

## ESTIMATIVA DE BIOMASSA E CARBONO EM UM POVOAMENTO DE TECA EM MATO GROSSO

*BIOMASS AND CARBON ESTIMATION IN A TEAK STAND IN MATO GROSSO STATE, BRAZIL*

*Gisele Martins Rodrigues<sup>1</sup>, Thelma Shirlen Soares<sup>2</sup>, Edmilson Santos Cruz, Renan Augusto Miranda Matias<sup>4</sup>*

<sup>1,2,3</sup> *Universidade Federal de Jataí, Jataí, Goiás, Brasil – gisele\_martins@discente.ufj.edu.br, thelmasoares@ufj.edu.br, edmilson-santos\_cruz@ufj.edu.br*

<sup>4</sup> *Instituto Conexões Sustentáveis, Brasília, Distrito Federal, Brasil – renanmatias@hotmail.com*

### RESUMO

Este estudo teve o objetivo de quantificar a biomassa e o carbono, além de avaliar modelos matemáticos para estimativas de biomassa, de diferentes compartimentos da parte aérea de árvores de teca de um plantio, aos 72 meses de idade, localizado no município de Cotriguaçu no Estado de Mato Grosso. Foram selecionadas aleatoriamente 30 árvores distribuídas em diferentes classes de diâmetro e de altura. Em cada árvore-amostra foi mensurado o diâmetro a 1,30 m de altura do solo (dap), altura total (HT) e volume (V) por meio da cubagem rigorosa. As árvores foram derrubadas, separadas e identificadas nos compartimentos fuste, folhas e galhos. Além disso, foram retirados discos para a determinação da densidade básica da madeira. Foram determinadas a biomassa de cada compartimento e estimado o carbono, considerando um teor médio de 43,15% da biomassa. A relação entre as variáveis dap, HT, V e a biomassa para fuste, galhos, folhas e parte aérea total foi avaliada pelo coeficiente de Pearson. Os modelos de Husch e de Kopezky-Gerhardt foram ajustados para estimativa da biomassa. Foi verificado que a biomassa presente em cada compartimento seguiu o padrão fuste > galhos > folhas e ocorreu predominância de correlação forte e muito forte entre as variáveis dap, HT, V e a biomassa. As equações oriundas do modelo de Husch foram as que apresentaram melhores ajustes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alometria, Biomassa acima do solo, Compartimentos da árvore.

### ABSTRACT

This study aimed to quantify the biomass and carbon and evaluate mathematical models for biomass estimates of different compartments of the aerial part of teak trees from a plantation, at 72 months of age, located in the municipality of Cotriguaçu, Mato Grosso State, Brazil. Thirty trees distributed in different diameter and height classes were selected randomly. In each sample tree, the diameter at 1.30 m height from the ground (*dbh*) and total height (*HT*) were measured, and the volume (*V*) was quantified by means of rigorous cubing. The trees were felled, separated and identified in the stem, leaf and branch compartments, and discs were removed to determine the basic density of the wood. The biomass of each compartment was determined and the carbon was estimated, considering an average biomass content of 43.15%. The relationship between the variables *dbh*, *HT*, *V* and biomass for stem, branches, leaves and total aerial part was evaluated by Pearson's coefficient and the Husch and Kopezky-Gerhardt models were adjusted to estimate the biomass. The biomass presents in each compartment followed the pattern stem > branches > leaves and there was a predominance of strong and very strong correlation between the variables *dbh*, *HT*, *V* and biomass. The equations derived from the Husch model were those that presented the best fits.

**KEYWORDS:** Allometry, Aboveground biomass, Tree compartments.

## INTRODUÇÃO

O aumento da concentração de gases de efeito estufa, devido às ações antrópicas, têm impactado diversas atividades econômicas (RIBEIRO et al., 2018), sendo que as alterações climáticas se tornaram um dos maiores desafios que a humanidade tem enfrentado nos últimos anos. Como medida econômica para fazer face às alterações climáticas, os créditos de carbono têm atraído considerável atenção, uma vez que o mesmo que pode promover ações que promovam reduções de emissões a baixo custo (ZHOU & LI, 2019).

O reflorestamento se apresenta como uma opção para mitigar o aumento do dióxido de carbono atmosférico e as alterações climáticas (KRAENZEL et al., 2003; OO & LEE, 2012; GARCÍA-GARCÍA et al., 2019). Dentre as espécies plantadas comercialmente, a teca (*Tectona grandis* L.f.) se destaca com potencial para projetos de carbono, uma vez que o carbono armazenado em sua biomassa permanece em seus produtos de madeira sólida, diferente do que ocorre com outras espécies utilizadas para energia, celulose e papel (PFUTZ et al., 2021).

A teca é uma das madeiras tropicais mais valiosas do mundo, sendo procurada nos mercados globais pela sua beleza, estabilidade, resistência natural e vasta gama de aplicações (KOLLERT & KLEINE, 2017) como, por exemplo, uso na construção naval e em mobiliários (RIZANT et al., 2018).

No Brasil, os plantios de teca têm crescido gradativamente (PIRES et al., 2020). Em 2018, a área cultivada, de acordo com a Indústria Brasileira de Árvores, foi de 93.957 hectares (IBÁ, 2019). Entretanto, apesar do potencial econômico e resultados promissores em termos de produção, estudos que abordem a quantificação de biomassa e carbono da espécie nos cultivos brasileiros ainda são escassos.

De acordo com Chanan & Iriany (2014), informações sobre os padrões de armazenamento de carbono, em particular nas florestas de teca, podem auxiliar na gestão florestal e nas políticas ambientais ampliando a base de informações para atender às exigências do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

Neste contexto, realizou-se o presente estudo cujo objetivo foi quantificar a biomassa e o carbono em árvores de teca. Além disso, o estudo teve como objetivo, avaliar modelos matemáticos para estimativas de biomassa de diferentes compartimentos da parte aérea das árvores.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de um plantio de teca, pertencente à empresa ONF Brasil (Office National des Forêts), localizado no município de Cotriguaçu no Estado de Mato Grosso entre os paralelos 9°50'51,32" e 9°53'28,06" de latitude Sul e os meridianos 58°19'37,69" e 58°14'34,45" de longitude Oeste a uma altitude média de 297 m.

O clima da região é do tipo tropical úmido (Am), conforme a classificação de Köppen e Geigen, descrito por Alvares et al. (2013), caracterizado por apresentar a temperatura média anual de 26,4° C. A precipitação anual é superior à 2000 mm, com regime pluviométrico sazonal bem definido: úmida, entre os meses de outubro e abril, e seca, ao longo dos meses de maio e setembro (IZZO & PETINI-BENELLI, 2011). Os solos, predominantes na região, são Argissolos Vermelhos Amarelos distróficos, caracterizados por saturação por base menor que 50% (SANTOS et. al, 2018).

### Fonte de dados

Foram selecionadas 30 árvores com idade de 72 meses, distribuídas em diferentes classes de diâmetro e altura (Tabela 1), as quais foram derrubadas, separadas e identificadas em todos os seus compartimentos, ou seja, fuste, folhas e galhos.

Tabela 1 - Distribuição de frequência por classes de diâmetro e altura das árvores-amostra de teca em Cotriguaçu, MT.

Classe de altura (m)	Classe de diâmetro (cm)								Total
	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
8-10	1	2							3
10-12	2	2							4
12-14		2	5	2		3	2		14
14-16		1		1	2	2	2	1	9
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>30</b>

### Determinação da biomassa e carbono

Em cada árvore-amostra, foi mensurado o *dap* (diâmetro com casca a 1,30 m do solo) e a altura total da árvore. Além disso, foi realizado o procedimento de cubagem rigorosa, para obtenção do volume do fuste, pela aplicação sucessiva da expressão de Smalian, em seções de 1 m de comprimento até o diâmetro mínimo de 5 cm.

Após a cubagem, foram retirados discos de madeira, com casca, de aproximadamente 2,5 cm de espessura, referentes às posições: 0%, 25%, 50% e 75% da altura total de cada árvore-amostra. Os discos foram utilizados para o

cálculo da densidade básica da madeira do fuste, conforme Vital (1984). A biomassa do fuste das árvores-amostra foi obtida ao multiplicar o volume do fuste pela densidade de acordo com a expressão:

$$B_{\text{fuste}} = V \times \text{DBM}$$

Em que:  $B_{\text{fuste}}$  = biomassa do fuste (kg);  $V$  = volume do fuste ( $\text{m}^3$ );  $\text{DBM}$  = densidade básica média da madeira do fuste ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

As estimativas do carbono estocado no fuste de cada árvore-amostra foram obtidas ao multiplicar as respectivas estimativas de biomassa pelo fator 0,4315, conforme relatado no estudo de Silva et al. (2014).

Após a coleta dos dados dendrométricos, as árvores foram desfolhadas e suas folhas pesadas e ensacadas. Do conjunto de folhas, foram retiradas amostras para determinação do peso seco após secagem em estufa, com renovação de ar (ventilação forçada), na temperatura de 70 °C até atingir peso constante, conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Em seguida, cada árvore-amostra foi desganhada e todos os seus galhos pesados. Do conjunto de galhos, foram retirados fragmentos de galhos localizados em diferentes posições da copa da árvore, para formação de uma amostra composta para determinação do peso seco após secagem em estufa.

A biomassa de galhos e de folhas de cada árvore-amostra foi obtida pela expressão:

$$B = \frac{\text{PU}(c) \times \text{PS}(a)}{\text{PU}(a)}$$

Em que:  $B$  = biomassa de galhos ou de folhas (kg);  $\text{PU}(c)$  = peso úmido do conjunto de galhos ou de folhas (kg);  $\text{PS}(a)$  = peso seco da amostra de galhos ou de folhas (kg);  $\text{PU}(a)$  = peso úmido da amostra de galhos ou folhas (kg).

As estimativas da quantidade de carbono presente no conjunto de folhas e galhos foram obtidas ao multiplicar as respectivas estimativas de biomassa pelo fator 0,4315.

### Matriz de correlação

Para verificar a associação entre as variáveis diâmetro, altura total e volume com a biomassa, foi realizado o cálculo do coeficiente de Pearson ( $r$ ) a 95% de probabilidade. Os valores obtidos para os coeficientes podem variar de -1 a +1 e podem ser classificados qualitativamente, segundo Callegari-Jacques (2003), da seguinte forma: se  $|0,00| < r < |0,30|$ , existe fraca correlação linear; se  $|0,30| \leq r < |0,60|$ , existe moderada correlação linear; se  $|0,60| \leq r < |0,90|$ , existe forte correlação linear e; se  $|0,90| r < |1,00|$ , existe correlação linear muito forte.

### Ajuste de modelos de biomassa

Após análise de estudos que realizaram o ajuste de modelos para a estimativa da biomassa de espécies florestais, optou-se por ajustar os modelos de Husch e de Kopecky-Gerhardt (Tabela 2) uma vez que apresentaram melhores ajustes em estudos similares como, por exemplo, Silva et al. (2000), Sanquetta et al. (2015; 2016), Lanzarin et al. 2018, entre outros.

Os modelos foram ajustados para estimativa da biomassa do fuste, das folhas, dos galhos e da parte aérea (fuste + folhas + galhos).

Tabela 2 - Modelos testados para estimar a biomassa de árvores de teca em Cotriguaçu, MT.

Modelo	Formulação Matemática
Husch	$\ln(B) = \beta_0 + \beta_1 \ln(dap) + \varepsilon_i$
Kopecky-Gerhardt	$B = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \varepsilon_i$

Em que:  $B$  = biomassa dos compartimentos (kg);  $dap$  = diâmetro a 1,30 m de altura do solo (cm);  $\ln$  = logaritmo neperiano;  $\beta_0, \beta_1$  = parâmetros a serem estimados;  $\varepsilon_i$  = erro aleatório,  $\varepsilon_i \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ .

A seleção da melhor equação foi baseada nas estatísticas: coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa relativo e análise gráfica dos resíduos.

Para a obtenção da variável dependente no modelo de Husch, faz-se necessário o cálculo do antilogaritmo da variável para obtenção dos valores na sua forma real. Porém, conforme Leite et al. (2011), na realização deste procedimento, existe um erro conhecido como discrepância logarítmica que geralmente subestima a variável estimada. Para minimizar esta discrepância, foi realizada a correção multiplicando-se a variável estimada pelo fator de correção de Meyer (FM), conforme metodologia aplicada por Machado et al. (2008).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações referentes aos valores mínimo, médio, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação de biomassa e carbono em cada compartimento avaliado estão apresentados na Tabela 3 e a distribuição percentual ilustrada na Figura 1.

Tabela 3 - Valores mínimos, médios, máximos e desvio padrão de biomassa e carbono em diferentes compartimentos da parte aérea de árvores de teca em Cotriguaçu, MT.

Estatísticas	Biomassa (Kg)			Carbono (Kg)		
	Folhas	Galhos	Fuste	Folhas	Galhos	Fuste
<b>Mínimo</b>	1,5	1,2	17,7	0,6	0,5	7,6
<b>Média</b>	6,7	11,2	53,7	2,9	4,8	23,2
<b>Máximo</b>	17,4	29,4	105	7,5	12,7	45,3
<b>Desvio padrão</b>	±4,1	±9,0	±27,0	±1,8	±3,9	±11,6

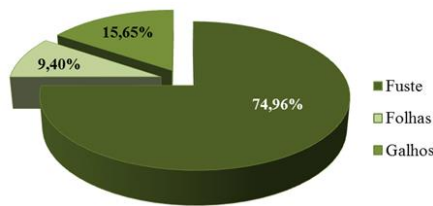


Figura 1 - Distribuição dos percentuais de biomassa e carbono em diferentes compartimentos da parte aérea de árvores de teca em Cotriguaçu, MT.

Foi verificado que a estocagem de biomassa seguiu o seguinte padrão quantitativo: fuste > galhos > folhas. O padrão de distribuição da biomassa da parte aérea apresentou padrão similar ao encontrado por Basso (2016) ao quantificar o estoque de biomassa e carbono em distintos componentes em um povoamento jovem (27 meses) de teca implantado em um sistema silvipastoril no município de Alta Floresta – MT.

De acordo com Oliveira (2003), a maior parte da biomassa da árvore de teca, é representada pelo lenho. Tal informação é corroborada por Schneider et al. (2004) que mencionaram que, geralmente, a distribuição da biomassa total se dá na ordem de lenho > galhos > casca > raízes > folhas.

Ressalta-se que a quantidade de biomassa varia em função das condições edafoclimáticas e práticas silviculturais (VALERI et al., 1989) sendo que durante o crescimento da árvore o incremento da biomassa do fuste é maior em relação aos demais compartimentos (CALDEIRA et al., 2015).

Os resultados da matriz de correlação (Tabela 4) mostram que as correlações foram todas positivas e significativas ( $\alpha = 5\%$ ) com predominância de correlações fortes e muito fortes, evidenciando que o *dap* possui alta correlação com a biomassa do fuste, dos galhos e das folhas.

Tabela 4 - Matriz de correlação entre compartimentos de biomassa e as variáveis dendrométricas de árvores de teca em Cotriguaçu, MT.

	dap	HT	V	B <sub>fuste</sub>	B <sub>folha</sub>	B <sub>galho</sub>
dap	1	*	*	*	*	*
HT	0,66	1	*	*	*	*
V	0,98	0,68	1	*	*	*
B <sub>fuste</sub>	0,98	0,68	1,00	1	*	*
B <sub>folha</sub>	0,85	0,47	0,85	0,85	1	*
B <sub>galho</sub>	0,91	0,53	0,91	0,91	0,84	1

Em que: \* = significativo ( $\alpha = 0,05$ ).

Quando observado apenas as correlações das variáveis dendrométricas *dap* e *HT* com os estoques de biomassa no fuste, Basso (2016) obteve valores de coeficiente de correlações classificadas de forma similar ao presente estudo, para os demais compartimentos da árvore, o autor verificou correlações classificadas como moderada.

Ratuchne et al. (2015), ao avaliar a correlação de variáveis para árvores de araucária, também verificaram que o *dap* foi a variável independente com maior correlação com a biomassa. Esses resultados corroboram com Machado & Figueiredo Filho (2006) que afirmam que o *dap* possui forte correlação com a biomassa.

Na Tabela 5 estão representados os resultados pertinentes aos ajustes dos modelos, com os respectivos parâmetros estatísticos de precisão e na Figura 2 a distribuição gráfica de resíduos.

Tabela 5 - Coeficiente de regressão e parâmetros estatísticos dos modelos ajustados para de árvores de teca em Cotriguaçu, MT.

Compartimento	Equação	Parâmetros estimados		R <sup>2</sup> (%)	S <sub>yx</sub> (%)
		$\beta_0$	$\beta_1$		
Folhas	H	-3,0799	1,8111	68,5	32,9
	K-G	-5,4344	0,8247	71,8	32,9
Fuste	H	-1,0817	1,8588	95,2	10,2
	K-G	-39,1269	6,2921	96,3	9,8
Galhos	H	-5,8212	2,9675	85,7	34,3
	K-G	-17,2731	1,9308	82,0	34,6
Parte aérea	H	-1,1710	1,9932	96,3	11,3
	K-G	-61,8346	9,0476	95,6	11,7

Em que: H = Husc; H-K = Kopezky-Gehrhardt;  $\beta_1$  = coeficiente de regressão R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação e S<sub>yx</sub> = erro padrão da estimativa.

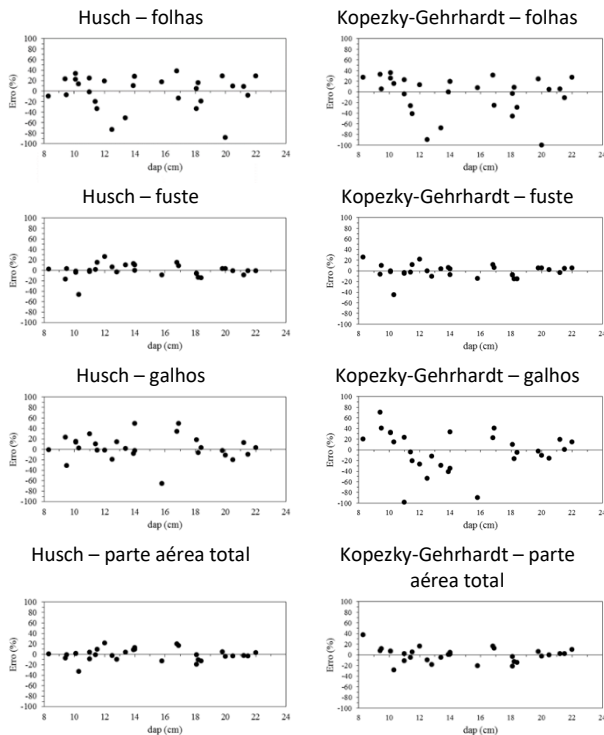


Figura 2 - Distribuição gráfica dos resíduos percentuais em função do *dap* das equações obtidas para árvores de teca em Cotriguaçu, MT.

As equações apresentaram coeficientes de determinação que variaram de 68,5% a 96,3% e erros padrão da estimativa que variaram de  $\pm 9,8\%$  a  $\pm 34,6\%$ . Para todos os compartimentos, analisando conjuntamente o coeficiente de determinação, o erro padrão da estimativa e a distribuição gráfica de resíduos, a equação que melhor se ajustou ao conjunto de dados foi a do modelo de Husch.

O modelo de Husch também foi selecionado por Sanquetta et al. (2016) ao ajustar modelos alométricos tradicionais na estimativa do peso seco aéreo individual para acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.).

Lanzarin et al. (2018) ressaltam que o modelo de Husch é um modelo matemático que possui somente uma variável independente (*dap*), o que facilita sua aplicação em relação aos modelos de dupla entrada. De acordo com Sanquetta et al. (2019), há maior acurácia em efetuar a quantificação da biomassa com equações alométricas de simples entrada, sendo que Ratuchne et al. (2015) reforçam que o uso de equações de regressão pode ser uma boa alternativa como método indireto de quantificação.

Considerando um teor médio de carbono igual a 43,15% e com base nas equações selecionadas, a estimativa do carbono em cada compartimento, de forma análoga ao trabalho de Vieira (2011) pode ser obtida pelo uso das seguintes expressões:

$$\ln(C_{\text{folhas}}) = -3,0799 + 1,8111 \ln(dap) \times 0,4315$$

$$\ln(C_{\text{fuste}}) = -1,0817 + 1,8588 \ln(dap) \times 0,4315$$

$$\ln(C_{\text{galho}}) = -5,8212 + 2,9675 \ln(dap) \times 0,4315$$

$$\ln(C_{\text{parte aérea total}}) = -1,1710 + 1,9932 \ln(dap) \times 0,4315$$

Dessa forma, aplicando-se as equações acima se obtém a estimativa de estoque de carbono de uma forma prática, somente com uma medida de fácil obtenção (*dap*). Vieira (2011) resalta que além da praticidade na obtenção da estimativa do estoque de carbono há a vantagem de haver qualidade estatística. Por empregar apenas o diâmetro como variável preditora, essas equações tem a vantagem de ser simples na sua utilização, estimando a biomassa ou o carbono com precisão e confiabilidade.

## CONCLUSÕES

- As árvores de teca apresentaram o padrão quantitativo da estocagem de biomassa: fuste > galhos > folhas.

- As equações oriundas do modelo de Husch foram selecionadas para a estimativa da biomassa do fuste, dos galhos, das folhas e da parte aérea total.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BASSO, S. **Biomassa, carbono e relação entre atributos químicos do solo e variáveis de produção da teca**. 2016. 74p. (Dissertação de mestrado).
- CALDEIRA, M.V. W. et al. Biomassa e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Ciência Florestal*, v. 25, n. 4, p. 1027-1034, 2015.
- CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- CHANAN, M.; IRANY, A. Estimating carbon storage on teak (*Tectona grandis* Linn. F). *Journal of Environment and Earth Science*, v. 4, n. 3, p. 9-17, 2014.
- FONSECA-GONZÁLEZ, W. et al. Predicción de biomasa y carbono en plantaciones clonales de *Tectona grandis* L.f. *Colombia Forestal*, v. 24, n. 1, p. 31-44, 2021.
- GARCÍA-GARCÍA, D.A. et al. Carbono y dióxido de carbono almacenado en una plantación de *Tectona grandis* de 4 y 5 años de edad en México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, v. 15 n. 1, p. 28-34, 2019.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório anual 2019**. São Paulo: IBÁ, 2019. Disponível em: <https://bitlybr.com/vcyOY>.

- IZZO, T.J.; PETINI-BENELLI, A. Relação entre diferentes espécies de formigas e a mirmecófita *Cordia nodosa* Lamarck (Boraginaceae) em áreas de mata ripária na Amazônia mato-grossense. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 3, p. 355-360, 2011.
- KRAENZEL, M. et al. Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama. **Forest Ecology and Management** v. 173, n. 1-3, p. 213-225, 2003.
- KOLLERT, W.; KLEINE, M. **The global teak study: analysis, evaluation and future potential of teak resources**. Vienna: IUFRO, 2017.
- LANZARIN, L. et al. Crescimento e biomassa de indivíduos jovens de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Biofix Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 96-102, 2018.
- LEITE, D.R. et al. Análise comparativa entre dois procedimentos para estimativa da variável volume em um povoamento de *Eucalyptus urophylla*, no município de Mineiros – Goiás. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 1684-1700, 2011.
- MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2006.
- MACHADO, S.A. et al. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no Capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 5-16, 2008.
- OLIVEIRA, J.R.V. **Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teca-Nutriteca**. 2003. (Dissertação de mestrado).
- OO, T.N.; LEE, D.K. Carbon sequestration of pure teak (*Tectona grandis* Linn f.) and mixed species plantations in Bago Yoma Region of Myanmar. **Journal of Korean Forestry Society**, v. 96, n. 5, p. 602-608, 2012.
- PIRES, W.K.L. et al. Estudo econômico da implantação de *Tectona grandis* L.f. **Revista do Instituto Florestal**, v. 32, n. 1, p. 7-16, 2020.
- PFUTZ, I.F.P. et al. Geostatistical modelling of below - and aboveground carbon stocks of teak stands at different ages. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 33, n. 2, p. 105-112, 2021.
- RATUCHNE, L. 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.
- RIBEIRO, L.C.S. et al. Greenhouse gases emissions and economic performance of livestock, an environmental input-output analysis. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 225-237, 2018.
- RIZANTI, D.E. et al. Comparison of teak wood properties according to forest management: short versus long rotation. **Annals of Forest Science**, v. 75, n. 39, 2018.
- RUFINO, R.F. et al. Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucaliptos conduzido sobre o sistema de rebrota. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n.10, p. 1-10, 2010.
- SANQUETTA, C.R. et al. O. Métodos de quantificação do estoque de carbono na biomassa de *Nectandra grandiflora* Nees em remanescente de Floresta Ombrófila Mista. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 1, p. 41-49, 2019.
- SANQUETTA, M.N.I. et al. O uso de modelos alométricos tradicionais na estimativa do peso seco aéreo individual para acácia negra. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 842-854, 2016.
- SANQUETTA, M.N.I. et al. Equações de biomassa para aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 3604-3612, 2015.
- SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.
- SCHNEIDER, P.R. et al. Método de derivação do volume em biomassa e carbono: uma aplicação em *Platanus x acerifolia* (Aiton) Wild. In: 3º **Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal**, p. 381-388, 2004.
- SILVA, A.S. et al. Estimativa da biomassa seca do tronco do jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) plantado em dois tipos de ambientes na Amazônia central. In: 3º **Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**, p. 174-176, 2000.
- SILVA, M.M. **Diversidade de insetos em diferentes ambientes florestais no município de Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso**. 2009. 111p. (Dissertação de mestrado).
- SILVA, S.A. et al. Teores de carbono médios para compartimentos e espécies florestais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 2990-3007, 2014.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5)
- VALERI, S.V. et al. Exportação de biomassa de *Pinus taeda* L, desbastados em diferentes idades. **Floresta**, v. 19, n. 1 p. 23-29, 1989.
- VIEIRA, G. **Modelagem da biomassa viva e do estoque de carbono de *Nectandra grandiflora* Ness em São João do Triunfo - PR**. 2011. 75p. (Dissertação de mestrado).
- VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. (Boletim Técnico SIF, 1)
- ZHOU, K.; LI, Y. Carbon finance and carbon market in China: progress and challenge. **Journal of Cleaner Production**, v. 214, p. 536-549, 2019.