

Regiane Lima Roberto



DENSIDADE DA MADEIRA, BIOMASSA AÉREA E ESTOQUE DE CARBONO DE  
ÁRVORES EM TRÊS FITOFISIONOMIAS DA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA,  
BRASIL

Nova Xavantina  
Mato Grosso – Brasil  
2014

Regiane Lima Roberto

DENSIDADE DA MADEIRA, BIOMASSA AÉREA E ESTOQUE DE CARBONO DE  
ÁRVORES EM TRÊS FITOFISIONOMIAS DA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA,  
BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação  
em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de  
Mato Grosso como requisito parcial à obtenção do título  
de “Mestre”.

Orientadora: Profa. Dra. Beatriz Schwantes Marimon

Coorientador: Dr. Henrique Augusto Mews

Nova Xavantina  
Mato Grosso – Brasil  
2014

582.472

R642m Roberto, Regiane Lima

Densidade da madeira, biomassa aérea e estoque de carbono de árvores em três fitofisionomias da Transição Cerrado-Amazônia, Brasil. / Regiane Lima Roberto . - Nova Xavantina: 2014.

41 p. : Il.: 30 cm.

Orientadora: Prof. Dr. Beatriz Schwantes Marimon.

Coorientador: Dr. Henrique Augusto Mews

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, 2014.

1. Madeira – Densidade básica – Cerrado 2. Crédito de carbono. I.T

CDU:504.058

Permitida a reprodução total ou parcial desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Nilva Pereira Silva, CRB – 860, Universidade Federal do Mato Grosso, Centro Universitário do Araguaia, Campus Pontal do Araguaia.

**DENSIDADE DA MADEIRA, BIOMASSA AÉREA E ESTOQUE DE CARBONO DE  
ÁRVORES EM TRÊS FITOFISIONOMIAS DA TRANSIÇÃO CERRADO-  
AMAZÔNIA**

**REGIANE LIMA ROBERTO**

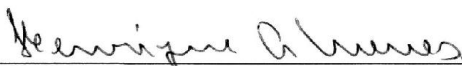
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso como requisito parcial à obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 24 de julho de 2014, pela BANCA EXAMINADORA:



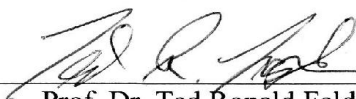
---

Prof. Dra. Beatriz Schwantes Marimon  
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT  
Departamento de Ciências Biológicas  
Orientadora



---

Dr. Henrique Augusto Mews  
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT  
Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação  
Coorientador



---

Prof. Dr. Ted Ronald Feldpausch  
University of Exeter  
Geography, College of Life and Environmental Sciences  
Membro Titular

---

Prof. Dr. Ben Hur Marimon Junior  
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT  
Departamento de Ciências Biológicas  
Membro suplente

Dedico este trabalho aos meus pais Lourival e Maria Luzimar e ao meu noivo Douglas pelo incentivo e por me ampararem em todos os momentos difíceis.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, pela vida e por todas as conquistas alcançadas.

Aos meus pais Lourival e Maria Luzimar pelo carinho, atenção e educação que me proporcionaram.

Ao meu noivo, Douglas José C. Gomes, por todo o apoio, compreensão e empatia.

À Profa. Dra. Beatriz Schwantes Marimon (Bia), minha orientadora, pela orientação, paciência, dedicação, confiança e por providenciar meios necessários para a execução deste trabalho.

Ao Dr. Henrique Augusto Mews, meu coorientador, pela paciência, amizade e grande contribuição para a estruturação do trabalho.

Ao Prof. Dr. Eddie Lenza por todo o apoio, atenção e contribuições oferecidas ao longo do curso de mestrado.

Aos Profs. Dr. Pedro V. Eisenlohr, Dr. Paulo M. Brando e ao Me. Divino V. Silvério por terem contribuído no esclarecimento de dúvidas sobre estatística, sempre com muita disposição.

Ao Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale e à Profa. Dra. Alba Valéria Rezende pelo treinamento oferecido, pois foi muito importante para o desenvolvimento deste estudo.

Aos meus amigos fiéis, que me ajudaram muito em todo este processo e principalmente em coletas de campo: Mônica Forsthofer, Leonardo Maracahipes, Josias Santos e Bianca de Oliveira.

Às amigas conquistadas no mestrado e que sempre vão permanecer, Mariângela e Fabiane.

A todos os alunos do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação das turmas de 2011, 2012 e 2013, pela boa convivência.

A todas as pessoas do Laboratório de Ecologia Vegetal que presenciaram várias etapas desta jornada.

Ao Eduardo Queiroz Marques pela confecção dos mapas das fitofisionomias estudadas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa concedida.

Enfim, agradeço a todos os colegas, amigos, familiares e professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, que contribuíram direta ou indiretamente para meu curso de mestrado, pois de alguma forma auxiliaram no meu crescimento pessoal e profissional.

## Sumário

RESUMO GERAL .....	VII
FORMATAÇÃO.....	VIII
<b>CAPÍTULO 1. DENSIDADE DA MADEIRA, DINÂMICA DA BIOMASSA AÉREA DE ÁRVORES E ESTOQUE DE CARBONO EM MATA DE GALERIA NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA*</b> .....	<b>1</b>
RESUMO.....	2
1. INTRODUÇÃO .....	3
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS .....	7
3.1 DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA .....	7
3.2 BIOMASSA AÉREA.....	11
3.3 ESTOQUE DE CARBONO .....	11
4. DISCUSSÃO.....	12
4.1 DENSIDADE DA MADEIRA .....	12
4.2 BIOMASSA AÉREA.....	14
4.3 ESTOQUE DE CARBONO .....	15
5. CONCLUSÕES.....	17
6. AGRADECIMENTOS.....	17
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18
<b>CAPÍTULO 2. DENSIDADE DA MADEIRA, DINÂMICA DA BIOMASSA AÉREA E ESTOQUE DE CARBONO DE ÁRVORES EM CERRADO E CERRADÃO NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA, BRASIL*</b> .....	<b>25</b>
RESUMO.....	26
1. INTRODUÇÃO .....	27
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3. RESULTADOS .....	31
4. DISCUSSÃO.....	36
5. CONCLUSÕES.....	38
6. AGRADECIMENTOS.....	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
APÊNDICE 1 .....	43

## Resumo Geral

Neste estudo, determinamos a densidade básica da madeira (Db), a biomassa aérea (B) e o estoque de carbono (EC) de árvores em três fitofisionomias no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso. Descrevemos a dinâmica da biomassa aérea temporal e espacial e estimamos o crédito de carbono no ano de 2013 para cada fitofisionomia estudada. Calculamos a Db a partir da coleta de amostras de madeira de árvores mediante o método indireto. Amostramos as árvores com diâmetro do tronco a 130 cm do solo (DAP)  $\geq 10$  cm para Mata de Galeria (Capítulo 1) ou com diâmetro do tronco a 30 cm do solo (DAS)  $\geq 5$  cm para Cerrado Típico (CT) e Cerradão (CD) (Capítulo 2). A média da Db das 91 espécies avaliadas na Mata de Galeria foi de  $0,64 \text{ g cm}^{-3}$ . A B aumentou entre 1999 e 2006 e manteve nos demais inventários, provavelmente por decorrência de distúrbios. O valor do EC foi superior aos registrados para o Bioma Cerrado e corresponderia a 113,43 créditos para negociação no mercado de carbono. A média da Db foi de  $0,64$  e  $0,65 \text{ g cm}^{-3}$  para CT e CD, respectivamente. A B aumentou entre os inventários no CT. O CD sempre apresentou maior B que o CT. Em 2013 o CT apresentou de 38,07 a 49,16 e o CD de 51,53 a 70,46  $\text{Mg ha}^{-1}$  de carbono. Recomendamos o uso da densidade básica da madeira para calcular a B destas fitofisionomias, visto que usar apenas o diâmetro resulta em superestimativas ou subestimativas dos valores de B. As fitofisionomias estudadas provavelmente são resistentes a distúrbios, pois apresentam tendência de aumento na densidade da madeira, B e EC ao longo do tempo. Provavelmente devido à proximidade geográfica com a Amazônia, estas comunidades apresentam maior B do que formações similares de outras regiões, o que garante maior potencial de geração de crédito de carbono. Os elevados valores de EC agregam valor monetário às Matas de Galeria, CT e CD da transição Cerrado-Amazônia e poderão servir de incentivo para proprietários rurais investirem em futuros projetos do sistema de Cota de Reserva Ambiental (CRA) e de mecanismo de desenvolvimento limpo.

**Palavras-chave:** Crédito de carbono; resistência, Cerrado.



## **Formatação**

A presente dissertação está dividida em dois capítulos. No primeiro, determinamos a densidade básica da madeira de árvores em três porções (alto, meio e baixo) de uma Mata de Galeria no Parque do Bacaba, Nova Xavantina- MT, para estimar a biomassa aérea da vegetação por meio de diferentes equações alométricas. Verificamos a dinâmica da biomassa em intervalo de 14 anos e estimamos o estoque e o crédito de carbono de toda a mata no ano de 2013. No segundo capítulo, determinamos a densidade básica da madeira (Db) de árvores em Cerrado Típico (CT) e Cerradão (CD) no Parque do Bacaba e estimamos a biomassa aérea a partir de duas equações alométricas. Descrevemos e comparamos a dinâmica temporal da biomassa aérea e da Db ao longo de 11 anos e entre CT e CD e estimamos o estoque e o crédito de carbono no ano de 2013 das duas fitofisionomias no ano de 2013.

**Capítulo 1. Densidade da madeira, dinâmica da biomassa aérea de árvores e estoque de carbono em Mata de Galeria na transição Cerrado-Amazônia\***

\*Será submetido à revista Journal of Forestry Research

## **Densidade da madeira, dinâmica da biomassa aérea de árvores e estoque de carbono em Mata de Galeria na transição Cerrado-Amazônia, Brasil**

### **Resumo**

Neste estudo, determinamos a densidade básica da madeira (Db), a biomassa aérea e o estoque de carbono (EC) de árvores em três porções de uma Mata de Galeria na transição Cerrado-Amazônia. Descrevemos a dinâmica da biomassa aérea ao longo de 14 anos e estimamos o crédito de carbono no ano de 2013 para toda a mata. Calculamos a Db a partir da coleta de amostras de madeira de árvores com diâmetro do tronco a 130 cm do solo (DAP)  $\geq$  10 cm mediante o método indireto. A média da Db das 91 espécies avaliadas foi de  $0,64 \text{ g cm}^{-3}$ . A biomassa aérea aumentou entre 1999 e 2006 e manteve nos demais inventários, provavelmente por decorrência de distúrbios. O valor do EC foi superior aos valores registrados para o Bioma Cerrado e corresponderia a 113,43 créditos para negociação no mercado de carbono. A proximidade geográfica com a Amazônia pode explicar esse resultado. Os elevados valores de EC agregam valor monetário às Matas de Galeria da transição Cerrado-Amazônia e poderão servir de incentivo para proprietários rurais investirem em futuros projetos do sistema de Cota de Reserva Ambiental (CRA).

**Palavras-chave:** floresta ribeirinha, densidade básica da madeira, carbono.

## 1. Introdução

O Bioma Cerrado possui grande biodiversidade e elevado nível de endemismo e está passando por intensa destruição de habitats naturais. Por isso, é considerado um dos 35 *hotspots* mundiais de conservação da diversidade biológica (Williams et al. 2011). O Cerrado ocupa grande extensão territorial (cerca de 2.000.000 km<sup>2</sup>) e tem ampla variação climática (Ribeiro e Walter 2008), topográfica e edáfica (Furley e Ratter 1988; Miranda et al. 2002). Assim, esse bioma também possui expressiva variação da vegetação e da distribuição da flora e forma unidades de paisagem e unidades ecológicas em média e larga escala geográfica (Bridgewater et al. 2004; Silva et al. 2006; Ratter et al. 2003). Em escala regional ocorrem formações savânicas, campestres e florestais, as quais muitas vezes formam mosaicos complexos (Furley e Ratter et al. 1988). Em escala local ocorrem distintas fitofisionomias do Cerrado (Ribeiro e Walter 2008) determinadas pelas queimadas (Furley e Ratter 1988, 2008, Hoffmann et al. 2003, 2012) e pelas propriedades físico-químicas dos solos (Ribeiro e Walter 2008, Reatto et al. 2008). Entre as formações florestais típicas do Bioma Cerrado ocorrem as matas de galeria, associadas a cursos d'água de pequeno porte, geralmente formando corredores contínuos e estreitos com brusca transição para as formações campestres e savânicas adjacentes (Ribeiro e Walter 2008). Essas matas apresentam espécies comuns às formações savânicas e florestais do Cerrado (Oliveira-Filho e Ratter 1995; Ribeiro e Walter 2008) e têm riqueza de espécies alta quando comparada às demais fitofisionomias do bioma (Felfili 1995). Assim, a conservação e a preservação das matas de galeria são de grande importância para o controle do fluxo da água dos mananciais, para a retenção de sedimentos e nutrientes, para fornecer alimentos, habitats e ainda servir de corredor de migração para a fauna (Pinto e Oliveira-Filho 1999).

A importância das matas de galeria também é reconhecida em lei, apesar do avanço da fronteira agrícola brasileira estar ameaçando a integridade dessas matas (Marimon et al. 2002). Neste caso, elevados índices de desmatamento e queimadas contribuem não só para a perda de grandes extensões do Cerrado, mas também para o aumento de emissões de gases de efeito estufa (GEE), especialmente o CO<sub>2</sub>, que em nível mundial corresponde a 60% do total das emissões e é resultado das atividades antrópicas (Carvalho et al. 2010).

Medidas acuradas para avaliar a quantidade de biomassa acumulada nos diferentes compartimentos da vegetação e métodos para quantificar o carbono nessa biomassa ainda são escassos (Higuchi et al. 1998, 2004; Chambers et al. 2001b, Fernandes et al. 2008). Desse

modo, o conhecimento dos teores de carbono e das quantidades estocadas na biomassa vegetal é de fundamental importância para o desenvolvimento de projetos de sequestro biológico ou de biofixação em ecossistemas e para a avaliação dos impactos que a retirada do material (biomassa) provoca no ambiente (Vieira et al. 2009).

Estudos quantificaram o estoque de carbono aéreo em diferentes fitofisionomias do Cerrado a partir de diferentes equações alométricas (Lopes e Miola 2010, Fernandes et al. 2008; Ribeiro et al. 2011; Paiva et al. 2011). Para essas estimativas da biomassa pode ser utilizada a densidade básica da madeira, a partir de métodos destrutivos (direto) (Nogueira et al. 2007) ou não-destrutivos (indireto) (Ribeiro et al. 2009). Os métodos destrutivos, apesar de permitirem a quantificação direta e acurada da biomassa, são mais demorados, onerosos, trabalhosos (Moreira-Burger e Delitti 2010) e impactantes para a comunidade devido à retirada dos indivíduos estudados. Por outro lado, os métodos não-destrutivos são boa opção para estimativas da biomassa de árvores em unidades de conservação ou áreas de preservação, pois reduzem os impactos na vegetação e o tempo de avaliação. Contudo, os métodos indiretos são menos precisos que os indiretos (Pillie Carrer 2006).

Assim, o presente estudo teve como objetivos: 1. Determinar pela primeira vez a densidade básica da madeira de árvores em três porções de uma Mata de Galeria na transição Cerrado-Amazônia, mediante o método não-destrutivo; 2. Estimar a biomassa aérea da vegetação a partir de diferentes equações alométricas; 3. Descrever e comparar a dinâmica temporal da biomassa aérea em um intervalo de 14 anos; 4. Estimar o estoque e o crédito de carbono para cada porção e para toda a mata de galeria no ano de 2013. Como diferentes porções das florestas podem ter distinta composição de espécies (Oliveira-Filho e Ratter 1995), densidade da madeira e variação no crescimento e acúmulo de biomassa (Nogueira et al. 2005), procuramos padrões de distribuição espacial ou temporal nesses parâmetros.

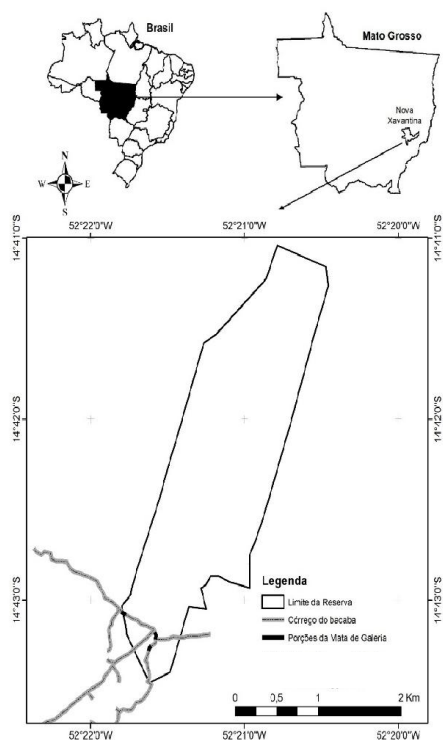
## **2. Material e métodos**

Realizamos este estudo no Parque Municipal do Bacaba (14°43'12,2"S e 52°21'36,7"W), município de Nova Xavantina, região leste de Mato Grosso (Figura 1). O Parque apresenta área de aproximadamente 500 ha, onde ocorrem vários tipos fitofisionômicos característicos do Cerrado (Marimon et al. 2002). A região apresenta clima tropical chuvoso, do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen (clima quente e

úmido), com estações seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março) definidas (Marimon et al. 2014). A precipitação média anual está entre 1.300 e 1.500 mm e as temperaturas médias em torno de 25°C (Marimon et al. 2010, 2014, Miguel et al. 2011a, 2011b).

A Mata de Galeria estudada está em bom estado de conservação e possui elevada riqueza de espécies arbóreas (Marimon et al. 2002). Em um gradiente topográfico, três porções dessa mata foram estudadas por Marimon et al. (2002, 2003, 2010), Miguel et al. (2011a, b) e Lagos e Marimon (2012), as quais representam distintos ambientes denominados alto, meio e baixo. A porção do alto localiza-se próxima à nascente do Córrego Bacaba e é caracterizada pela presença de litossolos rasos com afloramentos rochosos de quartzito. A porção do meio também apresenta afloramentos rochosos, mas a topografia é menos íngreme. A porção do baixo, situada próxima da foz, não apresenta rochas e a drenagem do solo é deficiente (Marimon et al. 2010).

Em 2001 a Mata de Galeria foi parcialmente atingida por queimada acidental causada pela prática de renovação de pastagens em áreas vizinhas. Durante esse evento, a porção do alto foi a mais afetada pelo fogo (Miguel et al. 2011a). Em 2008 ocorreu outra queimada acidental que atingiu quase que integralmente a mata (Elias et al. 2013).



**Figura 1.** Localização da Mata de Galeria estudada no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT em relação ao Estado de Mato Grosso e ao Brasil.

Realizamos inventários da vegetação arbórea (diâmetro a altura do peito -  $DAP_{130\text{ cm}} \geq 10\text{ cm}$ ) nos anos de 1999, 2006 (Marimon et al. 2002, Miguel et al. 2011a, b), 2011 e 2013. Utilizamos 47 parcelas ( $10 \times 10\text{ m}$ ) perpendiculares ao Córrego Bacaba para cada porção da mata de galeria. A lista de espécies das três porções da mata está disponível em Miguel et al. (2011a, b).

Para determinar a densidade básica da madeira amostramos entre três e cinco indivíduos vivos por espécie (83 espécies), com exceção daquelas que apresentaram baixa densidade de indivíduos (oito espécies). Selecionamos árvores com diâmetro do tronco a 130 cm do solo ( $DAP$ )  $\geq 10\text{ cm}$  e registramos o diâmetro de cada uma delas. Extraímos as amostras da madeira do tronco a 130 cm por meio do método não-destrutivo com Trado de Incremento de 5 mm de diâmetro de núcleo e três roscas (Haglöf Sweden). Determinamos a densidade básica da madeira de acordo com a norma NBR 11941-02 (ABNT 2003). Após a coleta, pesamos as amostras em balança de precisão (0,001g) para a determinação do peso úmido. Depois disso, levamos as amostras à estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , onde permaneceram até atingirem peso seco constante. Determinamos a densidade básica da madeira pela relação sugerida por Smith (1954):

$$\rho_{\text{bas}} = \frac{1}{\frac{M_v}{M_0} - 0,346}, \text{ onde } M_0 = \text{massa seca e } M_v = \text{massa verde.}$$

Classificamos a densidade básica da madeira das espécies em três grupos: leve ( $< 0,4\text{ g cm}^{-3}$ ), intermediária ( $0,4\text{ a } 0,69\text{ g cm}^{-3}$ ) e pesada ( $\geq 0,70\text{ g cm}^{-3}$ ), de acordo com amplitude da densidade da madeira encontrada na Mata de Galeria estudada e com informações de dureza da madeira da literatura. Para estimativas de biomassa aérea utilizamos as seguintes equações alométricas:

1) Chambers et al. (2001a):

$$B = \sum_1^n \exp\left[0,33(\ln D_i) + 0,933(\ln D_i)^2 - 0,122(\ln D_i)^3 - 0,37\right]$$

2) Baker et al. (2004a):

$$B = \sum_1^n \frac{\rho_i}{0,67} \left\{ \exp\left[0,33(\ln D_i) + 0,933(\ln D_i)^2 - 0,122(\ln D_i)^3 - 0,37\right] \right\}$$

3) Chave et al. (2005):

$$B = \rho \times \exp\left(-1,499 + 2,148 \ln(D) + 0,207(\ln(D))^2 - 0,281(\ln(D))^3\right)$$

Nestas equações,  $B$ = biomassa em kg,  $D_i$  e  $\rho_i$  representaram, respectivamente, o diâmetro à altura do peito em centímetros e a densidade básica da madeira em  $\text{g cm}^{-3}$  na planta  $i$ .

Para o cálculo do estoque de carbono consideramos que o carbono representa 48,5% da biomassa seca (Nogueira et al. 2008). O valor encontrado foi extrapolado para Megagramas (Mg) por hectare. Consideramos que a estimativa dos estoques de carbono corresponde à quantidade que foi retirada da atmosfera e se encontra aprisionada na biomassa aérea da planta (carbono orgânico) e que um megagrama desse carbono corresponde à 3,67 Mg de CO<sub>2</sub>, de acordo com Fernandes et al. (2008).

Comparamos a densidade básica média da madeira e a biomassa aérea entre as porções a partir de análise de variância (ANOVA *One Way*). Para dados com variâncias desiguais, aplicamos ANOVA com *F* de Welch (Zar 2010). Realizamos comparações das médias da biomassa aérea e da densidade básica da madeira de cada porção da mata (alto, meio e baixo) ao longo dos anos (1999, 2006, 2011 e 2013) mediante ANOVA para medidas repetidas. Quando os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram atendidos, empregamos o teste de Friedman seguido do teste de Wilcoxon (Zar 2010).

Para aferir os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias dos dados utilizamos o teste de Shapiro-Wilk e o teste de Levene, respectivamente (Zar 2010). Quando os pressupostos não foram atendidos, logaritimizamos os dados. Realizamos todas as análises no programa PAST 2.15 (Hammer et al. 2001) com 5% de significância.

### 3. Resultados

#### 3.1 Densidade básica da madeira

A densidade básica da madeira das 91 espécies avaliadas resultou em média de 0,64 g cm<sup>-3</sup>. As espécies com maior densidade foram *Platypodium elegans* (0,85), *Anadenanthera colubrina* (0,84) e *Mimosa laticifera* (0,80), enquanto as com menor densidade básica foram *Astrocaryum vulgare* (0,29), *Mauritia flexuosa* (0,30) e *Trema micranta* (0,41) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Densidade básica (Db) da madeira (gramas por cm<sup>3</sup>) por espécie e por porção da Mata de Galeria (A= alto, M= meio e B= baixo) no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina–MT. \*espécie com número de amostras insuficiente para obtenção de média. Espécies listadas em ordem decrescente de Db.

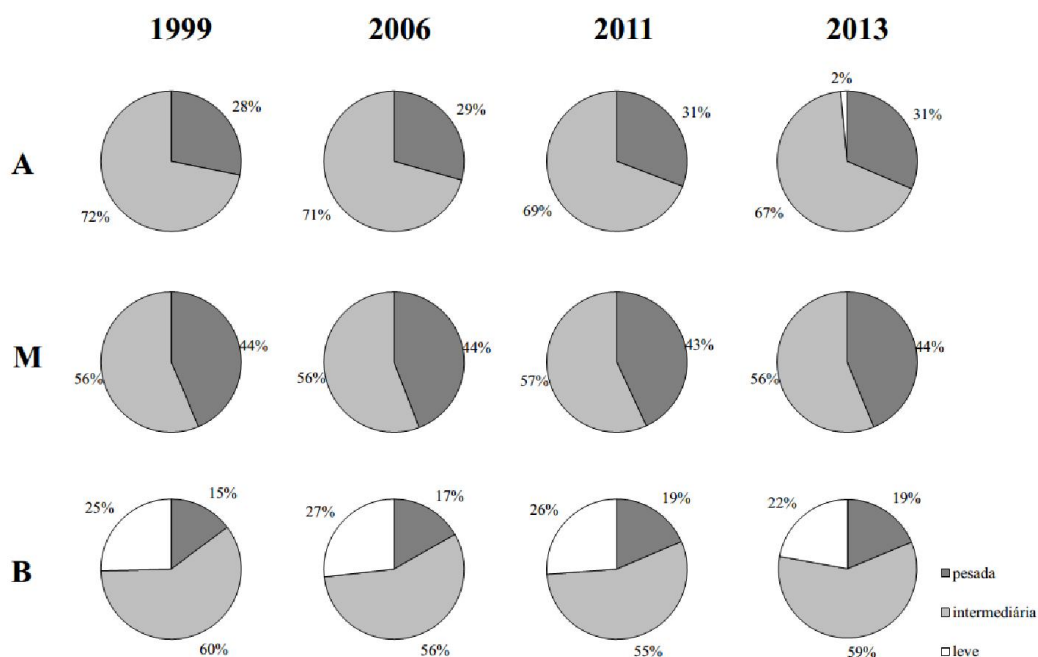
ESPÉCIE	FAMÍLIA	A	M	B	Db
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Fabaceae		X	X	0,85
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae		X		0,84
<i>Mimosa laticifera</i> Rizzini e A.Mattos	Fabaceae		X		0,80
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Fabaceae		X		0,80
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance	Chrysobalanaceae	X			0,79*



ESPÉCIE	FAMÍLIA	A	M	B	Db
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Sapindaceae	X	X	X	0,79*
<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. eMiq.) Baehni	Sapotaceae	X	X	X	0,78
<i>Licania blackii</i> Prance	Chrysobalanaceae	X	X	X	0,78
<i>Hymenae acourbaril</i> L.	Fabaceae	X	X		0,77
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Icacinaceae	X	X	X	0,76
<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze	Rubiaceae		X		0,76
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	X	X		0,75
<i>Maytenus floribunda</i> Reissek	Celastraceae		X		0,75
<i>Copaifera langsdorfii</i> (Miers) A.C.Sm.	Fabaceae	X	X		0,75
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Apocynaceae		X		0,75
<i>Ormosia excelsa</i> Benth.	Fabaceae			X	0,74
<i>Ephedranthus parviflorus</i> S. Moore	Annonaceae	X	X		0,73
<i>Apuleialeiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Fabaceae	X	X	X	0,73
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Fabaceae	X	X	X	0,73
<i>Licania gardneri</i> (Hook.f.) Fritsch	Chrysobalanaceae	X		X	0,72
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae			X	0,72
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Fabaceae	X	X	X	0,71
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	Fabaceae	X			0,71
<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	Burseraceae	X	X	X	0,71
<i>Physocalimma scaberrimum</i> Pohl	Lythraceae	X	X	X	0,71
<i>Ouratea castanaefolia</i> (DC.) Engl.	Ochnaceae	X			0,71
<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) A.DC.	Boraginaceae		X		0,70
<i>Ormosia coarctata</i> Jacq.	Fabaceae	X			0,70
<i>Diospyros obovata</i> Jacq.	Ebenaceae	X	X		0,69
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae		X		0,69
<i>Duguetia marcgraviana</i> Mart.	Annonaceae	X			0,69
<i>Diospyros ssericea</i> A.DC.	Ebenaceae	X			0,69*
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. eEichler) Pierre	Sapotaceae	X	X		0,69
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	Moraceae	X	X		0,69
<i>Mabea pohliana</i> (Benth.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	X	X	X	0,69
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	Chrysobalanaceae	X	X	X	0,68
<i>Aiouea saligna</i> Meisn.	Lauraceae	X	X		0,68
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart	Apocynaceae			X	0,68
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	X	X		0,68
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	X	X	X	0,67
<i>Licania apetala</i> (E.Mey.) Fritsch	Chrysobalanaceae	X	X		0,67
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Vochysiaceae	X			0,66
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	Fabaceae		X	X	0,66
<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	Malpighiaceae	X	X	X	0,66
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	X	X	X	0,66
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anacardiaceae	X	X		0,66
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae			X	0,65
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart	Apocynaceae	X	X	X	0,65
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	Calophyllaceae		X		0,65
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae		X		0,64
<i>Luehea candicans</i> Mart. eZucc.	Malvaceae	X	X	X	0,64
<i>Tapura amazonica</i> Poepp. eEndl.	Dichapetalaceae			X	0,64*
<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	Annonaceae	X	X		0,64
<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	Celastraceae	X	X		0,63*
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Bignoniaceae		X		0,63
<i>Campomanesia eugenioides</i> (Cambess.) D.Legrand ex Landrum	Myrtaceae		X		0,62*
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	Salicaceae			X	0,62*
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. e Planch.	Araliaceae	X		X	0,62

ESPÉCIE	FAMÍLIA	A	M	B	Db
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Siparunaceae			X	0,61
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae		X	X	0,61
<i>Cariniana rubra</i> Gardner ex Miers	Lecythidaceae			X	0,61
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll.Arg.) Woodson	Apocynaceae	X	X		0,61
<i>Vitex polygama</i> Cham.	Lamiaceae	X	X	X	0,61
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva e H.C. Lima	Fabaceae	X	X	X	0,61
<i>Endlicheria lhotzkyi</i> (Nees) Mez	Lauraceae			X	0,60
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Myrtaceae	X	X		0,60
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Phyllanthaceae	X			0,59
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	Burseraceae	X	X	X	0,59
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae		X		0,59*
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae		X	X	0,59
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	Ebenaceae			X	0,58
<i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson	Apocynaceae	X	X	X	0,58
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Calophyllaceae	X	X		0,57
<i>Unonopsis guatterioides</i> (A.DC.) R.E.Fr.	Annonaceae		X		0,56
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	Araliaceae	X		X	0,55
<i>Vochysia haenkeana</i> Mart.	Vochysiaceae		X		0,55
<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	Celastraceae	X			0,55
<i>Sterculia excelsa</i> Mart.	Malvaceae	X	X	X	0,55
<i>Coussarea platyphylla</i> Müll.Arg.	Rubiaceae	X	X	X	0,54
<i>Virola urbaniana</i> Warb.	Myristicaceae	X	X	X	0,54
<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	X		X	0,53
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. e Naudin	Malvaceae		X		0,52
<i>Ilex affinis</i> Gardner	Aquifoliaceae	X			0,48
<i>Oenocarpus distichus</i> Mart.	Arecaceae	X	X	X	0,47
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. e Zucc.) A.Robyns	Malvaceae			X	0,47
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Urticaceae	X	X	X	0,46
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Boraginaceae	X		X	0,45
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Malvaceae			X	0,42
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae			X	0,41
<i>Mauritia flexuosa</i> L. F.	Arecaceae			X	0,30
<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart	Arecaceae	X		X	0,29

No inventário de 2013 apareceram quatro indivíduos (1,53%) com madeira leve e desapareceram 32 (2,18%) com madeira intermediária na porção do alto (Figura 2). Na porção do baixo, ocorreram indivíduos de madeira leve durante todos os inventários, os quais representaram mais de 22% dos indivíduos em todo o período.



**Figura 2.** Classes de dureza baseadas na densidade média da madeira [leve ( $< 0,4 \text{ g cm}^{-3}$ ), intermediária ( $0,4$  a  $0,69 \text{ g cm}^{-3}$ ) e pesada ( $\geq 0,7 \text{ g cm}^{-3}$ )] ao longo dos anos para três porções (A= Alto, M= Meio e B= Baixo) da Mata de Galeria do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina–MT.

A média geral da densidade básica da madeira das espécies das três porções não diferiu ao longo dos anos (Tabela 2). Contudo, a porção do Baixo apresentou média menor do que as médias do Alto e Meio em todo período (Tabela 2).

**Tabela 2.** Média e desvio-padrão (por parcela) da densidade básica da madeira em  $\text{g cm}^{-3}$  ao longo dos anos para três porções (Alto, Meio e Baixo) de uma Mata de Galeria do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina–MT. \*\* $p < 0,01$  e <sup>ns</sup>= não significativo ( $p > 0,05$ ).

Porção	1999	2006	2011	2013	Teste
<b>Alto</b>	0,64(0,09) <sup>a</sup>	0,66(0,06) <sup>a</sup>	0,65(0,11) <sup>a</sup>	0,65(0,11) <sup>a</sup>	F= 1,62 <sup>ns</sup>
<b>Meio</b>	0,63(0,18) <sup>a</sup>	0,68(0,06) <sup>a</sup>	0,68(0,05) <sup>a</sup>	0,66(0,12) <sup>a</sup>	X <sup>2</sup> = 3,12 <sup>ns</sup>
<b>Baixo</b>	0,52(0,09) <sup>b</sup>	0,52(0,11) <sup>b</sup>	0,51(0,13) <sup>b</sup>	0,53(0,10) <sup>b</sup>	F= 1,45 <sup>ns</sup>
F <sub>Welch</sub>	19,21 <sup>**</sup>	44,28 <sup>**</sup>	35,4 <sup>**</sup>	21,94 <sup>**</sup>	

As médias seguidas de letras minúsculas são referentes ao teste Anova com F de Welch (F<sub>Welch</sub>) entre as porções em cada ano e devem ser analisadas por coluna. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os grupos.

### 3.2 Biomassa aérea

A biomassa aérea foi menor no ano de 1999 em relação aos outros inventários para as porções ao alto e baixo, independentemente da fórmula utilizada (Tabela 3). Entre as porções da mata, com base na fórmula F1, o meio teve biomassa maior do que o alto e baixo em 1999 (Tabela 3). Para as fórmulas F2 e F3 não foi registrada diferença entre as porções de mata, em todos os anos avaliados (Tabela 3).

**Tabela 3.** Biomassa aérea total ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) por equação alométrica (F1, F2 e F3) ao longo dos anos para três porções (Alto, Meio e Baixo) de uma Mata de Galeria no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina – MT. \*\* $p < 0,01$  e <sup>ns</sup>= não significativo ( $p > 0,05$ ).

<b>F1</b>	<b>1999</b>	<b>2006</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>	<b>Teste</b>
Alto	191,74 <sup>Bb</sup>	220,79 <sup>A</sup>	237,56	240,30	F=10,95 <sup>**</sup>
Meio	239,70 <sup>a</sup>	225,39	237,36	249,39	F=1,50 <sup>ns</sup>
Baixo	212,53 <sup>Bab</sup>	266,42 <sup>A</sup>	268,59	274,23	F=7,89 <sup>**</sup>
Teste	F <sub>w</sub> =7,18 <sup>**</sup>	F=1,92 <sup>ns</sup>	F=1,15 <sup>ns</sup>	F=0,87 <sup>ns</sup>	
<b>F2</b>					
Alto	191,64 <sup>B</sup>	220,38 <sup>A</sup>	236,41	236,33	F=10,47 <sup>**</sup>
Meio	241,24	228,65	241,54	252,30	F=1,74 <sup>ns</sup>
Baixo	134,92 <sup>B</sup>	174,46 <sup>A</sup>	183,39	191,04	F=10,16 <sup>**</sup>
Teste	F <sub>w</sub> =3,09 <sup>ns</sup>	F <sub>w</sub> =0,74 <sup>ns</sup>	F <sub>w</sub> =1,77 <sup>ns</sup>	F <sub>w</sub> =0,82 <sup>ns</sup>	
<b>F3</b>					
Alto	191,81 <sup>B</sup>	221,44 <sup>A</sup>	238,06	237,58	F=11,54 <sup>**</sup>
Meio	271,15	251,15	258,44	278,29	F=1,10 <sup>ns</sup>
Baixo	130,84 <sup>B</sup>	169,81 <sup>A</sup>	178,47	185,78	F=10,15 <sup>**</sup>
Teste	F <sub>w</sub> =3,43 <sup>ns</sup>	F <sub>w</sub> =0,76 <sup>ns</sup>	F <sub>w</sub> =0,92 <sup>ns</sup>	F <sub>w</sub> =0,98 <sup>ns</sup>	

Os valores totais de biomassa aérea seguidas de letras minúsculas são referentes ao teste ANOVA (F) ou ANOVA de Welch (F<sub>w</sub>) entre as porções em cada ano e devem ser analisados por coluna. Letras maiúsculas indicam a ANOVA para medidas repetidas (F) entre os anos e devem ser analisadas por linha. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os grupos.

### 3.3 Estoque de carbono

A vegetação da porção do alto estocou de 433,68 a 440,95  $\text{Mg ha}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  da atmosfera (Tabela 4). A porção do meio estocou de 557,65 a 510,68  $\text{Mg ha}^{-1}$  e o baixo os valores foram de 340,91 a 503,23  $\text{Mg ha}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  da atmosfera (Tabela 4).

**Tabela 4.** Carbono total ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) ao longo dos anos para três porções de uma Mata de Galeria do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina–MT. F1= equação 1, F2= equação 2 e F3= equação 3.

<b>F1</b>	<b>1999</b>	<b>2006</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>
Alto	92,99	107,08	115,22	116,55
Meio	116,25	109,31	115,12	120,95
Baixo	103,08	129,21	130,27	133,00
Média	104,11	115,2	120,2	123,5
<b>F2</b>				
Alto	92,95	106,88	114,66	114,62
Meio	117,00	110,9	117,15	122,37
Baixo	65,44	84,61	88,94	92,65
Média	91,8	100,8	106,92	109,88
<b>F3</b>				
Alto	93,03	107,4	115,46	115,23
Meio	131,51	121,81	125,34	134,97
Baixo	63,46	82,36	86,56	90,1
Média	96,00	103,86	109,12	113,43

## 4. Discussão

### 4.1 Densidade da madeira

A densidade da madeira é uma variável importante para aperfeiçoar estimativas de estoque de carbono em florestas tropicais, além de estar correlacionada com diversas propriedades ecológicas das espécies (Chave et al. 2006). Além disso, a partir da densidade da madeira é possível converter o volume da madeira em biomassa (Fearnside et al. 1997), especialmente quando o método indireto é usado para estimar a biomassa (Higuchi et al. 1998) da vegetação.

Em um estudo realizado em uma grande porção da América do Sul e avaliando cerca de 2.500 árvores, Chave et al. (2006) encontraram valor médio de densidade básica da madeira de  $0,645 \text{ g cm}^{-3}$ , ou seja, praticamente igual ao valor encontrado no presente estudo. Os referidos autores também encontraram valores entre  $0,60 \text{ g cm}^{-3}$  para as espécies da região Sudoeste da Amazônia a  $0,67 \text{ g cm}^{-3}$  para as espécies da região Central. Esses valores também são próximos aos encontrados para as porções do alto e meio e superiores às médias da porção do baixo do presente estudo. Da mesma forma, em uma savana Amazônica, o valor médio de densidade básica da madeira encontrado em Roraima (Jati et al. 2014) foi de  $0,59 \text{ g cm}^{-3}$ ,

semelhante ao registrado na porção do baixo aqui estudada. Assim, a similaridade da densidade básica da madeira das porções deste estudo com as florestas e savanas da Amazônia reforça a localização transicional, entre os biomas Cerrado e Amazônia, da Mata de Galeria do Córrego Bacaba, que também conta com muitas espécies tipicamente amazônicas.

No Brasil, alguns estudos utilizaram a densidade básica da madeira para estimar a biomassa aérea em florestas (Chave et al. 2006; Nogueira et al. 2007; Baker et al. 2004b). Neste caso, se considerarmos que as florestas da região sul-Amazônica são mais dinâmicas do que as da porção central (Malhi et al. 2006; Marimon et al. 2014), as árvores de menor estatura nessa região também apresentam menor densidade da madeira (Nogueira et al. 2008), tal como observado no presente estudo.

Baker et al. (2004a) e Chave et al. (2006) observaram que ocorre variação espacial na densidade da madeira nas florestas da Amazônia, assim como registramos entre as porções da mata do presente estudo. Nesse caso, a menor densidade básica da madeira na porção do baixo em relação às demais pode estar associada à presença de espécies pioneiras, conforme já observado por Chao et al. (2008). Isso está de acordo com nossos resultados, pois constatamos que a porção do baixo apresentou espécies de madeira leve em todos os inventários. Chave et al. (2006) ainda observaram que as florestas localizadas em áreas mais úmidas apresentariam menor densidade básica da madeira do que as florestas de áreas mais secas. Além disso, a dominância de espécies como *Mauritia flexuosa* e *Astrocaryum vulgare*, contribui para os menores valores de densidade da madeira na porção do baixo, já que monocotiledôneas apresentam baixa densidade da madeira e adaptações para sobreviver em solos alagáveis (Miguel et al. 2011a).

Apesar da mata avaliada neste estudo apresentar histórico de duas queimada acidentais (2001 e 2008) durante os períodos inventariados e estar situada na região que foi afetada por dois intensos eventos de seca (2005 e 2010) (Lewis et al. 2011; Marengo et al. 2011), a média da densidade básica da madeira não diferiu para nenhuma porção ao longo de 14 anos. Entretanto, apesar da densidade média da madeira não ter diferido ao longo do tempo, em 2013 foi registrada pela primeira vez a presença de espécies de madeira leve na porção do alto. Isso pode indicar que em médio prazo essa porção estará sujeita a mudanças na sua composição de espécies e poderá passar por perturbações do seu ciclo silvigenético (Machado e Oliveira-Filho 2010), de modo que estudos posteriores são indispensáveis para verificar a manutenção ou não desta tendência.

Por outro lado, o fato de a densidade básica média da madeira ter se mantido ao longo dos anos nas três porções da Mata de Galeria pode sugerir que o fogo e a seca não

interferiram na dinâmica da comunidade. Este fato revela a resistência e a resiliência dessa Mata de Galeria em relação à densidade da madeira ao longo dos anos inventariados.

#### 4.2 Biomassa aérea

No Brasil, a quantificação da biomassa aérea geralmente é feita a partir de métodos destrutivos (Ribeiro et al. 2011; Moreira-Burger e Delitti 1999; Forster e Melo 2007; Lacerda et al. 2009) baseados em diferentes metodologias. Algumas equações alométricas foram desenvolvidas para determinadas espécies (Salis et al. 2006) ou tipos de vegetação (Higuchi et al. 1998; Feldpausch et al. 2012). Nas equações desenvolvidas para estimar a biomassa aérea são utilizados dados como DAP (diâmetro a 1,30 cm do solo) e/ou densidade básica da madeira (Nelson et al. 2006). Essa última variável é considerada muito importante para estimar a biomassa aérea e garantir resultados confiáveis (Fearnside et al. 1997; Nogueira et al. 2008).

No presente estudo, as porções do alto e do meio apresentaram valores de biomassa aérea superiores ao valor médio estimado para florestas de Terra Firme na Amazônia ( $177 \text{ t C ha}^{-1}$ ) (Houghton et al. 2001). Já a porção do baixo apresentou estimativa de biomassa próxima deste valor médio apenas quando a densidade básica da madeira foi considerada na equação alométrica. De forma geral, independentemente da fórmula utilizada, os valores de biomassa das três porções da mata do Bacaba foram muito próximos ao valor médio registrado por Nogueira et al. (2008), de  $240 \text{ Mg ha}^{-1}$  para florestas abertas da região sul-Amazônica. As equações que incluem a variável densidade básica da madeira nos cálculos resultaram em menores valores de biomassa aérea do que aqueles obtidos a partir da equação que utiliza apenas o DAP. No caso da porção do baixo, que apresenta maior número de indivíduos e espécies pioneiras, usar apenas o DAP para estimar a biomassa aérea pode resultar em valores superestimados em até 60%. Ao avaliarem florestas da Amazônia, Nogueira et al. (2008) ressaltaram a importância do uso de equações alométricas apropriadas para cada tipo de floresta e verificaram que aquelas equações que desconsideram a densidade da madeira tendem a superestimar os valores de biomassa, tal como observado no presente estudo.

O fogo ocorrido em 2001 e o evento de seca registrado em 2005 (Miguel et al. 2011a; Marengo et al 2011) não impediram o aumento da biomassa aérea das porções do alto e baixo entre 1999 e 2006. Considerando que o intervalo entre estes inventários foi de sete anos, podemos inferir que as perturbações durante este período não causaram redução da biomassa, o que sugere resiliência nessas porções. Entretanto, esses eventos somados ao fogo de 2008 e outra seca em 2010 (Lewis et al. 2011; Elias et al. 2013) podem ter influenciado os demais

resultados e causado a manutenção temporal dos valores médios da biomassa, uma vez que nos inventários posteriores não foi observada diferença ao longo dos anos.

A porção do meio apresenta solos com maiores valores de pH e concentrações de cátions trocáveis (Marimon et al. 2010) e a estrutura da vegetação foi menos afetada pelo fogo de 2001 (Miguel et al. 2011b). Nesse caso, o fato de a biomassa aérea não ter diferido entre os anos inventariados pode ser explicado por características intrínsecas dessa comunidade, a qual seria mais resistente ou resiliente em relação aos distúrbios.

#### 4.3 Estoque de Carbono

O estoque de carbono em vegetações florestais é um mecanismo valioso para o controle de CO<sub>2</sub> atmosférico (Chambers et al. 2001b). Diferentes metodologias têm sido aplicadas para estimar o estoque de carbono em áreas florestais da Amazônia (Chambers et al. 2001b) e Mata Atlântica (Melo e Durigan 2006). Para áreas de Cerrado ainda são poucos os estudos que quantificam o estoque de carbono (Fernandes et al. 2008; Paiva et al. 2011) e estes foram realizados em diferentes fitofisionomias do bioma. A padronização de metodologias aplicadas na estimativa de estoque de carbono contribuirá com informações mais confiáveis em estudos futuros de quantificação de carbono em áreas de Cerrado, bem como para a realização de projetos para o mercado de carbono.

Os valores do estoque de carbono estimados no presente estudo foram superiores aos encontrados em outros trabalhos no Bioma Cerrado e em diferentes fitofisionomias (Rezende et al. 2006; Fernandes et al. 2008; Paiva et al. 2011). Entretanto, a mata estudada, apesar de estar localizada no Bioma Cerrado, está geograficamente muito próxima da Amazônia e apresenta em sua composição florística muitas espécies tipicamente amazônicas (Marimon et al. 2001). Esta proximidade poderia explicar o maior estoque de carbono observado nesta mata em relação a outras estimativas realizadas para florestas do Cerrado.

Apesar da importância da manutenção das Matas Ciliares e de Galeria ser amplamente reconhecida, especialmente em função da conservação de mananciais (Rodrigues et al. 2000), após a aprovação do novo Código Florestal, Mato Grosso passou a ocupar o segundo lugar dentre os estados que ficarão com os maiores débitos ambientais em termos de Áreas de Preservação Permanente Ripárias (APPs). Nesse estado, a redução estimada é de quase meio milhão de hectare de florestas ciliares ou de galeria (Soares-Filho et al. 2014). Isso reforça a importância de ampliarmos os estudos nessas florestas, não apenas para incentivar a preservação destas áreas, mas também para avaliar de maneira mais criteriosa o valor



monetário envolvido na manutenção das florestas ripárias e o possível retorno econômico que a preservação das mesmas poderá representar aos proprietários rurais.

O novo Código Florestal, aprovado em 2012, estabeleceu regras que poderão representar grande impacto negativo na conservação da biodiversidade do Cerrado e da Amazônia e em programas de recuperação de áreas degradadas. Entretanto, o novo código prevê novos mecanismos que poderão ser voltados ao manejo do fogo, aos créditos de carbono e o pagamento pelos serviços do ecossistema (Soares-Filho et al. 2014). Os referidos autores ressaltam ainda que um dos benefícios do novo código florestal foi a criação da Cota de Reserva Ambiental (CRA), que é um título nominativo concedido a áreas intactas ou com vegetação nativa em regeneração, que excedem o mínimo exigido pelo Código Florestal. Isso permite que um proprietário venda essa cota excedente para outra propriedade que tenha uma dívida ambiental. Neste caso, um elemento-chave no processo de implantação do sistema de cotas (CRA) será a criação de um mercado de áreas florestadas, que adicionará valor monetário à vegetação nativa.

Atualmente os principais contratos de créditos de carbono são negociados pela Bolsa do Clima de Chicago (CCX), pela Bolsa do Clima da Europa (ECX) e pela Bolsa Intercontinental (ICE). A redução da emissão de 1 Mg de carbono equivale a 1 CER (certificado de emissão reduzida) (Rocha 2003). De acordo com a cotação do dia 05 de junho de 2014, a tonelada de carbono da ICE foi de US\$ 5.58 e da ECX de € 10,00 (PointCarbon 2014). Considerando que, para o ano de 2013, cada hectare da Mata de Galeria estudada apresentou 113,43 Mg de carbono, teríamos 113,43 créditos para negociação no mercado de carbono, cujos valores estimados seriam, de acordo com a cotação do Banco Central do Brasil em 06/06/2014, de R\$ 1.420,14 (ICE) ou R\$ 3.470,96 (ECX).

Os valores dos certificados podem apresentar variação de acordo com os países envolvidos na negociação, data da aplicação e tipo de vegetação (Bioma) preservada. Os investimentos em certificações de carbono têm aumentado rapidamente nos últimos anos e atualmente foram avaliados em US\$ 39 bilhões, segundo o relatório “*State and trends of carbon pricing*” (WBG 2014). Assim, os cálculos realizados para a floresta aqui estudada evidenciam que os valores monetários de comercialização de créditos de carbono são atrativos e podem incentivar a implementação de novos projetos de preservação e recuperação de florestas para a transição Cerrado-Amazônia.

## **5. Conclusões**

A Mata de Galeria estudada mostrou-se resiliente e resistente aos distúrbios como fogo e seca, de forma que eles foram suficientes para alterar os valores médios de densidade básica da madeira ao longo de 14 anos. Entretanto, o valor médio da densidade básica da madeira diferiu entre as porções de mata, confirmando o padrão de variação espacial já registrado para outras florestas da Amazônia.

A biomassa da mata estudada foi similar a outras florestas da borda sul-amazônica e os valores aumentaram nos primeiros sete anos, apesar da ocorrência de distúrbios. Entretanto, nos sete anos seguintes a biomassa não se alterou, provavelmente em função de novos eventos de distúrbios, que podem ter representado efeito cumulativo e negativo sobre a vegetação.

Os elevados valores do estoque de carbono registrados para a Mata de Galeria do Córrego Bacaba, em comparação com outras vegetações do Bioma Cerrado, podem ser explicados pela proximidade geográfica com a Amazônia e a ocorrência de árvores de grande porte típicas daquele bioma. Os valores do estoque de carbono também concedem à mata estudada elevado valor monetário, o qual poderá servir de incentivo aos proprietários rurais na restauração e preservação de APPs e na valoração da vegetação nativa de suas propriedades como elementos de negociação em futuros projetos do sistema de Cota de Reserva Ambiental (CRA).

## **6. Agradecimentos**

Ao projeto “Transição Cerrado-Floresta Amazônica: bases ecológicas e sócioambientais para a conservação”, CNPq/PELD (Proc. 403725/2012-7) pelo financiamento da pesquisa e às pessoas envolvidas direta e indiretamente com esse projeto pelo suporte e ajuda em campo.

## 7. Referências Bibliográficas

- BAKER, T. R.; PHILLIPS, L. O.; MALHI, Y.; ALMEIDAS, S.; ARROYO, L.; DI FIORE, A.; ERWIN, T.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, S. G.; LEWIS, S. L.; LOOYD, J.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; PATIÑO, S.; PITMAN, N. C. A.; SILVA, N. M. e MARTÍNEZ, R. V. 2004a. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*. v.10, p.545–562.
- BAKER, T. R.; PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; DI FIORE, A.; ERWIN, T.; HIGUCHI, N.; KILLEN, T. J.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; VARGAS, P. N.; PITMAN, N. C. A.; SILVA, J. N. M. e MARTÍNEZ, R. V. 2004b. Increasing biomass in Amazonian forest plots. *The Royal Society* v. 359, p. 353–365.
- BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A. e RIBEIRO, J. F. 2004. Biogeographic patterns, B-diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v. 13, p. 2295–2318.
- CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. e CERRI, C. E.P. 2010. Potencial de Sequestro de Carbono em Diferentes Biomassas do Brasil. *Revista Brasileira Ciência e Solo* v. 34, p. 277-289.
- CHAMBERS, J. Q.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J. e HIGUCHI, N. 2001a. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. *Forest Ecology and Management* v. 152, p. 73-84.
- CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; TRIBUZY, E. S. e TRUMBORE, S. E. 2001b. Carbon sink for a century intact rainforests have a long-term storage capacity. *Nature* v. 410, p.429.
- CHAO, K. J.; PHILLIPS, O. L. e BAKER, T. R. 2008. Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape. *Can. J. For Res.* v.38, p.795-805.
- CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M. A.; CHAMBERS, J. Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J. P.; NELSON, B. W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B. e YAMAKURA, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* v. 145, p. 87–99.
- CHAVE, J.; MULLER-LANDAU, H. C.; BAKER, T. R.; EASDALE, T.A.; STEEGE, H. T. e WEBB, C. O. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecological Applications* v.16, p. 2356–2367.

- CIANCIARUSO, M. V. & BATALHA, M. A. 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia e Comunidades. *Biota Neotropica* v.9, p.93–103.
- ELIAS, F.; MARIMON, B.S.; GOMES, L.; FORSTHOFER, M.; ABREU, M.F.; REIS, S.M.A.; LENZA, E.; FRANCAZAK, D.D.; MARIMON-JUNIOR, B.H. 2013. Resiliência de um cerrado submetido a perturbações intermediárias na transição Cerrado-Amazônia. *Biotemas* v. 26, p. 49–61.
- FEARNSIDE, P. M. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* v.90, p.59–87.
- FELDPAUSCH, T.R.; LLOYD, J.; LEWIS, S.L.; BRIENEN, R.J.W.; GLOOR, E.; MENDOZA, A.M.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; BANIN, L.; SALIM, K.A.; AFFUMBAFFOE, K.; ALEXIADES, M.; ALMEIDA, S.; AMARAL, I.; ANDRADE, A.; ARAGÃO, L.E.O.C.; ARAUJO-MURAKAMI, A.; ARETS, E.J.M.M.; ARROYO, L.; AYMARD, G.A.; BAKER, T.R.; BANKI, O.S.; BERRY, N.J.; CARDOZO, N.; CHAVE, J.; COMISKEY, J.A.; DAVILA, E.A.; OLIVEIRA, A.; FIORE, A.; DJAGBLETEY, G.; DOMINGUES, T.F.; ERWIN, T.L.; FEARNSIDE, P. M.; FRANCA, M.B.; FREITAS, M.A.; HIGUCHI, N.; HONORIO, E.; IIDA, Y.; JIMENEZ, E.; KASSIM, A.R.; KILLEEN, T.J.; LAURANCE, W.F.; LOVETT, J.C.; MALHI, Y.; MARIMON, B.S.; MARIMON-JUNIOR, B.H.; LENZA, E.; MARSHALL, A.R.; MENDOZA, C.; METCALFE, D.J.; MITCHARD, E.T.A.; NEILL, D.A.; NELSON, B. W.; NILUS, R.; NOGUEIRA, E.M.; PARADA, A.; PEH, K.S.H.; PENACRUZ, A.; PENUELA, M.C.; PITMAN, N.C.A.; PRIETO, A.; QUESADA, C.A.; RAMIREZ, F.; RAMIREZ-ANGULO, H.; REITSMA, J.M.; RUDAS, A.; SAIZ, G.; SALOMAO, R. P.; SCHWARZ, M.; SILVA, N.; SILVA-ESPEJO, J.E.; SILVEIRA, M.; SONKE, B.; STROPP, J.; TAEDOUNG, H.E.; TAN, S.; STEEGE, H.T.; TERBORGH, J.; TORELLO-RAVENTOS, M.; HEIJDEN, G.M.F.; VASQUEZ, R.; VILANOVA, E.; VOS, V.; WHITE, L.; WILCOCK, S. ;WOELL, H. PHILLIPS, O. 2012. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences* v.9, p. 3381–3403.
- FELFILI, J. M. 1995. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in Central Brazil. *Springer* v.117, p. 1–15.
- FERNANDES, A. H. B. M.; SALIS, S. M.; FERNANDES, F.A.; CRISPIM, S.M. A. 2008. Estoques de Carbono do Estrato Arbóreo de Cerrados no Pantanal da Nhecolândia. *Embrapa Pantanal*. Comunicado técnico, documento 68. p.1–5.
- FORSTER, H. W. e MELO, A. C. G. 2007. Biomassa aérea e de Raízes em árvores de reflorestamento heterogêneos no Vale do Paranapanema, SP. *IF. Sér. Reg.* p. 153-157.

- FURLEY, P. A. e RATTER, J. A. 1988. Soil Resources and plant communities of the Central Brazilian Cerrado and their development. *Journal of Biogeography* v.15, p. 97–108.
- HAMMERØ.; HARPER DAT e RYAN PD. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontological Electronica* v.4, p. 9.
- HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; PINTO, A. C. M.; SILVA, R. P.; ROCHA, R. M. e TRIBUZY, E. S. 2004. Dinâmica e balanço de carbono da vegetação primária da Amazônia central. *Floresta* v. 34, p. 295–304.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, BIOT, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica* v. 28, p. 153–166.
- HOFFMANN, W. A.; GEIGER, E. L.; GOTTSCH, S. G.; ROSSATTO, D. R.; SILVA, L. C. R.; LAU, O. L.; HARIDASAN, M. e FRANCO, A. C. 2012. Ecological thresholds at the savana-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. *Ecology Letters* v. 2012.
- HOFFMANN, W. A.; ORTHEN, B. e NASCIMENTO, P. K. V. 2003. Comparative fire ecology of tropical savanna and forest trees. *Functional Ecology*. v. 17, p.720–726.
- HOUGHTON, R. A.; LAWRENCE, K. T.; HACKLER, J. L. e BROWN, S. 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. *Global Change Biology* v.7, p. 731–746.
- JATI, S. R.; FEARNSIDE, P. M. e BARBOSA, R. I. 2014. Densidade da madeira de árvores em savanas do norte da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica* v.44, p.79–86.
- LACERDA, J. S.; COUTO, H. T. Z.; HIROTA, M. M.; PASISHNYK, N. e POLIZEL, J. L. 2009. Estimativas da biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas. *METRVM* p. 1-23.
- LAGOS, M. C. C. e MARIMON, B. S. 2012. Chuva de sementes em uma floresta de galeria no Parque do Bacaba, em Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. *Revista Árvore* v.36, p. 311–320.
- LEWIS, S. L.; BRANDO, P. M.; PHILLIPS, O. L.; VAN DER HEIJDEN, G. M. F.; NEPSTAD, D., e HEIJDEN, G. M. F. V. D. 2011. The 2010 Amazon Drought. *Science* v. 331, p. 554.
- LOPES, R.B. e MIOLA, D.T.B. 2010. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do cerrado. *SynThesis Revista Digital FAPAM Pará de Minas*, v.2, p. 127–143.

- MACHADO, E.L.M. e OLIVEIRA-FILHO, A. T. 2010. Spatial patterns of tree community dynamics are detectable in a small (4 ha) and disturbed fragment of the Brazilian Atlantic forest. *Acta Botanica Brasilica* v. 24, p 250–261.
- MALHI, Y.; WOOD, D.; BAKER, T.; WRIGHT, J.; PHILLIPS, O.L.; COCHRANE, T.; MEIR, P.; CHAVE, J.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T.; LAURANCE, S.G.; LAURANCE, W.F.; LEWIS, S.L.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D.A.; VARGAS, P.N.; PITMAN, N.C.A.; QUESADA, C.A.; SALOMÃO, R.; SILVA, J.N.M.; LEZAMA, A.T.; TERBORGH, J.; MARTÍNEZ, R.V. & VICENTI, B. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology* v. 12, p. 1–32.
- MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R. e RODRIGUEZ, D. A. 2011. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical research letters* v. 38, p. 1-5.
- MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M. e LIMA, E. S. 2002. Floristics and phytosociology of the gallery Forest of the Bacaba stream, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany*, v.59, p.303–318.
- MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; LIMA, E. S. DUARTE, W. M. G. e MARIMON-JUNIOR, B. H. 2010. Environmental determinants for natural regeneration of gallery forest at the Cerrado/Amazonia boundaries in Brazil. *Acta Amazonica* vol.40, p.107–118.
- MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; LIMA, E. S. e RODRIGUES, A. J. 2001. Distribuições de circunferências e alturas em três porções da mata de galeria do córrego do Bacaba, Nova Xavantina-MT. *Revista Árvore* v.25, p.335–343.
- MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; FELDPAUSCH, T. R.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; MEWS, H. A.; LOPEZ-GONZALES, G.; LLOYD, J.; FRANCAZAK, D. D.; OLIVEIRA, E. A.; MARACAHIPES, L.; MIGUEL, A.; LENZA, E. e PHILLIPS, O. L. 2014. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-cerrado transition zone in Southern Amazonia. *Plant Ecology e Diversity*. v.7, p.281-292.
- MELO, A. C. G. e DURIGAN, G. 2006. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Scientia Florestalis* p.149–154.
- MIGUEL, A.; MARIMON, B. S.; MARACAHIPES, L.; OLIVEIRA, E. A. e MARIMON-JUNIOR, B. H. 2011b. Mudança na estrutura da vegetação lenhosa em três porções da mata de galeria do córrego Bacaba (1999–2006), Nova Xavantina-MT. *Revista Árvore*, v.35, p. 725–735.

- MIGUEL, A.; MARIMON, B. S.; OLIVEIRA, E. A.; MARACAHIPES, L e MARIMON-JUNIOR, B. H. 2011a. Dinâmica da comunidade lenhosa de uma floresta de galeria na transição Cerrado-Floresta Amazônica no Leste de Mato Grosso, em um período de sete anos (1999 a 2006). *Biota Neotropica*. v.11, p. 53–61.
- MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L.e REBELO, G. H. 2002. Community structure of woody plants of Roraima savannahs, Brazil. *Plant Ecology*, v. 164, p. 109–123.
- MOREIRA-BURGER, D. e DELITTI, W. B. C. 1999. Fitomassa epigéa da mata ciliar do rio Mogi-Guaçu, Itapira - SP. *Revista Brasileira de Botânica* v.22, p.429–435.
- MOREIRA-BURGER, D. e DELITTI, W. B. C. 2010. Modelos preditores da fitomassa aérea da Floresta Baixa de Restinga. *Revista Brasileira de Botânica* v.33, p.143–153.
- MYERS, N.R.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* v.403, p.853–858.
- NOGUEIRA, E. M.; FEARNside, F. M.; NELSON, B. W e FRANÇA, M. B. 2007. Wood density in forests of Brazil's 'arc of deforestation': Implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia. *Forest Ecology and Management* v.248, p.119–135.
- NOGUEIRA, E. M.; NELSON, B. W. e FEARNside, P. M. 2005. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. *Forest Ecology and Management* v. 208, p.261–286.
- NOGUEIRA, E.M., FEARNside, P.M. NELSON, B.W., BARBOSA, R.I. & KEIZER, E.W.H. 2008b. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management* v.256, p.1853–1867.
- NOGUEIRA, E.M.; NELSON, B.W.; FEARNside, P.M.; FRANÇA, M.B.; OLIVEIRA, C.A. 2008a. Tree height in Brazil's 'arc of deforestation': Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. *Forest Ecology and Management* v.255, p.2963–2972.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T, e RATTER, J. A. 1995. A study of the origin of central brazilian forests by the analysis of plant species distribution pattern. *Edinburgh JournalofBotany* v.52, p.141–194.
- PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V. e PEREIRA, R. S. 2011. Estoque de Carbono em Cerrado *Sensu Stricto* do Distrito Federal. *Revista Árvore Viçosa-MG*, v.35, p.527–538.
- PILLI, R.; ANFODILLO, T. e CARRER, M. 2006. Towards a functional and simplified allometry for estimating forest biomass. *Forest Ecology and Management* v. 237, p.583–593.

- PINTO, J. R. R. e OLIVEIRA-FILHO, A. T. 1999. Perfil florístico e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil *Revista Brasileira de Botânica* v.22, p. 57–67.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S. E RIBEIRO, J. F. 2003. Analysis of the floristic composition of the brasilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* v.60, p.57–109.
- RIBEIRO, C. S.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; KLINN, C. e GASPAR, R. O. 2011. Forest Ecology and Management Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management* v.262, p.491–499.
- RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. T. 2008. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. p.151–212. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. e Ribeiro, J. F. eds. *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa. Planaltina.
- RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L. e NARDELLI, A. M. B. 2009. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore* vol.33, p. 917-926.
- ROCHA, M. T. 2003. (Dissertação) Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT. Piracicaba, 196p modelo.
- RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F.; LIMA, M. I. R. G. & KON, S. 2000. *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, 320 p.
- SALIS, S. M.; ASSIS, M. A.; CRISPIM, S. M. A. e CASAGRANDE, J. C. 2006. Distribuição e abundância de espécies arbóreas em cerradões no Pantanal, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* v.29, p.339–352.
- SILVA, J. F.; FARIÑAS, M. R.; FELFILI, J. M. e KLINK, C. A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. v.33, p.356–548.
- SMITH, D. M. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small samples. Madison, Forest Products Laboratory, 8 p.
- VIEIRA, G.; SANQUETTA, C.R. e BARBEIRO, L. S. 2009. Estoque Individual de Biomassa e Carbono em *Nectandra grandiflora* Nees (Canela-Amarela). *Floresta*, Curitiba, PR, v. 39, p. 547–554.
- WBG – World Bank Group. 2014. State and trends of carbon pricing. Disponível em: <http://www.ecofys.com/files/files/world-bank-ecofys-2014-state-trends-carbon-pricing.pdf>> acesso em 06/06/2014



WILLIAMS, K. J.; FORD, A.; ROSAUNER, D. F.; SILVA, N.; MITTERMEIER, R.; BRUCE, C.; LARSEN, F. W e MARGULES, C. 2011. Forests of East Australia: The 35th Biodiversity Hotspots. p. 295–310. In: ZACHOS, F. E. e HABEL, J. C. (Eds.). Biodiversity Hotspots. Luxembourg: Springer.

ZAR, J. H. 2010 Biostatistical analysis 5<sup>th</sup> Ed. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, New 927 Jersey.

**Capítulo 2. Densidade da madeira, dinâmica da biomassa aérea e estoque de carbono de árvores em cerrado e cerradão na transição Cerrado-Amazônia, Brasil\***

\*Será submetido para o *Journal of Forestry Research*

## **Capítulo 2. Densidade da madeira, dinâmica da biomassa aérea e estoque de carbono de árvores em cerrado e cerradão na transição Cerrado- Amazônia, Brasil**

### **Resumo**

Neste estudo, determinamos a densidade básica da madeira (Db) de árvores em Cerrado Típico (CT) e Cerradão (CD) no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso. Descrevemos e comparamos a dinâmica temporal da biomassa aérea ao longo de 11 anos e entre CT e CD, bem como estimamos o estoque e o crédito de carbono no ano de 2013 nas duas fitofisionomias. Calculamos a Db a partir da coleta de amostras de madeira de árvores com diâmetro do tronco a 30 cm do solo (DAS)  $\geq 5$  cm pelo método indireto. A média da Db foi de 0,64 e 0,65 g cm<sup>-3</sup> para CT e CD, respectivamente. A biomassa aérea aumentou entre os inventários no CT. O CD sempre apresentou maior biomassa que o CT. Em 2013 o CT apresentou de 38,07 a 49,16 e o Cerradão de 51,53 a 70,46 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono. Recomendamos o uso da densidade básica da madeira para calcular a biomassa aérea destas fitofisionomias, visto que usar apenas o diâmetro resulta em subestimativas dos valores. As fitofisionomias estudadas provavelmente são resistentes a distúrbios, pois apresentam tendência de aumento na densidade da madeira, biomassa aérea e estoques de carbono ao longo do tempo. Provavelmente devido à proximidade geográfica com a Amazônia, estas comunidades apresentam maior biomassa aérea do que formações similares de outras regiões, o que garante maior potencial de geração de crédito de carbono.

**Palavras-chave:** Carbono, Cerrado, Dinâmica temporal.

## 1. Introdução

As savanas tropicais cobrem 45% da América do Sul, abrigam 1/5 da população humana mundial, fazem contato com outras vegetações e apresentam histórico de fogo (Grace et al. 2006; Scholes et al. 1997). As queimadas frequentes que ocorrem em função da grande ocupação destas áreas podem influenciar o balanço hidrológico e de carbono em escala regional ou global (Grace et al. 2006). O Cerrado é considerado a maior savana neotropical, com ocupação original de aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup> no Brasil (Ribeiro & Walter 2008). Além disso, o Cerrado é considerado um dos 35 *hotspots* mundiais de conservação da diversidade biológica (Williams et al. 2011) por ser o ecossistema savânico mais ameaçado do mundo (Felfili et al. 2004; Silva & Bates 2002). Dentre as fitofisionomias do Cerrado destaca-se o cerrado sentido restrito, subdividido em cerrado denso, cerrado rupestre, cerrado ralo e cerrado típico, com base nas densidades dos componentes arbustivo-arbóreo e subarbustivo-herbáceo e nas propriedades do substrato (Ribeiro & Walter, 2008). De acordo com estes autores, o cerradão é uma fitofisionomia florestal e cobre cerca de 5% do Cerrado. Além disso, ocorre nos extremos do gradiente ecotonal das formações savânicas do Cerrado (Eiten, 1979).

Assim como em todas as savanas mundiais, no Cerrado também ocorrem eventos de queimadas (Simon et al. 2009) provocados pela ação humana ou por ocorrência natural. Os incêndios, além de provocarem a mortalidade de árvores, interferem na quantidade de carbono estocado pela vegetação (Hoffman & Solbrig 2003). Além dos eventos de queimadas, nas últimas décadas tem aumentado a degradação dos ecossistemas e a perda da diversidade, principalmente em decorrência do desmatamento (Klink & Machado 2005). Estes fatores evidenciam a suscetibilidade de ambientes savânicos à degradação por ações antrópicas e a importância de ampliar estudos sobre quantificação da biomassa, bem como o estoque e crédito de carbono visando a conservação e preservação dessas áreas. Nesse contexto, a vegetação das savanas tropicais é importante, não apenas por atuar na fixação de carbono, mas também por contribuir para a estabilidade ambiental (Fearnside 2008).

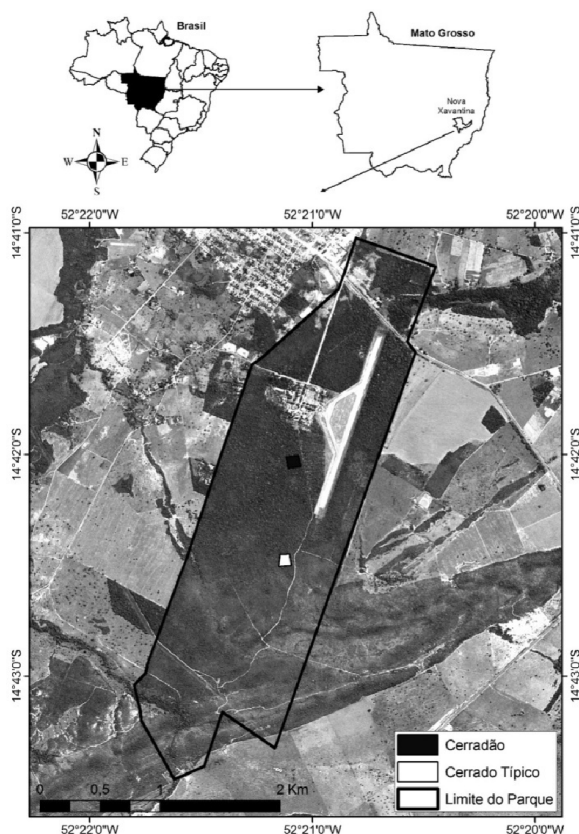
No Brasil, alguns estudos foram realizados em áreas de Cerrado para cálculo de densidade da madeira (Barbosa & Fearnside 2004; Oliveira et al 2012), quantificação de biomassa aérea (Castro & Kauffmann 1998; Delitti et al. 2006; Kauffmann et al. 1994; Ribeiro et al. 2011; Santos et al. 2002) e estoque de carbono (Paiva et al. 2011). As

metodologias utilizadas são variadas e geralmente incluem o corte e retirada dos indivíduos estudados, o que caracteriza o método direto de quantificação dessas variáveis (Nogueira et al. 2007). O método indireto, por outro lado, aplica equações alométricas e é uma opção favorável para unidades de conservação. Assim, a compreensão da dinâmica de densidade da madeira e da biomassa aérea em comunidades de cerrado poderá contribuir para o conhecimento do ciclo de carbono nesta vegetação. Além disso, a quantificação do estoque de carbono é fator essencial para o cálculo do crédito de carbono que tem sido muito usado em projetos de certificação de carbono.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivos: 1. Determinar a densidade básica da madeira e a biomassa aérea de árvores em Cerrado Típico e Cerradão na transição Cerrado-Amazônia mediante o método não-destrutivo; 2. Descrever e comparar a dinâmica temporal da biomassa aérea ao longo de 11 anos em ambas as fitofisionomias; 3. Estimar o estoque e o crédito de carbono no ano de 2013 para o Cerrado Típico e o Cerradão.

## **2. Material e Métodos**

O estudo foi realizado em duas fitofisionomias (Cerrado Típico e Cerradão) no Parque Municipal do Bacaba (14°43'12,2"S e 52°21'36,7"W), no município de Nova Xavantina-MT (Figura 1). O Parque tem área de aproximadamente 500 ha e apresenta várias fitofisionomias típicas do Cerrado (Marimon-Junior & Haridasan 2005). A região apresenta clima tropical chuvoso do tipo Aw, segundo Köppen, com estações seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março) bem definidas (Marimon et al. 2013). A precipitação média anual está entre 1.300 e 1.500 mm e as temperaturas médias em torno de 25°C (Marimon et al. 2010, 2013, Miguel et al. 2011a, 2011b). Em 2008, uma queimada acidental ocorrida no Parque atingiu as duas fitofisionomias estudadas. Eventos de seca também foram registrados para a região em 2005 e 2010 (Lewis et al. 2011; Marengo et al. 2011; Marimon et al. 2014).



**Figura 1.** Localização das fitofisionomias estudadas (Cerrado Típico e Cerradão) no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT, em relação ao Estado de Mato Grosso e ao Brasil.

Realizamos inventários das árvores nos anos de 2002, 2008 e 2013 em 50 parcelas de  $10 \times 10$  m de cada fitofisionomia. Medimos o diâmetro a 30 cm do solo de todas as árvores vivas com  $DAS \geq 5$  cm. Para determinar a densidade básica da madeira, amostramos entre três e cinco indivíduos vivos por espécie, com exceção daquelas espécies que apresentaram baixa densidade de indivíduos. Nesses casos, obtivemos os dados de densidade da madeira a partir da literatura. Quando não encontramos informações na literatura, utilizamos a média de várias espécies do gênero a partir do banco de dados do RAINFOR (Dryad-Global Wood Density Database (<http://datadryad.org/handle/10255/dryad.235>), o qual contém informações para espécies neotropicais (Chave et al. 2009; Zanne et al. 2009).

Extraímos amostras de madeira do tronco a 130 cm do solo por meio do método indireto com um Trado de Incremento de 5 mm de diâmetro de núcleo e três roscas (HaglöfSweden). Determinamos a densidade básica da madeira de acordo com a norma NBR 11941-02 (ABNT 2003). Após a coleta, pesamos as amostras de madeira em balança de

precisão (0,001 gramas) para análise do peso úmido e em seguida levamos à estufa a  $103\pm 2^\circ\text{C}$ , onde permaneceram até atingir peso seco constante. Posteriormente, determinamos a densidade básica da madeira pela relação sugerida por Smith (1954):

$$\rho_{\text{bas}} = \frac{1}{\frac{M_v}{M_0} - 0,346}$$

Nesta equação,  $M_0$  = massa seca e  $M_v$  = massa verde.

Classificamos a densidade básica da madeira das espécies em três grupos, de acordo com Melo et al. (1990): leve ( $< 0,5 \text{ g cm}^{-3}$ ), intermediária ( $0,5$  a  $0,71 \text{ g cm}^{-3}$ ) e pesada ( $\geq 0,72 \text{ g cm}^{-3}$ ).

Para estimativas de biomassa aérea para cada indivíduo, utilizamos as seguintes equações testadas por Ribeiro et al. (2011):

$$1. \ln B = \beta_0 + \beta_1 \ln D + \beta_7 \ln WD$$

$$2. \ln B = \beta_0 + \beta_1 \ln D$$

Nestas equações, B= biomassa em kg,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  = parâmetros dos modelos, D= diâmetro a 30 cm do solo e WD= densidade básica da madeira em  $\text{g cm}^{-3}$ .

Para o cálculo do estoque de carbono consideramos que o carbono representa 50% da biomassa seca (Fernandes et al. 2008; Rezende et al. 2006). O valor encontrado foi extrapolado para toneladas por hectare. Para quantificação de  $\text{CO}_2$  aprisionado na biomassa aérea da planta consideramos que cada Megagrama (Mg) de carbono corresponde a 3,67 Mg de  $\text{CO}_2$ , conforme proposto por Fernandes et al. (2008).

Avaliamos as médias da densidade básica da madeira e da biomassa aérea entre as duas fitofisionomias a partir de um teste *t* para cada ano inventariado. Quando os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram atendidos, empregamos o teste de Mann Whitney (Zar 2010).

Realizamos comparações das médias da biomassa aérea e da densidade básica da madeira das duas fitofisionomia (Cerrado Típico e Cerradão) ao longo dos anos (2002, 2008 e 2013) a partir de uma ANOVA para medidas repetidas para cada grupo avaliado. Quando os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram atendidos, empregamos o teste de Friedman e a *posteriori* aplicamos o teste de Wilcoxon (Zar 2010).

Para aferir os pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias dos dados usamos o teste de Shapiro-Wilk e o teste de Levene, respectivamente (Zar 2010). Quando os pressupostos não foram atendidos, efetuamos a logaritmização dos dados. Realizamos todas as análises no programa PAST 2.15 (Hammer et al. 2001) com 5% de significância.

Após considerar que um Mg ha<sup>-1</sup> de carbono corresponde a um crédito de carbono para negociação no mercado de carbono, calculamos os créditos de carbono com base na cotação do dia 02 de julho de 2014. Nessa data, um Mg de carbono da ICE correspondeu a US\$ 6.1 (PointCarbon 2014). De acordo com a cotação do Banco Central do Brasil o valor do dólar, na ocasião, era R\$ 2,22.

### 3. Resultados

A densidade básica da madeira das 85 espécies do Cerrado Típico (CT) resultou em valor médio de 0,64 g cm<sup>-3</sup>, enquanto que para as 83 espécies do Cerradão (CD) a média foi 0,65 g cm<sup>-3</sup>. As espécies com maior densidade básica da madeira foram *Hancornia speciosa* (1,19), *Cordia sessilis* (0,88) e *Platypodium elegans* (0,85). Em contrapartida, as com menor densidade básica foram *Pseudobombax longiflorum* (0,35), *Simarouba amara* (0,36) e *Palicourea rigida* (0,43) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Densidade básica (Db) da madeira (g cm<sup>-3</sup>) por espécie e por fitofisionomia (CT= Cerrado Típico e CD= Cerradão) no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina–MT. \*densidade básica da madeira baseada na literatura ou no *Dryad-Global Wood Density Database*. Espécies listadas em ordem decrescente de Db.

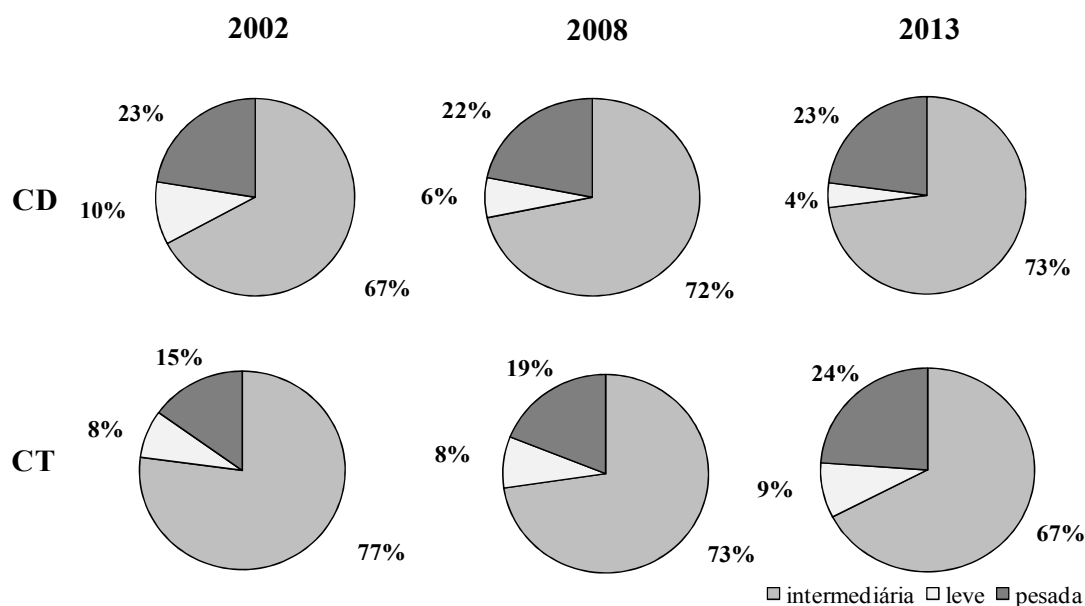
ESPÉCIE	FAMÍLIA	CD	CT	Db
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes*	Apocynaceae		X	1,19
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	Rubiaceae	X	X	0,88
<i>Platypodium elegans</i> Vogel*	Fabaceae	X		0,85
<i>Eugenia gemmiflora</i> O. Berg*	Myrtaceae	X	X	0,84
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel*	Fabaceae	X		0,82
<i>Mimosa laticifera</i> Rizzini & A.Mattos	Fabaceae	X	X	0,80
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	Opiliaceae	X	X	0,80
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Fabaceae	X	X	0,80
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Combretaceae	X	X	0,79
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Sapindaceae	X	X	0,79
<i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Baill.) Ducke	Peraceae	X		0,79
<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. & Miq.) Baehni	Sapotaceae	X		0,78
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Bignoniaceae		X	0,77
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Fabaceae	X	X	0,77
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Fabaceae	X	X	0,77
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.*	Rubiaceae	X		0,76
<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze	Rubiaceae	X		0,76
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Icacinaceae	X	X	0,76
<i>Luetzelburgia praecox</i> (Harms) Harms	Fabaceae	X	X	0,76
<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	Melastomataceae		X	0,76
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Apocynaceae	X		0,75



ESPÉCIE	FAMÍLIA	CD	CT	Db
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	Polygalaceae	X		0,75
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae	X		0,75
<i>Andira cujabensis</i> Benth.*	Fabaceae	X	X	0,75
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae		X	0,74
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Fabaceae	X	X	0,74
<i>Aspidosperma nobile</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	X		0,73
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	X	X	0,73
<i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth.	Fabaceae	X	X	0,72
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae	X	X	0,72
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	Fabaceae	X		0,71
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev*	Fabaceae		X	0,70
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	Lythraceae		X	0,70
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	X	X	0,70
<i>Sorocea klotzschiana</i> Baill.	Moraceae	X		0,70
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	Loganiaceae	X	X	0,70
<i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC.	Apocynaceae	X	X	0,69
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae	X	X	0,69
<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	Ebenaceae	X		0,69
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Combretaceae	X	X	0,69
<i>Byrsonima basiloba</i> A.Juss.*	Malpighiaceae	X		0,682
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Apocynaceae		X	0,68
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	Chrysobalanaceae	X	X	0,68
<i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Lauraceae	X	X	0,68
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	X	X	0,68
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Fabaceae	X	X	0,68
<i>Heisteria ovata</i> Benth.	Olacaceae	X	X	0,67
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	X		0,67
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anacardiaceae	X	X	0,66
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Vochysiaceae		X	0,66
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	Erythroxylaceae		X	0,66
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	X	X	0,66
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae	X	X	0,66
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	Apocynaceae	X	X	0,65
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	X	X	0,65
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	Clusiaceae		X	0,65
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana*	Melastomataceae	X		0,65
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	X		0,64
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	Fabaceae	X	X	0,64
<i>Tapura amazonica</i> Poepp. & Endl.	Dichapelataceae	X		0,64
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.*	Erythroxylaceae	X		0,64
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	Myrtaceae		X	0,64
<i>Myrcia camapuanensis</i> N.Silveira	Myrtaceae	X	X	0,63
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.*	Erythroxylaceae		X	0,63
<i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl.	Proteaceae	X	X	0,62
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	Rubiaceae		X	0,62
<i>Antonia ovata</i> Pohl	Loganiaceae	X	X	0,62
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae		X	0,61
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll.Arg.) Woodson	Apocynaceae		X	0,61
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Siparunaceae	X		0,61
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	Fabaceae	X	X	0,61
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Fabaceae	X	X	0,61
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Myrtaceae		X	0,60
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	X	X	0,59
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.*	Bignoniaceae	X		0,59
<i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart.*	Fabaceae		X	0,58
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae		X	0,58
<i>Annona coriacea</i> Mart.	Annonaceae	X	X	0,58

ESPÉCIE	FAMÍLIA	CD	CT	Db
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	Ebenaceae		X	0,58
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	Vochysiaceae	X	X	0,58
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.*	Rubiaceae	X		0,57
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	Simaroubaceae		X	0,57
<i>Tabebuia aurea</i> Pohl	Bignoniaceae	X	X	0,57
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	Fabaceae		X	0,57
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	Dilleniaceae		X	0,56
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Caryocaraceae		X	0,56
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	Chrysobalanaceae	X	X	0,56
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul*	Moraceae	X	X	0,56
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Malpighiaceae	X	X	0,56
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	Celastraceae		X	0,56
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	Ochnaceae	X	X	0,55
<i>Vochysia haenkeana</i> Mart.	Vochysiaceae	X		0,55
<i>Licania humilis</i> Cham. & Schltdl.	Chrysobalanaceae	X	X	0,54
<i>Erythroxylum engleri</i> O.E.Schulz*	Erythroxylaceae		X	0,54
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	Vochysiaceae	X	X	0,54
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	Clusiaceae		X	0,53
<i>Alchornea discolor</i> Poepp.	Euphorbiaceae	X		0,53
<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	X	X	0,53
<i>Plenckia populnea</i> Reissek*	Celastraceae		X	0,53
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth*	Malpighiaceae		X	0,52
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.*	Fabaceae	X	X	0,52
<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J.Bergius) Rusby*	Lacistemataceae	X		0,51
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	Nyctaginaceae	X	X	0,51
<i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schltdl.*	Annonaceae	X		0,50
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.*	Ochnaceae	X	X	0,50
<i>Chaunochiton kappleri</i> (Sagot ex Engl.) Ducke	Olacaceae	X		0,49
<i>Styrax camporum</i> Pohl*	Styracaceae	X		0,49
<i>Rourea induta</i> Planch.*	Connaraceae		X	0,49
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	Nyctaginaceae	X	X	0,46
<i>Connarus suberosus</i> Planch.*	Connaraceae		X	0,45
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	Malvaceae	X	X	0,45
<i>Palicourea rigida</i> Kunth*	Rubiaceae		X	0,43
<i>Simarouba amara</i> Aubl.*	Simaroubaceae	X		0,36
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	Malvaceae	X	X	0,35

No Cerrado Típico houve aumento de 9% no número de indivíduos com madeira pesada e a redução de 10% daqueles de madeira intermediária ao longo dos anos (Figura 2). Por outro lado, no Cerradão o número de indivíduos com madeira intermediária aumentou (5%) e o número de indivíduos com madeira leve diminuiu (6%) entre 2002 e 2008 (Figura 2). Dessa forma, a densidade básica da madeira aumentou para as duas fisionomias ao longo dos anos e foi maior no Cerradão em todos os inventários (Tabela 2).



**Figura 2.** Classes de dureza baseadas na densidade média da madeira (leve ( $< 0,5 \text{ g cm}^{-3}$ ), intermediária ( $0,5 \text{ a } 0,71 \text{ g cm}^{-3}$ ) e pesada ( $\geq 0,72 \text{ g cm}^{-3}$ ) ao longo dos anos para Cerrado Típico e Cerradão do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

**Tabela 2.** Média e desvio-padrão da densidade básica da madeira em  $\text{g cm}^{-3}$  ao longo dos anos para Cerrado Típico (CT) e Cerradão (CD) do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.  $**p < 0,01$ .

	2002	2008	2013	TESTE
<b>CT</b>	0,62 <sup>Bb</sup> (0,03)	0,63 <sup>Ab</sup> (0,03)	0,63 <sup>b</sup> (0,03)	$X^2 = 12,31^{**}$
<b>CD</b>	0,65 <sup>Ca</sup> (0,03)	0,66 <sup>Ba</sup> (0,02)	0,66 <sup>Aa</sup> (0,03)	$F = 18,83^{**}$
TESTE	$U = 636^{**}$	$T = 5,38^{**}$	$T = 6,13^{**}$	

As médias seguidas de letras minúsculas são referentes ao teste T ou U entre as fitofisionomias em cada ano e devem ser analisadas por coluna. Letras maiúsculas indicam o teste de Friedman ( $X^2$ ) ou análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas (F) entre os anos e devem ser analisadas por linha. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os grupos avaliados.

A biomassa aérea total do CT aumentou ao longo dos anos inventariados. Por outro lado, no Cerradão houve aumento entre 2002 e 2008 e estagnação em 2013 (Tabela 3). Em todos os inventários o Cerradão apresentou maior biomassa aérea total em relação ao Cerrado Típico.

**Tabela 3.** Biomassa aérea total em Mg ha<sup>-1</sup> por equação alométrica (F1 e F2) ao longo dos anos para Cerrado Típico (CT) e Cerradão (CD) do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. \*\**p*<0,01 e \**p*<0,05.

<b>F1</b>	<b>2002</b>	<b>2008</b>	<b>2013</b>	<b>TESTE</b>
<b>CT</b>	47,81 <sup>Cb</sup>	74,94 <sup>Bb</sup>	98,31 <sup>Ab</sup>	F=349,1**
<b>CD</b>	100,68 <sup>Ba</sup>	146,79 <sup>Aa</sup>	140,92 <sup>a</sup>	X <sup>2</sup> =36,61**
<b>TESTE</b>	U=359**	U=414**	U=748,5**	
<b>F2</b>				
<b>CT</b>	37,61 <sup>Cb</sup>	58,04 <sup>Bb</sup>	76,13 <sup>Ab</sup>	F=372,1**
<b>CD</b>	76,44 <sup>Ba</sup>	108,70 <sup>Aa</sup>	103,05 <sup>Aa</sup>	X <sup>2</sup> =36,01**
<b>TESTE</b>	U=377**	U=426,5**	T=7,54**	

As médias seguidas de letras minúsculas são referentes ao teste T ou U entre as fitofisionomias em cada ano e devem ser analisadas por coluna. Letras maiúsculas indicam o teste de Friedman (X<sup>2</sup>) ou análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas (F) entre os anos e devem ser analisadas por linha. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os grupos avaliados.

No inventário de 2013 a vegetação do CT apresentou de 38,07 a 49,16 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono (Tabela 4). Esses valores resultam em estoque de 139,72 a 180,42 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>. O Cerradão, por outro lado, estocou de 51,53 a 70,46 Mg ha<sup>-1</sup> de C (Tabela 4), o que corresponde à retirada de 189,12 a 258,59 Mg de CO<sub>2</sub> da atmosfera.

**Tabela 4.** Carbono total em Mg ha<sup>-1</sup> ao longo dos anos para o Cerrado Típico (CT) e o Cerradão (CD) do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. F1= equação 1 e F2= equação 2.

<b>F1</b>	<b>2002</b>	<b>2008</b>	<b>2013</b>
<b>CT</b>	23,91	37,47	49,16
<b>CD</b>	50,34	73,40	70,46
<b>F2</b>			
<b>CT</b>	18,81	29,02	38,07
<b>CD</b>	38,22	54,35	51,53

No ano de 2013, cada hectare do Cerrado Típico e Cerradão estudados apresentou 49,16 e 70,46 Mg de carbono, respectivamente. Assim, teríamos 49,16 e 70,46 créditos para negociação no mercado de carbono, cujos valores estimados por hectare seriam de R\$ 543,85 para o CT e R\$ 954,17 para o CD.

#### 4. Discussão

As espécies mais representativas da comunidade influenciam diretamente os valores médios de densidade da madeira. A composição florística pode influenciar os valores de densidade da madeira a nível regional (Baker et al. 2004). A maioria das espécies mais representativas das fitofisionomias estudadas (Mews et al. 2011a; Elias et al. 2013b) apresentou densidade da madeira intermediária. Com isso, os valores médios de densidade da madeira encontrados neste estudo foram maiores do que as médias registradas em fitofisionomias savânicas, que variaram de 0,404 a 0,612 g cm<sup>-3</sup> (Oliveira et al. 2012; Barbosa & Fearnside 2004; Barbosa & Ferreira 2004). Neste caso, é provável que a proximidade da vegetação estudada com a Amazônia confira a esta comunidade a ocorrência de espécies amazônicas que atingem maior porte (Marimon et al. 2006; 2014), maior área basal e maior densidade da madeira, que conseqüentemente elevam os valores de biomassa aérea.

No cerrado típico, a substituição de espécies, principalmente as de madeira intermediária por aquelas de madeira pesada ao longo dos anos pode ter sido uma resposta aos eventos de seca e queimada, que atuaram seletivamente em favor de espécies mais adaptadas a distúrbios. Desta forma, apesar destes distúrbios, as duas fitofisionomias apresentaram resiliência a estes eventos, como verificado para o CT a partir dos resultados de maior taxa de recrutamento de indivíduos do que de mortalidade (Mews et al. 2011; Elias et al. 2013b). Como o cerradão apresenta característica tipicamente florestal, com predominância de indivíduos com diâmetros maiores (Marimon-Junior & Haridasan 2005), a passagem do fogo teria reduzido principalmente as espécies pioneiras, por apresentarem crescimento rápido, tempo de vida curto e conseqüentemente, menor diâmetro e menor densidade da madeira (Chao et al. 2008).

Em ambas as fitofisionomias e em todos os anos amostrados os valores de biomassa aérea registrados para a fórmula que utiliza a densidade básica da madeira sempre foram superiores em relação à fórmula que utiliza apenas o diâmetro dos indivíduos. Esta informação reforça que, pelo menos para o cerrado típico e cerradão, a variável densidade básica da madeira é importante para fornecer resultados mais confiáveis, visto que os valores de biomassa aérea calculados somente com base nos diâmetros ficaram subestimados. Entretanto, os resultados estatísticos, tanto nas comparações entre as fitofisionomias quanto entre os anos foram os mesmos, indiferentemente da fórmula utilizada para calcular a biomassa aérea.

Apesar do provável efeito cumulativo dos distúrbios ocorridos em função dos eventos de seca (2005 e 2010) e queimada (2008), ambas as fitofisionomias apresentaram resistência a estes distúrbios, visto que a densidade básica da madeira e a biomassa aérea aumentaram ou mantiveram-se estabilizadas entre os anos amostrados. No primeiro intervalo do estudo (2002-2008) também foi verificado nesta comunidade o aumento da área basal e do número de indivíduos (Elias et al. 2013a; Franczak et al. 2011; Marimon-Junior & Haridasan 2005), assim como a redução no número de indivíduos após a passagem de fogo em 2008 (Elias et al. 2013b). Neste caso, sugerimos que estas comunidades apresentam tendência de se reestabelecer rapidamente após distúrbios. Por outro lado, futuros impactos antrópicos ou mesmo novos eventos de queimada ou seca podem influenciar negativamente no ciclo do carbono desta vegetação, visto que já foi mostrado que o número de indivíduos é reduzido após a passagem do fogo.

O fato de o cerrado estudado ter apresentado maior biomassa aérea em comparação com o cerrado típico já era esperado, pois as formações florestais apresentam árvores de maior porte e maior área basal, e tendem a contribuir com maior biomassa aérea quando comparadas às formações abertas, que apesar de normalmente apresentarem maior densidade, apresentam indivíduos com menor diâmetro (Marimon & Haridasan 2005; Elias et al. 2013b). Além disso, diferenças na composição florística, edafoclimáticas e distúrbios também podem favorecer variação na biomassa e no estoque de carbono em uma mesma fisionomia (Delitti et al. 2006).

A proximidade das fitofisionomias estudadas com a Amazônia pode explicar o maior acúmulo de biomassa aérea e o maior estoque de carbono em comparação com outras áreas de cerrado. Nossos resultados para estoque de carbono foram superiores aos encontrados em outras áreas de cerrado (Fernandes et al. 2008; Paiva et al. 2011). O Estoque de carbono é calculado a partir da quantificação da biomassa aérea da vegetação e possibilita verificação das taxas de CO<sub>2</sub> estocado na vegetação ou mesmo as taxas de emissão na atmosfera por decorrência das queimadas ou desmatamento (Fernandes et al. 2008). Assim, estudos que englobam a quantificação de carbono são de grande importância para a implantação de projetos de certificação de carbono como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e contribuem positivamente na preservação e conservação de fitofisionomias que ainda são pouco estudadas e tem perdido grande parte de seu habitat por desmatamento, queimadas e mudanças no uso da terra (Klink & Machado 2005).

## 5. Conclusões

As fitofisionomias de cerrado típico e cerradão da transição Cerrado-Amazônia apresentam tendência ao aumento na densidade da madeira, biomassa aérea e estoques de carbono em uma escala temporal devido a sua resistência a distúrbios. O maior acúmulo da biomassa aérea em relação às formações similares de outras regiões garante maior potencial de geração de crédito de carbono nestas áreas. Recomenda-se o uso da variável densidade básica da madeira para calcular a biomassa aérea de cerrado típico e cerradão, visto que o uso somente do diâmetro subestima os valores.

Os valores monetários de créditos para negociação no mercado de carbono do cerrado típico e do cerradão estudados foram elevados. Isso indica que eles podem servir de incentivo para a preservação destas áreas nas propriedades rurais da região leste de Mato Grosso.

## 6. Agradecimentos

Ao projeto “Transição Cerrado-Floresta Amazônica: bases ecológicas e sócioambientais para a conservação”, CNPq/PELD (Proc. 403725/2012-7) e às pessoas envolvidas direta e indiretamente com esse projeto.

## 7. Referências Bibliográficas

- ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASAN, M. & EITEN, G. 1998. Above and belowground organic matter and root: Shoot ratio: In a Cerrado in Central Brazil. v.2, p. 1–24.
- BAKER, T. R.; PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y.; ALMEIDAS, S.; ARROYO, L.; DI FIORI, A.; ERWIN, T.; K, T. J.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; LLOYD, J.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; PATIÑO, S.; PITMAN, N. C. A.; SILVA, J. N. M. & MARTÍNEZ, R. V. 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology* v.10, p. 545–562.
- BARBOSA, R. I. & FEARNESIDE, P. M. 2004. Wood density of trees in open savannas of the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*. v.199, p.115–123
- BARBOSA, R. I. & FERREIRA, C. A. C. 2004. Densidade básica da madeira de um ecossistema de “campina” em Roraima, Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*. v.34, p.587–591.

- CASTRO, E. A. & KAUFFMAN J. B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian cerrado: A vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology*. v.14, p.263–283.
- CHAVE J, COOMES D, JANSEN S, LEWIS SL, SWENSON NG, ZANNE AE. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*. v.12, p. 351–366.
- DELITTI, W. B. C.; MEGURO, M & PAUSAS, J. G. 2006. Biomass and mineral mass estimates in a “cerrado” ecosystem. *Revista Brasileira de Botânica*. v.29, p.531–540.
- ELIAS, F.; MARIMON, B. S.; GOMES, L. FORSTHOFER; M. ABREU, M. F.; REIS, S. A. & LENZA, E. 2013a. Resiliência de um cerrado submetido a perturbações intermediárias na transição Cerrado-Amazônia. *Biotemas*. v.26, p.49–62.
- ELIAS, F.; MARIMON, B. S.; REIS, S. M. A.; FORSTHOFER, M.; GOMES, L. MORANDI, P. S. & MARIMON-JUNIOR, B. H. 2013b. Dinâmica da distribuição espacial de populações arbóreas ao longo de uma década, em um cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Mato Grosso. *Biota Amazônia*. v.3, p.1–14.
- FEARNSIDE, P. M. 2008. Quantificação do serviço ambiental do carbono nas florestas amazônicas brasileiras *Oecologia Brasileira* v.4, p.743–756.
- FERNANDES, A. H. B. M.; SALIS, S. M.; FERNANDES, F.A.; CRISPIM, S.M. A. 2008. Estoques de Carbono do Estrato Arbóreo de Cerrados no Pantanal da Nhecolândia. *Embrapa Pantanal*. Comunicado técnico, documento 68. p.1–5.
- GRACE, J., J. SAN JOSE, P. MEIR, H.S. MIRANDA, AND R.A. MONTES. 2006. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. *Journal of Biogeography* v.33, p. 387–400.
- HAMMER Ø.; HARPER DAT e RYAN PD. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontological Electronica* v.4, p.1–9.
- HOFFMAN, W. A. & SOLBRIG, O. T. 2003. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. *Forest Ecology and Management* v.180, p.273–286.
- KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L. & WARD, D. E. 1994. Relationship of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. *The Journal of Ecology*. v.82, p.519–531.
- LEWIS, S. L.; BRANDO, P. M.; PHILLIPS, O. L.; VAN DER HEIJDEN, G. M. F.; NEPSTAD, D. & HEIJDEN, G. M. F. V. D. 2011. The 2010 Amazon Drought. *Science* v. 331, p. 554.
- MARENGO J.A; NOBRE C.A. & TOMASELLA J. 2008. The Drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate* v.21, p.495–516.



- MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R. & RODRIGUEZ, D. A. 2011. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical research letters* v.38, p.1–5.
- MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; LIMA, E. S. DUARTE, W. M. G. & MARIMON-JÚNIOR, B. H. 2010. Environmental determinants for natural regeneration of gallery forest at the Cerrado/Amazonia boundaries in Brazil. *Acta Amazonica*. v.40, p.107–118.
- MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; FELDPAUSCH, T. R.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; MEWS, H. A.; LOPEZ-GONZALES, G.; LLOYD, J.; FRANCAZAK, D. D.; OLIVEIRA, E. A.; MARACAHIPES, L.; MIGUEL, A.; LENZA, E. & PHILLIPS, O. L. 2014. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-cerrado transition zone in Southern Amazonia. *Plant Ecology e Diversity*. v.7, p.281-292.
- MARIMON-JUNIOR, B. H. & HARIDASAN, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um Cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* v.19, p.913–926.
- MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. 1990. Classes de densidade de madeira para a Amazônia brasileira. In: *Anais do Congresso Florestal Brasileiro* v.6, p.695–699. São Paulo, SP, Brasil.
- MIGUEL, A.; MARIMON, B. S.; MARACAHIPES, L.; OLIVEIRA, E. A. & MARIMON-JUNIOR, B. H. 2011b. Mudança na estrutura da vegetação lenhosa em três porções da mata de galeria do córrego Bacaba (1999-2006), Nova Xavantina-MT. *Revista Árvore*, v.35, p. 725–735.
- MIGUEL, A.; MARIMON, B. S.; OLIVEIRA, E. A.; MARACAHIPES, L. & MARIMON-JUNIOR, B. H. 2011a. Dinâmica da comunidade lenhosa de uma floresta de galeria na transição Cerrado-Floresta Amazônica no Leste de Mato Grosso, em um período de sete anos (1999 a 2006). *Biota Neotropica*. v.11, p.53–61.
- NOGUEIRA, E. M.; FEARNSIDE, F. M.; NELSON, B. W e FRANÇA, M. B. 2007. Wood density in forests of Brazil's 'arc of deforestation': Implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia. *Forest Ecology and Management* v.248, p119–135.
- OLIVEIRA, E. A. 2008. (Monografia) Florística e estrutura de uma área de transição entre Cerrado e Cerradão do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina – MT. 58p.
- OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO, J. M. TRUGILHO, P. F.; SCOLFORO, J. R. S.; ALTOÉ, T. F.; SILVA-NETO, A. J. & OLIVEIRA, A. D. 2012. Efeito do ambiente sobre a densidade da

- madeira em diferentes fitofisionomias do Estado de Minas Gerais. *Cerne*, Lavras, v.18, p.345–352.
- PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V. & PEREIRA, R. S. 2011. Estoque de carbono em cerrado *sensu stricto* do Distrito Federal. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.35, p.527–538.
- REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO-FILHO, A. & FELFILI, J. M. 2006. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. *Scientia Forestalis* v.20, p. 65–76.
- RIBEIRO, S. C.; FEHRMANN, L. SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; KEINN, C & GASPAR, R; O. 2011. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado Forest *Ecology and Management*. v. 262, p. 491–499.
- ROCHA, M. T. 2003. (Dissertação) Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT. Piracicaba, 196p.
- SANTOS, J. R.; PARDI LACRUZ, M. S.; ARAUJO, L. S. & KEIL, M. 2002. Savanna and tropical rainforest biomass estimation and spatialization using JERS-1 data, *International Journal of Remote Sensing* v.23, p.1217–1229.
- SCHOLES, R. J. & ARCHER S. R. 1997. Tree-grass interactions in savannas. *Annual Reviews Ecology and Systematics*. v.28, p. 517–544
- SIMON, M. F.; GREYER, R.; QUEIROZ, L. P.; SKEMA, C.; PENNINGTON, R. T. & HUGHES, C. E. 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *PNAS* v.106, p.20359–20364.
- SMITH, D. M. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small samples. Madison, Forest Products Laboratory, 8 p.
- ZANNE AE, LOPEZ-GONZALEZ G, COOMES DA, ILIC J, JANSEN S, LEWIS SL, MILLER RB, SWENSON NG, WIEMANN MC, CHAVE J. 2009. Data from: towards a worldwide wood economics spectrum [database]. Dryad Digital Repository.
- ZAR, J. H. 2010 *Biostatistical analysis 5<sup>th</sup> Ed*. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, New 927 Jersey.
- MOREIRA-BURGER, D. & DELITTI, W. B. C. 2010. Modelos preditores da fitomassa aérea da Floresta Baixa de Restinga. *Revista Brasileira de Botânica*. v.33. p.143–153.
- RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. T. 2008. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. p.151- 212. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. e Ribeiro, J. F. eds. *Cerrado: Ecologia e Flora*.
- SILVA, J.M.C & BATES, J.M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a Tropical Savanna Hotspot. *BioScience*. v.52, p.225–233.

- EITEN, G. 1979. Formas fisionômicas do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 2, p. 139–148.
- WILLIAMS, K. J.; FORD, A.; ROSAUNER, D. F.; SILVA, N.; MITTERMEIER, R.; BRUCE, C.; LARSEN, F. W e MARGULES, C. 2011. Forests of East Australia: The 35th Biodiversity Hotspots. p. 295–310. In: ZACHOS, F. E. e HABEL, J. C. (Eds.). *Biodiversity Hotspots*. Luxembourg: Springer.
- FRANCZAK, D. D.; MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MEWS, H. A.; MARACAHIPES, L. & EDIMAR, A. O. 2011. Changes in the structure of a savanna forest over a six-year period in the Amazon-Cerrado transition, Mato Grosso state, Brazil. *Rodriguésia*. v.62, p.425–436.
- MARIMON, B.S.; LIMA, E.S.; DUARTE, T.G.; CHIEREGATTO, L.C. & RATTER, J.A. 2006. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso, Brazil. IV. An analysis of the Cerrado-Amazonian Forest ecotone. *Edinburgh Journal of Botany* v.63, p. 323–341.
- MEWS, H. A.; MARIMON, B.S.; MARACAHIPES, L.; FRANCZAK, D.D. & MARIMON-JUNIOR, B.H. 2011. Dynamics of the woody community of a typical cerrado in Northeastern Mato Grosso, Brazil. *Biota Neotrop.* v.11, p.73–82.

## **Apêndice 1**

Normas gerais da revista científica “*Journal of Forestry Research*” estão disponíveis no seguinte endereço eletrônico:

<http://www.springer.com/life+sciences/forestry/journal/11676>