

Estoque de carbono na madeira dos troncos de um povoamento de *Tectona grandis* L.f. no sudoeste de Mato Grosso, Brasil

Stock of carbon in the wood of the trunks of a stand of *Tectona grandis* L.f. in southwestern of Mato Grosso, Brazil

José Guilherme Roquette¹

Ronaldo Drescher²

Allan Libanio Pelissari³

¹ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Graduação em Engenharia Florestal pela UFMT. E-mail: guilhermeroquette@yahoo.com.br

² Doutor e Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria (2004 e 1999 respectivamente). Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Mato Grosso (1996). Professor adjunto I da Universidade Federal de Mato Grosso e Conselheiro Editorial da Revista Cathedral. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Manejo Florestal, Dendrometria e Inventário Florestal, atuando principalmente nos seguintes temas: manejo de florestas plantadas, manejo florestal, inventário florestal, plantios florestais e créditos de carbono. E-mail: ronaldodrescher@gmail.com

³ Doutorando em Engenharia Florestal do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. Graduação em Engenharia Florestal pela UFMT.

RESUMO *ABSTRACT*

O presente estudo teve como objetivo estimar o conteúdo de carbono fixado na madeira dos troncos de um povoamento dissetâneo de teca (*Tectona grandis* L.f.), localizado no município de Glória D'Oeste, Mato Grosso. Para o estudo foi realizada a cubagem rigorosa de 32 árvores a fim de estruturar uma equação que descreva o volume do tronco sem casca em função da altura total e diâmetro à altura do peito. Com os dados obtidos a partir de parcelas temporárias, foi calculado o volume de madeira dos troncos por hectare, e, por meio de fatores de conversão de volume de madeira para conteúdo de carbono, foi estimada a massa de carbono fixado por hectare. O povoamento com nove anos apresentou aproximadamente 79,8 t de carbono/ha (IMA=8,9 t de C/ha), enquanto o de doze anos aproximadamente 96,2 t de carbono/ha (IMA=8,0 t de C/ha), porém, para demonstrar a viabilidade da inserção de reflorestamentos de teca na região para a modalidade de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), prevista no Protocolo de Quioto, faz-se necessário a realização de estudos das demais frações de biomassa do povoamento, além de análises econômicas.

This study aimed to estimate the content of fixed carbon in the wood of the stems of a teak (*Tectona grandis* L.f.) stand uneven-aged, located in the municipality of Gloria D'Oeste, Mato Grosso. For the study was carried out 32 trees cubed sin order to structure an equation describing the volume of the stem without bark in function of height and diameter at breast height. With the data obtained from temporary plots, were calculated the volume of wood of stems per hectare and, by conversion factors of wood volume to carbon content was estimated the mass of carbon fixed per hectare. The nine years old stand, presented approximately 79.8 tonnes of carbon / ha (MAI=8.9 C t / ha), while twelve years old presented approximately 96.2 t carbon / ha (MAI =8.0 t C / ha), but to demonstrate the feasibility of inserting teak reforestation in the region to the form of the Clean Development Mechanism (CDM) under the Kyoto Protocol, it is necessary to carry out studies of other fractions of biomass settlement, and economic analyzes.

PALAVRAS-CHAVE *KEY WORDS*

sequestro de carbono
MDL
Incremento Médio Anual

carbon sequestration
CDM
Mean Annual Increment

INTRODUÇÃO

A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma espécie classificada na família Lamiaceae e produz uma das madeiras mais belas e com excelente qualidade em todos os aspectos, podendo ser utilizada para as mais diversas finalidades. É considerada como insuperável na construção naval, sendo adequada para todo tipo de construção dentro e fora da água, bem como para interiores luxuosos e mobiliários de alto preço (LAMPRECHT, 1990; CALDEIRA; OLIVEIRA, 2008).

No Brasil, os plantios iniciaram-se no final da década de 1960, implantados pela empresa Cáceres Florestal S. A., na região do município de Cáceres, Mato Grosso, que possui características climáticas semelhantes às dos países de origem (MATRICARDI, 1989).

A floresta, por meio do processo da fotossíntese, tem a capacidade de fixar dióxido de carbono (CO₂). Esse serviço é particularmente importante no balanço global de carbono, com relevância acrescida face aos pressupostos estipulados pelo protocolo de Quioto, assim como ao panorama atual de alterações climáticas (SCHUMACHER; WISTSCHORECK, 2004).

O Protocolo de Quioto propõe aos países desenvolvidos a redução das emissões de CO₂ em 5,2% abaixo dos níveis verificados em 1990. Os países em desenvolvimento teriam um comprometimento mais genérico, podendo se inserir no protocolo por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), um mecanismo de flexibilização para viabilizar o cumprimento das metas de redução pelos países desenvolvidos, que contempla projetos de sumidouros de carbono, por meio do sequestro de carbono associados à florestamentos/reflorestamentos, e projetos de redução de emissão de gases do efeito estufa, como o uso de energia solar, eólica e hidrogênio, hidrelétrica, e o aumento da eficiência energética no uso de combustíveis, biomassa, entre outros (SEIFFERT, 2009).

As metodologias para obtenção da quantidade de carbono acumulado em povoamentos florestais, de modo geral, são baseadas no emprego de fatores e equações de biomassa, a partir de dados de inventário florestal, como diâmetro, altura, volume, ou até mesmo densidade média, por espécie ou tipo florestal, que após estimarem a biomassa, permite

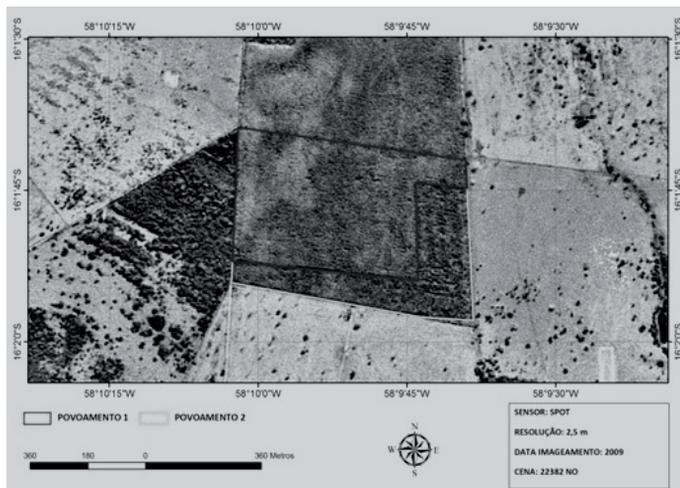
obter o carbono por meio de sua multiplicação pelo conteúdo do elemento presente na mesma (HIGUSHI *et al.*, 2004; SOMOGYI *et al.*, 2007; LINDNER; KARJALAINEN, 2007). Alguns autores consideram o teor de carbono como 50% da composição da biomassa (ALMEIDA *et al.*, 2010).

A partir de dados de inventário florestal, pode-se determinar relações alométricas utilizando variáveis como a densidade média, por espécie ou por tipo florestal, para converter volume de madeira em biomassa e posteriormente em carbono (LINDNER; KARJALAINEN, 2007). Alguns autores consideram o teor de carbono como 50% da composição da biomassa (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Diante desse consenso, este trabalho tem como objetivo demonstrar parte do potencial da inserção de reflorestamentos de teca no mercado de carbono, avaliando a quantidade de carbono estocado na porção madeira do tronco de um povoamento situado no município de Glória D'Oeste, Estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

A área onde foi realizado o estudo está localizada no município de Glória D'Oeste, Mato Grosso, entre os meridianos 58º e 59º Sul e paralelos 16º e 17º Oeste (Figura 1).



O relevo da área é classificado como Depressão do Rio Paraguai, tendo como característica o pediplano inumado. O solo é classificado como Laterita Hidromórfico álico, com alta saturação de alumínio, predominância de argila de atividade baixa e mudança textural marcante de arenoso no horizonte A para médio-arenoso no horizonte B. O clima é o Aw, com temperaturas médias entre 23°C e 25°C. A precipitação média anual não excede os 1500 mm, com os meses de maio a outubro considerados os mais secos. A região possui vegetação natural denominada Savana (cerrado) Arbórea Densa (BRASIL, 1982).

Os dados utilizados são provenientes de plantio de teca com idades de 9 e 12 anos, estabelecidos em espaçamento inicial de 3,0 m x 2,0 m, com mudas de origem seminal. O povoamento não possui registro de tratamentos silviculturais, e ocupa uma área total de 30,8733 hectares, sendo 20,0000 hectares com data do plantio em 28/04/1998, e 10,8733 hectares com data do plantio em 01/03/2001 (ZIECH, 2011).

Para a cubagem rigorosa, foram abatidas 32 árvores, sendo 16 em cada povoamento, seccionando-as nas alturas de 0,10; 0,50; 1,00; 1,30 m e, a partir desta, em distâncias de 1,00 m até a altura total, com medição dos diâmetros com e sem casca. De posse dos dados foi realizado o procedimento de cubagem pelo método de Smalian, obtendo os dados necessários para o estudo.

As variáveis dendrométricas, altura total e diâmetro a altura do peito (DAP), utilizadas para a estimativa do volume total de madeira nos troncos de um hectare do plantio, foram obtidas por meio da instalação ao acaso de seis parcelas temporárias de 30 m x 30 m para o plantio com 9 anos e mais seis parcelas, de mesmas dimensões, para o plantio com 12 anos, sendo que a altura não foi mensurada para todos os indivíduos de cada parcela. As variáveis altura total e DAP, foram medidas em 186 indivíduos com 9 anos e em 193 indivíduos com 12 anos, além do DAP de 516 indivíduos com 9 anos e 547 indivíduos com 12 anos.

Para a obtenção das estimativas da altura total para um maior número de indivíduos, os valores de DAP observados foram aplicados à equação de relação hipsométrica $h=27,40606895 - 131,2680982.(1/d)$ em que: h=altura total; e

d=diâmetro a altura do peito. A equação apresentou coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) igual a 0,761, erro padrão de estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$) de 8,22% e gráfico de resíduos satisfatórios (Figura 2).

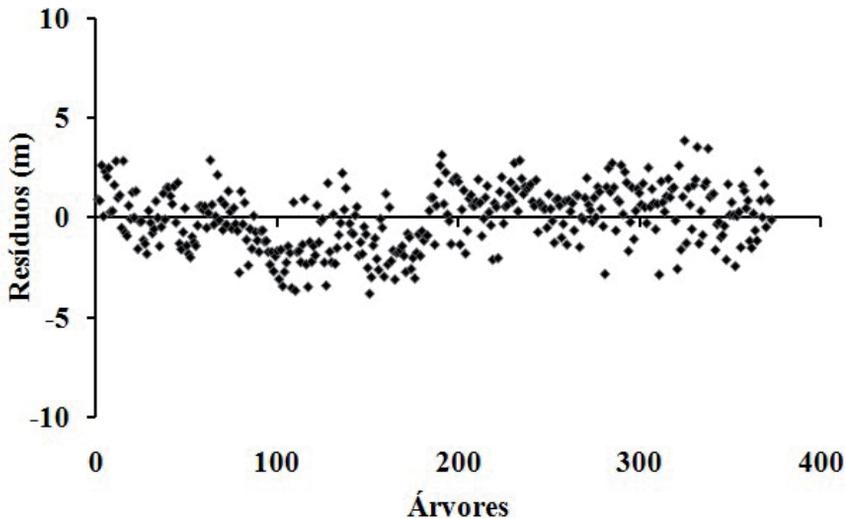


Figura 2 - Gráfico de resíduos do modelo de relação hipsométrica para *Tectona grandis* L.f., em Glória D'Oeste, MT, Brasil.

As equações de volume utilizadas neste estudo foram ajustadas por meio do pacote estatístico PSPP, sendo determinados os coeficientes b e as respectivas estatísticas: coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro padrão da estimativa relativo ($S_{yx}\%$), gráfico de resíduos, teste F e teste de significância t de Student, dos coeficientes b dos modelos. Os modelos avaliados foram os apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação dos modelos de volume do tronco, sem casca, testados para *Tectona grandis* L.f. em Glória D'Oeste, MT.

N.	Modelo	Autor
1	$v= b_0+b_1d$	Berkhout
2	$v=b_0+b_1.d^2$	Kopezky-Gehrhardt
3	$v= b_0+b_1(d.h)$	
4	$v= b_0+b_1(d^2.h)$	Spurr
5	$v=b_0+b_1.d+b_2.d^2$	Hohenadl-Krenn
6	$v=b_0+b_1(d.h)+b_2(1/h)$	
7	$v= b_0+b_1d^2+b_2(d^2.h)+b_3h$	Näslund
8	$v=b_0+b_1(d.h)+b_2(1/h)+b_3(d.h)^2$	
9	$v= b_0+b_1d^2+b_2(d^2.h)+b_3(d.h^2)+b_4h^2$	Näslund _(modificado)
10	$v=b_0+b_1d+b_2d^2+b_3(d.h)+b_4(d^2.h)+b_5h$	Meyer
11	$\text{Ln}(v)=b_0+b_1.\text{Ln}(d)$	Husch
12	$\text{Ln}(v)=b_0+b_1.\text{Ln}(d^2.h)$	Spurr
13	$\text{Ln}(v)= b_0+b_1.\text{Ln}(1/d^2h)$	
14	$\text{Ln}(v)= b_0+b_1.\text{Ln}(d)+b_2.\text{Ln}(h)$	Schumacher-Hall
15	$\text{Ln}(v)= b_0+b_1.\text{Ln}(d)+b_2.\text{Ln}(d)^2+b_3.\text{Ln}(h)+b_4.\text{Ln}(h)^2$	Prodan

v = volume sem casca (m^3); d = diâmetro a altura do peito (cm); h = altura total (m); b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 e b_5 = coeficientes de regressão; e Ln = logaritmo neperiano.

Para os modelos logarítmicos 11 a 15, a correção da discrepância na estimativa da variável dependente, ao se efetuar a operação inversa, foi realizada multiplicando-se o volume estimado pelo fator de correção de Meyer: $\text{Meyer} = e^{0,5.(S_{yx})^2}$, em que: e = exponencial; e S_{yx} = erro padrão da estimativa.

Para seleção do melhor modelo foi avaliado, de forma conjunta e respectivamente, o menor erro padrão da estimativa (S_{yx} %), o maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), não rejeição pelo teste F, coeficientes b significativos e ausência de tendência na análise gráfica de resíduos.

A quantidade de carbono fixado na madeira dos troncos das árvores do plantio foi estimada combinando fatores de conversão de volume para biomassa e de biomassa para conteúdo de carbono.

Para a obtenção do volume total de madeira nos troncos para um hectare, utilizou-se a equação que melhor descreve o volume em função dos parâmetros observados no inventário do plantio.

Selecionado o melhor modelo de volume que se ajustou aos pares de dados de altura total e diâmetro a altura do peito (DAP) das árvores cubadas, calculou-se o volume de madeira no tronco dos indivíduos mensurados nas parcelas temporárias. Em seguida, foi extrapolado o volume calculado para um hectare de plantio em cada idade, considerando 1.667 árvores por unidade da área citada.

Os fatores de conversão combinados na equação foram a densidade básica da madeira de teca, considerada como 0,650 g/cm³ (LIMA *et al.*, 2009), e o conteúdo de carbono, considerado como 50% da composição da biomassa. Sendo assim, a equação estruturada para estimativa do carbono fixado na madeira dos troncos de um hectare foi estabelecida da seguinte forma:

$$C = V \times D \times fC$$

Em que: C = Estimativa da quantidade de carbono fixado na madeira dos troncos de um hectare do povoamento de teca (Kg.ha⁻¹); V = Volume da madeira dos troncos de um hectare do povoamento de teca (m³); D = Densidade básica da madeira de teca (Kg.m⁻³); fC = Fator de conversão de biomassa para carbono (0,5).

Conhecendo a quantidade de carbono fixado na madeira dos troncos de um hectare do plantio, via extrapolação, calculou-se o total fixado para todo o povoamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise estatística dos dados, foram obtidos os parâmetros necessários para a seleção do melhor modelo que descreveu o volume do tronco sem casca em função da altura total e DAP. Na Tabela 2, podem ser observados os coeficientes b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 e b_5 , o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), o erro padrão da estimativa em porcentagem (S_{yx} %) e o teste F de seus respectivos modelos.

Os modelos ajustados 4, 5, 7, 8, 9, 10 e 15 foram descartados devido a um ou mais de seus coeficientes b não serem significativos de acordo com o teste de Student a 95% de probabilidade, não sendo então efetuada a análise da distribuição gráfica dos valores residuais.

Partindo da premissa de que o melhor modelo ajustado é aquele que apresenta o menor erro padrão de estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$) e o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) mais próximo de um, foram selecionados os modelos 11, 12, 13 e 14 para a análise do gráfico de resíduos (Figura 3).

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos dos modelos de volume do tronco, sem casca, para *Tectona grandis* L.f, em Glória D'Oeste, MT.

Nº	b0	b1	b2	b3	b4	b5	$S_{yx}\%$	$R^2_{aj.}$	F
1	-0,103050*	0,014450*					14,124	0,959	724,93*
2	-0,012300*	0,000514*					9,696	0,981	1570,30*
3	-0,046240*	0,000626*					14,599	0,956	676,45*
4	0,001480 ^{NS}	0,000026*					7,371	0,989	2744,83*
5	-0,011060 ^{NS}	-0,000192 ^{NS}	0,000520*				9,868	0,980	759,13*
6	-0,175740*	0,000797*	1,351860*				9,858	0,980	760,56*
7	0,005930 ^{NS}	-0,000162 ^{NS}	0,000034*	0,000009 ^{NS}			7,451	0,989	894,52*
8	-0,020290 ^{NS}	0,000156 ^{NS}	0,198210 ^{NS}	0,000001*			7,846	0,987	806,43*
9	0,007840 ^{NS}	-0,000134 ^{NS}	0,000031 ^{NS}	0,000004 ^{NS}	-0,000040 ^{NS}		7,583	0,988	648,00*
10	-0,016060 ^{NS}	0,006770 ^{NS}	-0,000484 ^{NS}	-0,000220 ^{NS}	0,000048 ^{NS}	-0,000099 ^{NS}	7,704	0,988	501,92*
11	-8,985320*	2,465000*					4,804	0,973	2603,18*
12	-10,268910*	0,967920*					3,058	0,989	5699,85*
13	-10,268910*	-0,967920*					3,058	0,989	5699,85*
14	-10,201180*	1,965600*	0,915120*				3,076	0,989	2765,93*
15	-10,265980*	1,805540 ^{NS}	0,029340 ^{NS}	1,102200 ^{NS}	-0,030970 ^{NS}		3,085	0,984	1288,80*

ns (não significativo); * (significativo a 5% de probabilidade).

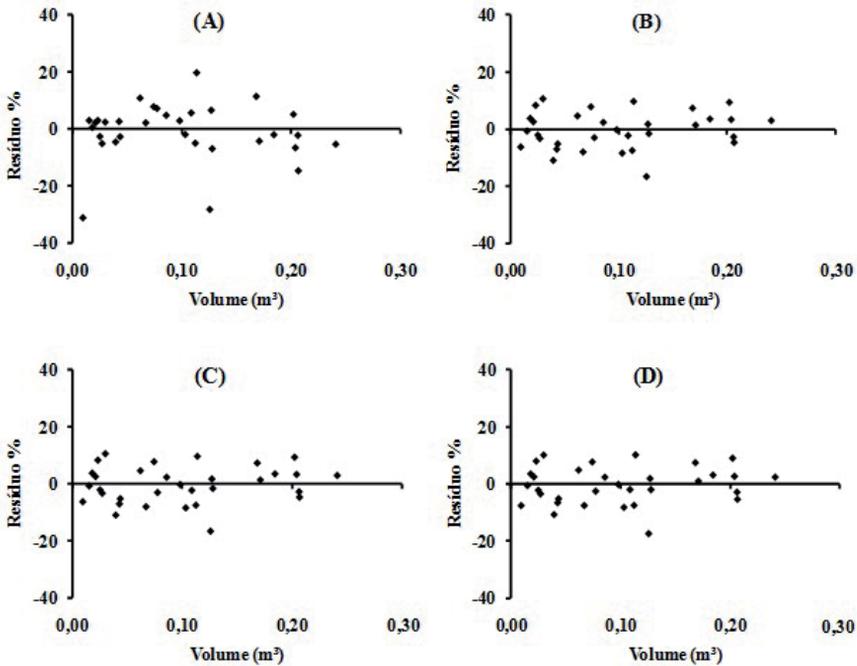


Figura 3 - Gráficos de resíduos dos modelos 11 (A), 12 (B), 13 (C) e 14 (D) para o volume do tronco, sem casca, para *Tectona grandis* L.f., em Glória D'Oeste, MT, Brasil.

O modelo 14 foi descartado, pois apresentou o erro padrão de estimativa em porcentagem ($S_{yx} \%$) 0,018% maior que o modelo 12 e 13, embora tenha apresentado o mesmo valor para o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{ajust.}$).

Os modelos 12 e 13 apresentaram os mesmos valores para o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{ajust.}$), o erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx} \%$) e o teste F, sendo eles, respectivamente, 0,989, 3,06 e 5699,9. Os gráficos dos resíduos também foram semelhantes, porém o fato de o modelo 12 não envolver fração na sua aplicação justificou a sua escolha dentre os demais.

As estimativas do volume de madeira no tronco, estoque e incremento médio anual de carbono (IMA) por hectare e idade do povoamento podem ser observadas nas Tabelas 3.

Tabela 3 - Volume de madeira no tronco, estoque e incremento médio anual de carbono por idade do povoamento de teca em Glória D'Oeste, MT, Brasil.

Variável	Idade do plantio	
	9 anos	12 anos
Vol. madeira no tronco ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	245,54	295,94
Carbono Estocado ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	79.801,26	96.179,34
IMA do estoque de carbono ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	8,9	8,0

Na Tabela 3, pode-se observar que houve uma diminuição no incremento médio anual do estoque de carbono da idade de 9 anos para a idade de 12 anos, isto pode ser devido à maior competição entre os indivíduos do povoamento de maior idade, uma vez que não houve tipo de tratamento silvicultural até obtenção dos dados do inventário.

Em estudos realizados por Almeida *et al.* (2010) no município de Santo Antônio do Leverger, MT, foram estimados 1,07, 2,75, 4,27, 13,41 e 22,15 toneladas de carbono por hectare em plantios de teca nas respectivas idades de 0,5, 1,5, 2,5, 3,5 e 5,5 anos, em espaçamento de 2,2 m x 3,0 m, o que demonstra semelhança relativa nos resultados conforme as idades, considerando o crescimento de forma sigmoideal das árvores.

Ribeiro *et al.* (2009), em uma floresta natural madura com pelo menos 100 anos, localizada no município de Viçosa, MG, utilizando a mesma metodologia descrita neste trabalho, encontraram uma estimativa de 83,34 t de C/ha nos fustes sem casca dos indivíduos englobados em uma área de 35 hectares, valor abaixo do encontrado para o plantio de teca estudado com 12 anos de idade.

Segundo Silveira (2010), após estudos realizados em maciços florestais no estado de Santa Catarina, a metodologia da derivação do volume comercial para estoque de biomassa e carbono, semelhante à metodologia utilizada neste estudo, apresenta resultados satisfatórios quando comparados aos resultados obtidos via modelos de regressão, dando maior confiabilidade aos resultados obtidos neste trabalho.

Por fim, analisando no âmbito do Protocolo de Quioto, ao considerar que a divisão do peso atômico da molécula de dióxido de carbono (44), produto comercializado no mercado de créditos de carbono, pelo

peso atômico da molécula de carbono (12) fornece um fator de conversão de 3,6667 (BALBINOT, 2004), podemos aferir que o povoamento de teca com 9 e com 12 anos apresentam sequestrados, respectivamente, 292,6 e 352,6 toneladas de CO₂.ha⁻¹.

CONCLUSÕES

O povoamento dissetâneo de teca em Glória D'Oeste, MT possui estocado na madeira do tronco de seus indivíduos, aproximadamente, 2.791,3 toneladas de carbono, o que equivale a 10.234,8 toneladas de dióxido de carbono capturados da atmosfera, sendo 79,8 t de carbono/ha para o plantio com 9 anos e 96,2 t de carbono/ha para o plantio com 12 anos.

O reflorestamento com teca parece ter potencial para inserção na modalidade de MDL no estado de Mato Grosso, porém estudos mais aprofundados devem ser realizados a fim de se obter informações sobre as demais frações componentes da parte aérea e subterrânea da espécie, assim como no solo e serapilheira presentes no povoamento, além de maiores informações referentes a sua viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. M.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; FINGER, Z. Determinação do estoque de carbono em teca (*Tectona grandis* L.f.) em diferentes idades. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 20, n. 4, p. 559-568, out./dez. 2010.
- BALBINOT, R. *Implantação de florestas geradoras de crédito de carbono: estudo de viabilidade no sul do estado do Paraná, Brasil*. 2004. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. *Projeto RADAMBRA-SIL*. Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 452 p.
- CALDEIRA, S. F.; OLIVEIRA, D. L. C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. *Acta Amazonica*, v. 38, n. 2, p. 223-228, 2008.
- HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; PINTO, A. C. M.; SILVA, R. M.; TRIBUZY, E. S. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 34, n. 3, p. 295-304, set./dez. 2004.

LAMPRECHT, H. *Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado*. Tradução de Guilherme de Almeida-Sedas e Gilberto Calcagnoto. Rossdorf: TZ – Verl. – Ges, 1990. 343 p.

LIMA, I. L.; FLORSHEIM, S. M. B.; LONGUI, E. L. Influência do espaçamento em algumas propriedades físicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. *Cerne*, Lavras, v. 15, n. 2, p. 244-250, 2009.

LINDNER, M.; KARJALAINEN, T. Carbon inventory methods and carbon mitigation potentials offorests in Europe: a short review of recent progress. *Europe Journal Forest Research.*, v. 126, p. 149-156, 2007.

MATRICARDI, W. A. T. *Efeito dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca (Tectona grandis L.f.) cultivada em Grande Cáceres – Mato Grosso*. 1989. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L.; NARDELLI, A. M. B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009.

SCHUMACHER, M. V.; WISTSCHORECK, R. Inventário de carbono em povoaamentos de *Eucalyptus* spp. nas propriedades fumageiras do sul do Brasil: um estudo de caso. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M. A. (Eds.). *Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas*. Curitiba: Edição do Autor, 2004. p. 111-124.

SEIFFERT, M. E. B. *Mercado de Carbono e Protocolo de Quioto*. 1. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2009. 205 p.

SILVEIRA, P. Estimativa da biomassa e carbono acima do solo em um fragmento de floresta ombrófila densa utilizando o método da derivação do volume comercial. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 789-800, out./dez. 2010.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, MUUKKONEN, P.; LEHTONEN, A.; WEISS, P. Indirect methods of large forest biomass estimation. *Europe Journal Forest Research*, Freising, Alemanha, v. 126, p. 197-207, 2007.

ZIECH, B. G. *Classificação da capacidade produtiva e índice de espaçamento relativo em dois povoamentos coetâneos de Tectona grandis Linn f. no município de Glória D'Oeste, Mato Grosso*. 2011. 31 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

