



## Estimativa da área basal utilizando metodologia de área fixa e variável num fragmento florestal no semiárido Piauiense

Gleice Evangelista Avellar<sup>1\*</sup>, Walterlin Alves Saraiva<sup>1</sup>, Andressa Ribeiro<sup>1</sup>, Ana Claudia Bezerra Zanella<sup>1</sup>  
Antônio Carlos Ferraz Filho<sup>1</sup>

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo estimar a área basal em um fragmento florestal localizado no município de Cristino Castro, Piauí. Para isso, foram utilizadas duas metodologias: o método de área variável, utilizando a barra de Bitterlich com diferentes valores do fator K (T1 = 4,232; T2 = 3,038; T3 = 1,871; T4 = 1,282; T5 = 0,484 e T6 = 0,122) e o método de área fixa com um inventário florestal de parcelas quadrangulares (30 m x 30 m). Uma análise de variância dos erros entre os métodos foi conduzida à 95% de probabilidade de acerto. Os resultados mostraram diferenças estatísticas entre os erros dos tratamentos T2 e T4. A estimativa da área basal média pelo método da área fixa foi de 17,4 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. O fator que proporcionou o melhor resultado foi o T4 (barra com abertura de 1,585 cm), com um erro médio de 27%. A maior diferença entre a área basal estimada pelo método de área fixa e variável foi de 22,4 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> (T1). Portanto, para praticidade na amostragem florestal, o uso da barra de Bitterlich pode ser empregado, levando em consideração o fator K para menores erros de amostragem e um aumento nos pontos de amostragem.

**Palavras-chave:** Relascópio de Bitterlich, Manejo Florestal, Inventário Florestal, Caatinga

## Estimation of basal area using fixed and variable area methodology in a forest fragment in the semi-arid region of Piauí

**ABSTRACT:** This study aimed to assess the basal area within a forest fragment situated in the municipality of Cristino Castro, Piauí. Two methodologies were employed for this purpose: the variable area method, utilizing the Bitterlich bar with varying K factors (T1 = 4.232; T2 = 3.038; T3 = 1.871; T4 = 1.282; T5 = 0.484; and T6 = 0.122), and the fixed area method through a forest inventory of quadrangular plots (30 m x 30 m). An analysis of variance was conducted on the errors between the methods with a 95% confidence level. The results revealed significant differences in errors between treatments T2 and T4. The mean basal area estimated by the fixed area method was 17.4 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. Treatment T4 (bar with an aperture of 1.585 cm) yielded the most accurate results, with a mean error of 27%. The greatest disparity between basal area estimates obtained via the fixed and variable area methods was 22.4 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> (T1). Therefore, for practical forest sampling, employing the Bitterlich bar while considering the appropriate K factor can minimize sampling errors and enhance the number of sampling points.

**Keywords:** Bitterlich's relascope, Forest Management, Forest Inventory, Caatinga

## INTRODUÇÃO

O potencial madeireiro de uma área florestal é geralmente avaliado por meio da execução de um inventário florestal. Inventários florestais se constituem em uma atividade de grande importância sob vários aspectos, sendo imprescindível para o conhecimento do potencial dos recursos madeireiros e não madeireiros existentes em determinada área (SYDOW et al., 2017). O manejo e a preservação das florestas naturais exigem um entendimento da estrutura e estoque atual, bem como dos fatores que influenciam sua evolução ao longo do tempo. Assim, diferentes sistemas, processos e métodos de amostragem são essenciais para obter informações relevantes sobre florestas naturais ou plantadas (TÉO et al., 2014).

Os biomas Caatinga e Cerrado são ricos em biodiversidade, com diversos processos culturais,

econômicos, flora e fauna ricas em endemismo (BARBOSA et al., 2020; SOARES et al., 2022). Entretanto, estão entre os ecossistemas mais ameaçados, devido à forte antropização, estão sendo degradados pela expansão da agricultura e do desmatamento ilegal. Com vistas a mitigar tais ações, o manejo florestal sustentável é uma técnica que permite a exploração de recursos naturais, incluindo a madeira e seus produtos, sem causar impactos significativos na região e em sua biodiversidade (CARVALHO et al., 2020; SOUZA et al., 2021). No contexto do semiárido, o manejo florestal representa uma alternativa para as comunidades locais, combinando a conservação dos recursos naturais com benefícios econômicos (SILVA et al., 2021; BARBOSA et al., 2020; GARLET et al., 2018).

Recebido em 15/02/2024; Aceito para publicação em 31/05/2024

<sup>1</sup> Universidade Federal do Piauí

\*e-mail: [gleiceavellar@ufpi.edu.br](mailto:gleiceavellar@ufpi.edu.br)

Portanto, para garantia da quantificação acurada dos recursos naturais, torna-se importante investigar métodos e processos de amostragem que permitam reduzir o custo do inventário florestal, o qual é diretamente influenciado pelo tempo de medição da floresta, mas ao mesmo tempo fornecendo informações acuradas do estoque florestal. Em 1948, o engenheiro florestal austríaco Bitterlich criou um método de amostragem que é amplamente reconhecido como um avanço na área florestal (RÉDEI et al., 2020). Esse método é conhecido como amostragem por pontos, contagem angular ou relascopia. Tal método consiste na contagem das árvores em um giro de 360°, cujos diâmetros à altura do peito são iguais ou maiores que uma abertura angular. Assim, a seleção das árvores é efetuada com probabilidade proporcional à área transversal da árvore e à frequência dos indivíduos (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Assim, o presente trabalho objetivou comparar métodos de amostragem de área basal, empregando unidade amostrais de área fixa e de área variável com diferentes fatores K da barra de Bitterlich em uma vegetação de transição Caatinga e Cerrado, localizada na região sul do estado do Piauí.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está situada na Fazenda Aracajú, uma propriedade privada localizada na cidade de Cristino Castro, no estado do Piauí (08°49'04" S e 44°13'27" O), na microrregião do Alto Médio Gurguéia. A fazenda apresenta vegetação arbórea característica de Caatinga hipoxerófila e elementos de Cerrado, o que pode classificá-la como uma área de transição (SILVA et al., 2019).

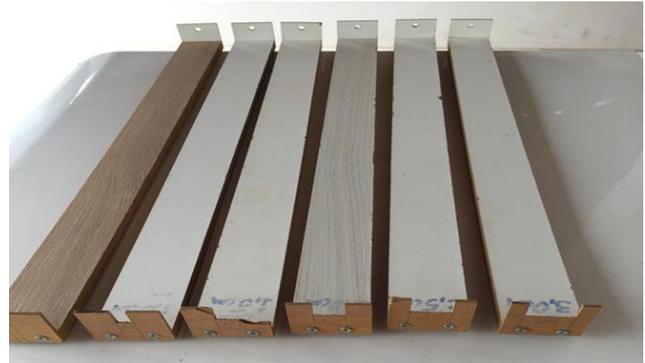
O trabalho foi desenvolvido realizando a amostragem da área basal empregando duas metodologias, a de área fixa a partir da realização de um inventário florestal com alocação de seis parcelas amostrais quadráticas (900 m<sup>2</sup>), e a de área variável empregando o método da relascopia, utilizando a barra de Bitterlich com diferentes aberturas.

A estimativa da área basal pelo método de área fixa foi realizada nas parcelas do inventário, com a medição da circunferência à altura do peito (CAP), empregando uma fita métrica, em que todas as árvores contidas na parcela com CAP > 5 cm foram mensuradas. Os valores de CAP obtidos foram usados para quantificar a área basal (G em m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), que foram utilizados como valor observado no cálculo dos erros comparativos à metodologia da área variável.

Para a estimativa da área basal pelo método da área variável (relascopia), a contagem dos indivíduos no giro de 360° e demais cálculos seguiram a metodologia descrita por Machado e Figueiredo Filho (2009), empregando barras de Bitterlich com diferentes miras (aberturas) e fatores de área basal

(K), com pontos amostrais num delineamento inteiramente casualizado dentro das parcelas do inventário. Foram avaliados os tratamentos: T1 (2,88 cm e fator K = 4,232), T2 (2,44 cm e fator K = 3,038), T3 (1,915 cm e fator K = 1,871), T4 (1,585 cm e fator K = 1,282), T5 (0,974 cm e fator K = 0,484) e T6 (0,489 cm e fator K = 0,122). A barra teve o comprimento fixado em 0,70 m e as diferentes miras foram mensuradas com paquímetro digital na confecção do instrumento (Figura 1).

FIGURA 1. Barras de Bitterlich utilizadas no estudo para estimativa de área basal em um fragmento florestal localizado em Cristino Castro, PI.



Os dados coletados foram tabulados em planilha eletrônica e uma análise de variância dos erros absolutos foi realizada utilizando o pacote agricolae (De MENDIBURU, 2019). Após a análise de variância apontar significância entre os tratamentos avaliados, um teste de médias de Tukey foi conduzido para a diferenciação entre eles.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A complexidade estrutural de uma floresta natural, em especial a região que é uma zona de transição entre os biomas Caatinga e Cerrado, influencia na variabilidade dos resultados encontrados nas diferentes parcelas e tratamentos avaliados. Os valores encontrados de área basal na metodologia de área fixa estão apresentados na Figura 2 e os valores da metodologia de área variável estão apresentados na Tabela 1.

FIGURA 2. Valores de área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) observados nas parcelas de amostragem de área fixa.

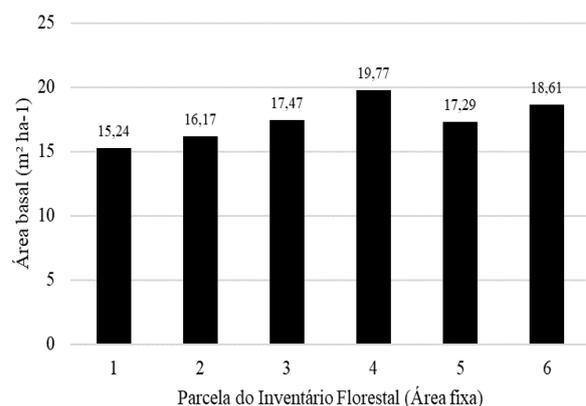


TABELA 1. Valores de área basal (G em  $m^2ha^{-1}$ ) estimados pelo método da área variável utilizando diferentes aberturas da barra de Bitterlich. Em que: T = Tratamento; a = abertura da mira (cm); n = número de árvores contadas e K = fator de área basal.

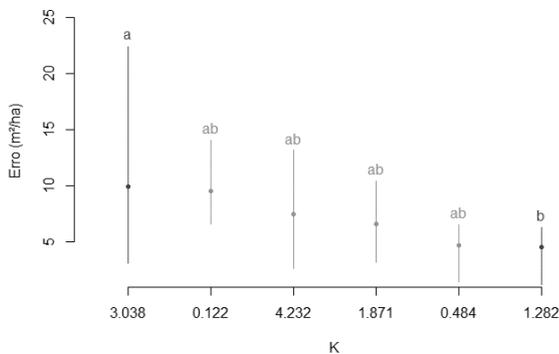
Parcela	T	a (cm)	n	K	G estimado	Erro ( $m^2ha^{-1}$ )	Erro (%)
1	<b>1</b>	<b>2,9</b>	<b>3</b>	<b>4,2</b>	<b>12,70</b>	<b>-2,5</b>	<b>-16,7</b>
	2	2,4	4	3	12,15	-3,1	-20,2
	3	1,9	5	1,9	9,36	-5,9	-38,6
	4	1,6	7	1,3	8,97	-6,3	-41,1
	5	1	21	0,5	10,16	-5,1	-33,3
	6	0,5	42	0,1	5,12	-10,1	-66,4
2	1	2,9	6	4,2	25,39	9,2	57,1
	2	2,4	9	3	27,34	11,2	69,1
	3	1,9	14	1,9	26,19	10	62
	4	1,6	17,5	1,3	22,44	6,3	38,8
	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>41</b>	<b>0,5</b>	<b>19,84</b>	<b>3,7</b>	<b>22,8</b>
	6	0,5	79	0,1	9,64	-6,5	-40,4
3	1	2,9	5	4,2	21,16	3,7	21,1
	2	2,4	8	3	24,30	6,8	39,1
	<b>3</b>	<b>1,9</b>	<b>11</b>	<b>1,9</b>	<b>20,58</b>	<b>3,1</b>	<b>17,8</b>
	4	1,6	17	1,3	21,79	4,3	24,8
	5	1	49,5	0,5	23,96	6,5	37,2
	6	0,5	86,5	0,1	10,55	-6,9	-39,6
4	1	2,9	2	4,2	8,46	-11,3	-57,2
	2	2,4	3	3	9,11	-10,7	-53,9
	3	1,9	7,5	1,9	14,03	-5,7	-29
	<b>4</b>	<b>1,6</b>	<b>14,5</b>	<b>1,3</b>	<b>18,59</b>	<b>-1,2</b>	<b>-6</b>
	5	1	38	0,5	18,39	-1,4	-7
	6	0,5	78	0,1	9,52	-10,3	-51,9
5	1	2,9	3	4,2	12,70	-4,6	-26,6
	2	2,4	4	3	12,15	-5,1	-29,7
	3	1,9	7	1,9	13,10	-4,2	-24,3
	<b>4</b>	<b>1,6</b>	<b>16</b>	<b>1,3</b>	<b>20,51</b>	<b>3,2</b>	<b>18,6</b>
	5	1	46,5	0,5	22,51	5,2	30,1
	6	0,5	67	0,1	8,17	-9,1	-52,7
6	1	2,9	7,5	4,2	31,74	13,1	70,6
	2	2,4	13,5	3	41,01	22,4	120,4
	3	1,9	15,5	1,9	29,00	10,4	55,9
	<b>4</b>	<b>1,6</b>	<b>19</b>	<b>1,3</b>	<b>24,36</b>	<b>5,8</b>	<b>30,9</b>
	5	1	25,5	0,5	12,34	-6,3	-33,7
	6	0,5	37,5	0,1	4,58	-14	-75,4

Os valores em negrito apresentados na Tabela 1 foram os que apresentaram os menores erros na determinação da área basal no fragmento florestal estudado. Em média os erros para os tratamentos variaram de 26,7% (T4) a 55,4% (T2). Santos et al. (2016) conduziu um estudo similar (comparativo área fixa x área variável) para estimativa da área basal de *Eucalyptus grandis*, concluíram que as metodologias apresentaram a mesma precisão, porém para atender a um mesmo limite de erro, o método de Bitterlich necessita de um maior número de unidades amostrais.

Téo et al. (2014) estudando um fragmento de floresta ombrófila mista, compararam as metodologias avaliadas no estudo e concluíram que o método de área fixa apresentou o maior número de espécies florestais e famílias botânicas amostradas. Porém, quando avaliados o número de árvores e área basal por hectare, não foram identificadas diferenças significativas entre os métodos de amostragem. Druszcz et al. (2010) também compararam métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa em plantios de *Pinus taeda*, os autores concluíram que o método de Bitterlich foi preciso e eficiente na estimativa da área basal e volume total.

No presente estudo, os resultados da análise de variância indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa à 90% de probabilidade entre tratamentos avaliados ( $p$  valor = 0,0936). Porém, optou-se por realizar o teste de separação de médias, visto que os valores dos erros são distintos para os diferentes tratamentos avaliados. Assim, adotando 80% de probabilidade de acerto, os resultados indicaram que os tratamentos 2 e 4 se diferiram dos demais (Figura 3), sendo o T4 o que apresentou o menor erro na estimativa da área basal.

FIGURA 3. Teste de média para erro absoluto na estimativa de área basal nos diferentes tratamentos avaliados na barra de Bitterlich. Os níveis do fator K, cujas médias não compartilham a mesma letra, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 20%.



Poucos são os trabalhos publicados na linha do presente estudo, especialmente em áreas de transição de biomas savânicos. Há alguns trabalhos conduzidos no sul do Brasil, especialmente para plantações florestais (MOSCOVICH et al., 1999; DRUSZCZ et

al., 2012). Portanto, há a necessidade de mais estudos voltados para otimização do procedimento amostral em florestas nativas com vistas a otimização dos recursos e ganho na acurácia da estimativa das variáveis dendrométricas.

## CONCLUSÃO

O fator K = 1,282 (abertura da mira de 1,585 cm) destacou-se pelo menor erro obtido entre a área basal amostrada pela metodologia de área fixa. Apesar dos altos valores de erros encontrados, acredita-se na viabilidade da adoção da metodologia de área variável para amostragem. Porém, faz-se necessário que um maior número de pontos amostrais e escolha correta do fator K para maior acurácia no processo amostral.

## REFERÊNCIAS

De MENDIBURU, F. **Agricolae**: Statistical procedures for agricultural research. R package version 1.3. Disponível em: <http://cran.r-project.org/package=agricolae>. Acesso em 28 de out. de 2023.

DUTRA E SILVA, S.; BARBOSA, A. S. Paisagens e fronteiras do Cerrado: ciência, biodiversidade e expansão agrícola nos chapadões centrais do Brasil. **Estudos Ibero-Americanos**, [S. l.], v. 46, n. 1, p. e34028, 2020.

CARVALHO, A. C., SANTOS, R. C., CASTRO, R. V. O., SANTOS, C. P. S., COSTA, S. E. L., CARVALHO, A. J. E., PAREYN, F. G. C., VIDAURRE, G. B., DIAS JUNIOR, A. F., & ALMEIDA, M. N. F. Produção de energia da madeira de espécies da Caatinga aliada ao manejo florestal sustentável. **Scientia Forestalis**, 48(126), e3086, 2020.

SOUZA, G. S.; GONÇALVES, G. E.; FREITAS, A. C. R.; FERNANDES, P. C. C.; CAMBOIM, C. E. Avaliação do Impacto do Projeto ABC Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 51, p. e66399, 2021.

SOARES, S. L.; MACEDO, R. S.; WALLASSY S. Diversidade florística entre fragmentos de Caatinga, Piauí, Brasil. **Diversitas Journal**, [S. l.], v. 7, n. 2, 2022.

GARLET, A.; CANTO, J. L.; OLIVEIRA, P. R. S. O manejo florestal comunitário da caatinga em assentamentos rurais no estado da Paraíba. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 735–745, 2018.

SILVA, A. G.; VILAR, L. O.; VILAR, V. O.; COELHO, F. P.; ACIOLI, N. R. S.; RAMOS, R. B. G. A.; MOREIRA, J. G.; DIARES, T. R.; SILVA, D. F.; CRUZ, M. S. O Manejo Florestal Sustentável da Caatinga. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 7, n. 5, p. 872–884, 2021.

DRUSZCZ, J. P.; NAKAJIMA, N. Y.; PÉLLICO NETTO, S.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de *Pinus taeda*. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 739 - 754, 2010.

- DRUSZCZ, J. P.; NAKAJIMA, N. Y.; PÉLLICO NETTO, S.; MACHADO, S. A. Custos de inventário florestal com amostragem de Bitterlich (PNA) e conglomerado em cruz (CC) em plantação de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 94, 231 - 239, 2012.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2.ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 316 p.
- MOSCOVICH, F. A.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Comparação de diferentes métodos de amostragem, de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 1, p. 173 - 191, 1999.
- RÉDEI, K.; ÁBRIL, T.; SZABÓ, F.; KERESÜ, Z. Angle-count sampling method for estimating forest stand volume – a practical approach. **Acta Agraria Debrecen Inésis**, v. 2, 2020.
- SANTOS, J. S.; MENDONÇA, A. R.; SILVA, G. F.; FRAGA FILHO, C. V. Método de amostragem de Bitterlich: uma alternativa de inventário florestal para pequenas propriedades rurais fomentadas. **Agrária**, v.11, n.1, p.46-52, 2016.
- SILVA, L. S.; OLIVEIRA, H. J. B.; SOUZA, M. V. C.; NAZARENO, L. S. Q.; RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C. Metodologias para quantificação do fator de empilhamento em vegetação de caatinga/cerrado. **ACSA**, Patos, v. 15, n. 3, p. 238-242, 2019.
- SYDOW, J. D.; SANQUETTA, C. R.; DELLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, M. N. I.; FIGUEIREDO FILHO, A. Comparação de métodos e processos de amostragem para inventário em floresta ombrófila mista. **BIOFIX Scientific Journal**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 60-68, 2017.
- TÉO, S.; SCHNEIDER, C. R.; FIORENTIN, L. D.; da COSTA, R. H. Comparação de métodos de amostragem em fragmentos de floresta ombrófila mista, em Lebon Régis, SC. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 393 - 402, 2014.