratamentos e a interação de fatores, foi realizada a análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro. Para as significâncias ($p \leq 0,05$), foi aplicado o teste de Tukey, para comparação múltipla de médias ao nível de 5% de probabilidade de erro. Previamente à ANOVA e ao teste de médias, foi realizado o teste de Bartlett para verificação da homogeneidade das variâncias ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R versão 3.5.1 pacote ExpDes.pt.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatística descritiva

A biomassa total por indivíduo de *A. angustifolia* foi subdividida em grupos, correspondentes aos tratamentos, para verificação da estatística descritiva (Tabela 2). Observou-se que, de maneira geral, árvores em posição média em relação ao relevo da área apresentaram maior quantidade de biomassa total individual para a maioria das idades, exceto para a idade de seis anos.

Observa-se que, em média, o estoque de biomassa total individual das árvores mais jovens é maior na posição alta do terreno, cujo comportamento nessa posição se inverte com o aumento do desenvolvimento do povoamento. Assim, as árvores com a idade acima de 18 anos passam a ter, em média, menor peso quando comparadas as outras posições no terreno (Figura 1).

Tabela 2. Estatística descritiva para estimativa de biomassa total individual (kg) de *Araucaria angustifolia* em diferentes idades e posições de relevo no terreno.

Estatística	24 anos	18 anos	12 anos	6 anos
Posição no terreno: Alta				
Média	569,98	393,71	221,15	61,20
Desvio padrão	332,96	209,30	103,06	27,73
Mínimo	272,16	186,66	105,02	21,18
Máximo	1259,44	832,65	412,40	101,44
n	10	10	10	10
Posição no terreno: Média				
Média	617,26	415,90	228,19	49,10
Desvio padrão	304,00	168,02	101,57	38,89
Mínimo	314,46	228,19	69,99	0,97
Máximo	1240,85	746,69	386,97	108,67
n	10	10	10	10
Posição no terreno: Baixa				
Média	595,13	406,69	212,11	36,83
Desvio padrão	464,88	291,40	136,87	28,90
Mínimo	179,34	139,24	67,81	1,09
Máximo	1630,09	1010,78	459,82	101,44
n	10	10	10	10

n = número de indivíduos.

Segundo Soares et al. (2017), a altitude do terreno relaciona-se com elementos climáticos, podendo ocasionar mudanças na pressão atmosférica, umidade, temperatura e circulação de massas de ar, o que regulam o desenvolvimento da cobertura vegetal. Ainda segundo esses mesmos autores, a declividade promove mudanças na distribuição de solos refletindo no material de origem e grau de fertilidade, o que atua como agente abiótico seletor das espécies no ambiente. Todavia, os elementos climáticos não foram analisados no presente estudo.

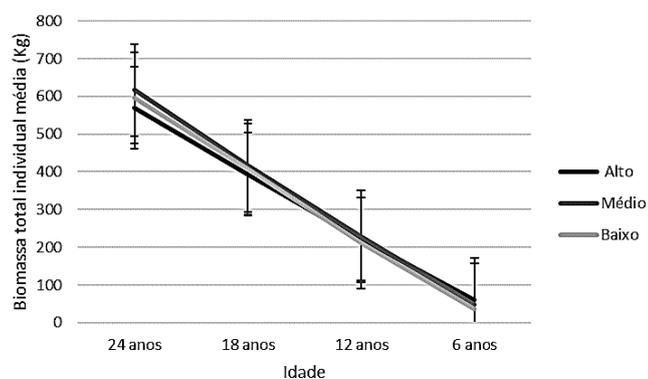


Figura 1. Biomassa total individual média de *Araucaria angustifolia* plantadas em diferentes posições de relevo.

Quanto ao desvio padrão, nota-se valores altos para todas as posições de terreno e idade, uma vez que a amplitude, para todos os casos, também é bastante elevada, o que indica grande variabilidade de tamanhos de indivíduos nesse povoamento. Schumacher et al. (2011), estimando a biomassa no corte raso de um povoamento de *A. angustifolia* com 27 anos pertencente a mesma empresa onde os dados do presente estudo foram coletados, Quedas do Iguaçu – PR, também relatam a grande amplitude de variação dos valores de biomassa das árvores de *A. angustifolia*, apesar de se tratar de um povoamento equiâneo.

De acordo com o teste de Bartlett a 5% de significância, as variâncias podem ser consideradas homogêneas (p-valor = 0,26034). Pela ANOVA (Tabela 3), percebe-se que não houve diferença significativa, a 5% de probabilidade de erro, entre as árvores alocadas em diferentes posições de relevo no terreno. Entre as idades analisadas houve diferença significativa, pois, se tratando do mesmo povoamento, árvores mais velhas são maiores e conseqüentemente mais pesadas que as mais jovens. De acordo com Vital et al. (1984), com o aumento da idade, há aumento da espessura da parede celular e diminuição do diâmetro da célula, o que provoca aumento da densidade básica da madeira e conseqüente aumento do peso da árvore com o decorrer do tempo.

Tabela 3. Análise de Variância para biomassa total individual (kg) de *Araucaria angustifolia* em diferentes posições de relevo no terreno e idades.

FV	GL	SQ	QM	Fc
Terreno	2	6.446	3.223	0,062 ^{ns}
Idade	3	4.971.941	1.657.314	32,122*
Terreno*Idade	6	11.501	1.917	0,037 ^{ns}
Resíduo	108	5.572.167	51.594	
Total	119	10.562.055		

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro; * = significativo a 5% de probabilidade de erro.

Não foi constatada interação entre os fatores posição de relevo no terreno e idade. O que indica que, apesar do estoque diferenciado de biomassa total individual de *A. angustifolia* nas diferentes idades, esse comportamento não é interferido pela posição em que as árvores se encontram no relevo.

A comparação múltipla das médias de biomassa total individual por classe de idade, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Comparação múltipla das médias pelo teste de Tukey para biomassa total individual (kg) de *Araucaria angustifolia* por classe de idade.

Idade	Medias
24	594,12 a
18	405,43 b
12	220,49 c
6	49,04 d

As médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro.

Houve diferença em todas as classes de idade analisadas, sendo a idade mais avançada responsável pela maior produção de biomassa total individual. Resultado semelhante foi constatado por Schumacher et al. (2011) para *A. angustifolia* em plantio comercial na região centro-sul do Paraná, em que aos 27 anos as árvores atingiram em média 529,15 Kg de biomassa total individual.

Schikowski et al. (2013), estudando a biomassa total e de diferentes compartimentos de *Pinus* spp. no Centro-Sul do estado do Paraná, encontraram em média 55,37, 173,42, 408,52 e 688,20 kg para as idades 5, 10, 15 e 20 anos, respectivamente. Esses resultados evidenciam o potencial da *A. angustifolia* na produção de biomassa e consequente sequestro de carbono frente a outras espécies exóticas amplamente cultivadas na região Sul do Brasil, como é o caso das espécies do gênero *Pinus*.

CONCLUSÕES

Não há diferença significativa entre a biomassa total individual de *A. angustifolia* cultivada nas porções alta, média ou baixa do relevo.

O estoque de biomassa total individual da *A. angustifolia* é não pode ser considerada igual em diferentes classes de idade. Porém, esse comportamento não é interferido pela posição em que a árvore se encontra no relevo, uma vez que a interação dos fatores posição no relevo e idade não foi significativa.

REFERÊNCIAS

BALBINOT, R. et al. Ajuste de equações alométricas para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. utilizando análise de componentes principais conjuntamente com análise de regressão. **Floresta**, v.39, n.2, p.232-237, 2009.

BASUKI, T.M. et al. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. **Forest Ecology and Management**, v.257, n.8, p.1684-1694, 2009.

EMBRAPA. **Mapa simplificado de solos do estado do Paraná**. 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79053/1/doc96-2007-parana-final.pdf>

FORRESTER, D. et al. Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate. **Forest Ecology and Management**, v.396, p.160-175, 2017.

FUPEF - FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. **Conservação do Bioma Floresta com Araucária: diagnóstico dos remanescentes florestais**. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Curitiba, v.1. 2001.

GUEDES, B. et al. **Estudo da biomassa florestal numa floresta aberta de miombo no distrito de Bárúé, Manica**. Moçambique: Universidade Eduardo Mondlane, 2001.

IAP - INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Paraná: classificação climática segundo Köppen**. 2018. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>

MARTINS, A.P.M. et al. Efeito da idade na forma do fuste de *Araucaria angustifolia* na região Centro-Sul do Paraná. **Pesquisa florestal brasileira**, v.37, n.90, p.109-117, 2017.

OLIVEIRA, T.W.G. et al. Ajuste simultâneo na predição de biomassa aérea em *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **BIOFIX Scientific Journal**, v.3, n.1, p.137-144, 2018.

RATUCHNE, L.C. et al. Quantificação de carbono florestal em povoamentos de *Araucaria angustifolia* no sudoeste do estado do Paraná. **Ambiência**, v.11, n.2, p.321-335, 2015.

SANQUETTA, C.R. et al. Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia-negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, v.12, n.103, p.370, 2014.

SCHEPASCHENKO, D. et al. Improved estimates of biomass expansion factors for Russian forests. **Forests**, v.9, n.6, p.312, 2018.

SCHIKOWSKI, A.B. et al. Modelagem do crescimento e de biomassa individual de *Pinus*. **Pesquisa florestal brasileira**, v.33, n.75, p.269-278, 2013.

SCHUMACHER, M.V. et al. Produção de biomassa no corte raso em plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze de 27 anos de idade em Quedas do Iguaçu, PR. **Ciência Florestal**, v.21, n.1, p.53-62, 2011.

SOARES, F.S. et al. Caracterização física do terreno e mapeamento das tipologias florestais de uma porção do município de Alta Floresta/MT. **Agrarian Academy**, v.4, n.7, p.103-114, 2017.

VITAL, B.R. et al. Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado da região do cerrado de Minas Gerais. Brasília: **IBDF**, 1984.