

**BIANCA DE OLIVEIRA**



**Dinâmica de nutrientes na serapilheira em duas  
fitofisionomias na transição Amazônia/Cerrado em  
Mato Grosso**

**Nova Xavantina  
Mato Grosso – Brasil  
2014**

**BIANCA DE OLIVEIRA**

**Dinâmica de nutrientes na serapilheira em duas  
fitofisionomias na transição Amazônia/Cerrado em  
Mato Grosso**

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

Orientador: Prof. Dr. Ben Hur Marimon Junior

**Nova Xavantina  
Mato Grosso - Brasil  
2014**

O48d Oliveira, Bianca de (1989 - ).

Dinâmica de nutrientes na serapilheira em duas fitofisionomias na transição Amazônia/Cerrado em Mato Grosso. /Bianca de Oliveira. Nova Xavantina: O Autor, 2014.

57 f.: il.

Orientador: Ben Hur Marimon Junior  
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) -  
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Programa  
de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, 2014.

1. Nutrientes. 2. Serapilheira. 3. Vegetação. 4. Cerrado Mato-Grossense. I. Título.

CDU –574.4:581.5(817.2)

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

**Dinâmica de nutrientes na serapilheira em duas  
fitofisionomias na transição Amazônia/Cerrado em  
Mato Grosso**

**Bianca de Oliveira**

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 23 de julho de 2014, pela BANCA EXAMINADORA:

---

Dr. Ben Hur Marimon Junior  
Departamento de Ciências Biológicas  
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT  
Orientador

---

Dr. Amintas Nazareth Rossete  
Departamento de Ciências Biológicas  
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT  
Membro interno

---

Dr. Ted Ronald Feldpausch  
Universidade de Exeter (Inglaterra)  
Geography, College of Life and Environmental Sciences  
Membro externo

---

Dr. Henrique Augusto Mews  
Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação  
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT  
Suplente



"A natureza é sábia e justa. O vento sacode as árvores, move os galhos, para que todas as folhas tenham o seu momento de ver o sol."

*Humberto de Campos*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus por estar comigo em todos os momentos durante a minha jornada.

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) pela oportunidade de ingressar no curso de Mestrado em Ecologia e Conservação.

Ao meu querido esposo Douglas pelo amor, ajuda e paciência que teve comigo neste período.

Aos meus pais Leonel e Rose e minha irmã Erika Camila pela força e apoio amo vocês. À toda a minha família que pelo mais longe que estão sempre me motivaram e me deram carinho, amparo e ajuda em todo o percurso do mestrado.

Ao meu orientador Ben Hur Marimon Junior que aceitou me orientar e ajudou da melhor maneira possível em todas as etapas da dissertação, e me recebeu sempre de braços abertos, enfim, muito obrigada por toda sua ajuda!

À professora Dr. Beatriz Schwantes Marimon – Bia, por todos estes tempos de trabalho, simplesmente OBRIGADA.

Aos membros da banca Ben Hur Marimon Junior, Ted Ronald Feldpausch, Amintas Nazareth Rossete, Henrique Augusto Mews e Ricardo Keichi Umetsu, pelas valiosas sugestões que contribuíram para a melhoria deste trabalho.

À Turma 2012 do mestrado obrigada pela amizade, apoio e ajuda nesta etapa, Mônica Forsthofer, Josias Oliveira dos Santos, Regiane Lima Roberto, Marco Bruno Xavier Valadão, Leandro Brasil, Núbia França da Silva Giehl, Handerson Batista de Castro, James Machado Bilce, Jaqueline Ribeiro Tavares, Márcia Luiza Santos, Sérgio Lopes, Tatiane Pires de Sousa e Adevanio Oliveira dos Santos, enfim á todos da turma meu muito obrigada!

Á todos os professores que passaram pela nossa turma meus sinceros agradecimentos pela aprendizagem passada. Em especial aos professores Leandro Juen, Paulo Brando e Pedro Eisenlohr, pelo auxílio nas análises estatísticas e pelas valiosas sugestões ao trabalho.

Aos colegas e amigos, principalmente à Equipe do Laboratório de Ecologia Vegetal (LBEV), a galera da serapilheira por sua contribuição nas coletas de dados em campo, trabalho em laboratório, dicas, sugestões, meu muito obrigada Fabrício, Maria das Graças, Mônica, Marco Bruno, Edmar

(Dinei), Simone, Paulo, Regiane, Leonardo, Josias, Nadjarriny, Raiane, Nayane, Lorryne (Lola), Mariângela, Michelli, Erika, Luciana, Nilton, Stefany, Kelyane, Karla, Fabio, Karine, Eder, Isabel, Kelen, Poliana, Fernando e à todos que contribuíram nesta jornada, pelo companheirismo e amizade. Ao Eduardo (Ratinho) muito obrigada por ter confeccionado o mapa da área de estudo.

As minhas amigas Mônica, Regiane (Regys) e Stefany que contribuíram muito nesta etapa me auxiliando principalmente nas apresentações e leitura do trabalho, obrigada meninas.

À CAPES, pelo apoio financeiro, através da concessão de bolsa de estudo. Ao PELD-CNPq (Transição Cerrado-Floresta Amazônica: bases ecológicas e sócio-ambientais para a conservação/Nº 558069/2009-6) e ao PROCAD UnB/UNEMAT pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desse estudo.

Agradeço também a todos os brasileiros que financiaram os meus estudos por meio desta instituição e a todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento profissional e realização desse estudo.

**SUMÁRIO**

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	4
ÁREA DE ESTUDO.....	4
COLETA DE DADOS.....	6
ANÁLISE DOS DADOS.....	7
RESULTADOS.....	8
PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA.....	8
CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES.....	10
APORTE DE NUTRIENTES.....	11
EFICIÊNCIA NO USO DOS NUTRIENTES.....	13
DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES.....	14
DISCUSSÃO.....	19
PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA.....	19
CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES.....	24
APORTE DE NUTRIENTES.....	27
EFICIÊNCIA DE USO DOS NUTRIENTES.....	30
DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES.....	32
CONCLUSÃO.....	35
AGRADECIMENTOS.....	36
REFERÊNCIAS.....	37
APÊNDICE 1.....	47



## RESUMO

Neste trabalho, estimamos e avaliamos a produção, a concentração, o aporte, a eficiência de uso dos nutrientes (EUN) e a taxa de decomposição e retorno de nutrientes em um cerradão (CD) e um cerrado típico (CT) em 2011 e 2012. Testamos a hipóteses H1: de que a hiperdinâmica da vegetação do CD gera hiperdinâmica biogeoquímica do ecossistema, com processos mais intensos de ciclagem em relação ao CT e outras formações florestais e savânica; H2) o CD apresenta maior produtividade que o CT devido à sua estrutura e funcionalidade mais complexas em função da presença de dossel contínuo e maior quantidade de estratos verticais e guildas da vegetação. Medimos a produção de serapilheira mensalmente em 30 coletores distribuídos em uma parcela de 1 ha em cada área. Separamos a serapilheira em frações foliar (FO), estruturas reprodutivas (ER) e ramos finos (RF). Monitoramos sacolas de decomposição aos 30, 60, 120, 240 e 365 dias do início do experimento. O nutriente de maior representatividade nas frações foi N. Foi constatada maior concentração de Ca e Mg no CD e de P e K no CT para FO. Para as ER o Ca e Mg tiveram maiores médias no CD em relação ao CT. Para os RF, Ca e Mg apresentou maior média no CD e P no CT. O aporte de todos os nutrientes e EUN para todas as frações foram superiores no CD. Metade da serapilheira foi decomposta ao longo do ano e não diferiu entre as áreas. Entre os intervalos, a liberação da maioria dos nutrientes da serapilheira em decomposição foi maior no CD. Os resultados corroboram as hipóteses de hiperdinâmica da vegetação e maior intensidade de ciclagem de nutrientes do CD em relação ao CT. A hiperdinâmica da vegetação do CD está relacionada à hiperdinâmica biogeoquímica do ecossistema, o que pode indicar que na zona de transição Amazônia/Cerrado as formações florestais (e.g. cerradão) apresentam maior intensidade de ciclagem, EUN e aporte de nutrientes do que formações savânicas (e.g. cerrado típico) e outras vegetações florestais sobre solos distróficos.

**Palavras-chave:** ciclagem de nutrientes, serapilheira, cerrado típico e cerradão.

## **ABSTRACT**

In this study, we estimated and assessed the production, concentration, input, nutrient use efficiency (EUN) and the decomposition and return rates of nutrients in a 'cerradão' (CD) and in a 'typical cerrado' (CT) in 2011 and 2012. We tested the hypotheses that: H1) the vegetation hyperdynamics in the CD generates a biochemical hyperdynamics in the ecosystem, with more intense processes of nutrient cycling compared to the CT and other forest and savanna formations; H2) the CD presents a higher productivity than the CT, due to a more complex structure and functionality, which results from the presence of a continuous canopy and of more vertical strata and vegetation guilds. We measured monthly leaf litter production in 30 collectors distributed on a 1-ha quadrat in each area. We separated the leaf litter into fractions of leaves (FO), reproductive structures (ER), and thin branches (RF). We monitored decomposition bags at 30, 60, 120, 240 and 365 days from the beginning of the experiment. The most frequent nutrient observed was N. We detected a higher concentration of Ca and Mg in the CD, and of P and K in the CT for the FO fraction. For the ER fraction, Ca and Mg presented higher mean values in the CD than in the CT. For the RF fraction, Ca and Mg presented higher mean values in the CD, and P in the CT. The input of all nutrients and the EUN in all fractions were higher in the CD. Half the leaf litter was decomposed during a year, which did not differ between the areas. During the other time periods, nutrient release due to leaf litter decomposition was overall higher in the CD. Results corroborate the hypotheses of vegetation hyperdynamics and of a more intense nutrient cycling in the CD in comparison to the CT. The CD vegetation hyperdynamics is related to the biogeochemical hyperdynamics of the ecosystem, which can indicate that, in the Amazon/Cerrado transition zone, forest formations (e.g. the 'cerradão') present higher nutrient cycling rates, higher EUN and higher nutrient input, in comparison to savanna formations (e.g. 'typical cerrado') and other forest formations that occur on dystrophic soils.

**Key-words:** nutrient cycling, leaf litter, typical cerrado, cerradão.

---

---

Dinâmica de nutrientes em cerrado típico e cerradão na transição  
Amazônia/Cerrado em Mato Grosso

---

---

## INTRODUÇÃO

A Amazônia é o maior bioma brasileiro e ocupa mais de quatro milhões de km<sup>2</sup>, onde predominam florestas perenifólias sobre solos distróficos (IBGE, 2013). O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, com cerca de dois milhões de km<sup>2</sup> dominados por formações savânicas e florestais. A extensa faixa de transição entre os dois biomas forma um expressivo mosaico vegetacional (MARIMON et al., 2006), com extensas áreas contatos entre savanas, como o cerrado típico, e florestas xeromorfas de reduzida área basal denominadas de 'cerradão' (RATTER et al., 1973; MARIMON et al., 2006).

A transição Amazônia/Cerrado, que se estende por aproximadamente 6.000 km, também é conhecida como zona de tensão ecológica (ZTE), devido ao encontro natural e "conflitante" dos dois grandes biomas (RADAMBRASIL, 1981; MARIMON et al., 2006). Além disso, a ZTE localiza se sob grande pressão antrópica, pois coincide com a região conhecida como "arco do desmatamento" (FEARNSIDE, 2006; NOGUEIRA et al., 2008; DOMINGUES; BERMANN, 2012). Devido a isso, existem poucos estudos que abordam a biodiversidade e as características ambientais nessa região (RATTER et al., 1973; ACKERLY et al., 1989; MARIMON et al., 2006).

A ZTE representa ainda um cinturão hiperdinâmico de florestas limítrofes ao leste e ao sul da Amazônia, onde as taxas de *turnover* (Reposição) da comunidade arbórea são altas (MARIMON et al., 2014), especialmente nos cerradões (FRANCZAK et al., 2011). Estas fitofisionomias representam um verdadeiro laboratório natural sobre interações entre comunidade vegetal e meio abiótico em solos distróficos, onde podem ser revelados aspectos importantes da auto-manutenção nutricional das florestas transicionais e savanas da ZTE. Essas informações são importantes para preencher as lacunas de conhecimento sobre a funcionalidade dos ecossistemas dessa região e para formulação de estratégias de conservação da biodiversidade em áreas de alto risco, como o arco do desmatamento.

A auto-manutenção das vegetações tropicais sobre solos distróficos depende essencialmente da reciclagem de nutrientes que será determinada pela produção e decomposição da serapilheira depositada sobre o piso florestal (JORDAN; HERRERA, 1981). Este sistema de reciclagem, por sua vez, é dependente das taxas de deciduidade de cada vegetação e da reabsorção de nutrientes pela malha superficial de raízes finas (VITOUSEK; SANFORD, 1986). Esta reciclagem responde pelo equilíbrio e manutenção nutricional das florestas tropicais em solos distróficos (VITOUSEK; SANFORD, 1986), especialmente na Amazônia (JORDAN; HERRERA, 1981).

As taxas de produção de serapilheira são determinadas por fatores abióticos, como clima e solo, e bióticos, como composição florística, fenologia, estrutura (BRAY; GORHAM, 1964; PORTES et al., 1996) e dinâmica da vegetação (MARIMON-JUNIOR, 2007). Os fatores bióticos determinam de que forma a composição florística influencia em aspectos do ciclo biogeoquímico, como decomposição da camada de serapilheira (WARDLE et al., 1997) e retorno de nutrientes para a vegetação. Portanto, a hiperdinâmica da vegetação do cerrado pode resultar em hiperdinâmica biogeoquímica, com maior aporte de biomassa e nutrientes via queda de serapilheira, maior taxa de decomposição e maior quantidade de nutrientes liberados. Desta forma, a dinâmica da vegetação (fator biótico), pode estar determinando fortemente aspectos funcionais do ecossistema ligados aos ciclos biogeoquímicos, intensificando o sistema de reciclagem e suprimindo as necessidades nutricionais das plantas.

Outra questão importante a ser investigada acerca da ciclagem de nutrientes em solos distróficos na ZTE é a diferença dos processos de produção e retorno de nutrientes entre florestas transicionais e savanas. É necessário investigar, por exemplo, de que forma fatores bióticos, como a malha superficial de raízes, a estrutura e a composição de espécies arbóreas das vegetações interagem nessas diferentes fitofisionomias. O cerrado típico, por ser uma formação savânica, normalmente não mantém malha superficial de raízes, uma vez que o fogo periódico destrói ciclicamente a camada de serapilheira e impede a formação deste componente fundamental da reciclagem de elementos minerais (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005). Ao contrário, o cerrado, por ser uma formação florestal e pouco sujeita ao

fogo periódico (RIBEIRO; WALTER, 2008), forma uma densa malha superficial de raízes finas (MARIMON-JUNIOR dados não publicados).

Uma condição importante dos ciclos biogeoquímicos que envolve a camada de serapilheira é o balanço de nutrientes, tanto em florestas (JORDAN; HERRERA, 1981), quanto em savanas (SILVA et al., 2007). A serapilheira produzida anualmente está mais ligada à produtividade da comunidade (balanço de carbono), enquanto a sua decomposição está mais relacionada à quantidade total de nutrientes que regressa ao componente aéreo (balanço de nutrientes) (WILLIAMS-LINERA; TOLOME, 1996) e ao carbono que retorna à atmosfera (balanço de carbono). Por meio desse contínuo processo de mão-dupla, as plantas transferem energia e nutrientes entre os níveis tróficos (RIBEIRO; WALTER, 2008), o que contribui de forma significativa para a manutenção funcional dos ecossistemas terrestres em solos distróficos (PERES et al., 1983; VITOUSEK; SANFORD, 1986).

Outra condição nutricional importante é a concentração de nutrientes nos tecidos das plantas, que além de revelar o seu estado nutricional também possibilita a determinação do nível de eficiência de uso de cada nutriente (EUN) na comunidade (VITOUSEK; SANFORD, 1986). As plantas de solos distróficos tendem a ser mais hábeis na produção de matéria orgânica por quantidade de nutriente adquirido do que as de solos eutróficos (MONK, 1966; HARIDASAN, 2000), condição que representa maior EUN (VITOUSEK, 1984).

Como os processos que envolvem a nutrição mineral e os ciclos biogeoquímicos dessas comunidades ainda estão pouco entendidos, é necessário verificar se existem ou não diferenças no padrão de uso de nutrientes do solo por estas fitofisionomias e se a hiperdinâmica da vegetação arbórea do cerradão se reflete na ciclagem de nutrientes, o que pode caracterizar hiperdinâmica biogeoquímica. Estas informações são úteis na compreensão de alguns processos ecossistêmicos que podem nortear planos de proteção aos ecossistemas da ZTE, especialmente em relação ao cerradão, onde não apenas algumas espécies estão ameaçadas de extinção, mas todo um ecossistema ainda não inteiramente compreendido.

Neste estudo, estimamos a produção de macronutrientes, a concentração, o aporte, a eficiência de uso dos nutrientes (EUN), a taxa decomposição da serapilheira e o retorno de nutrientes em uma formação

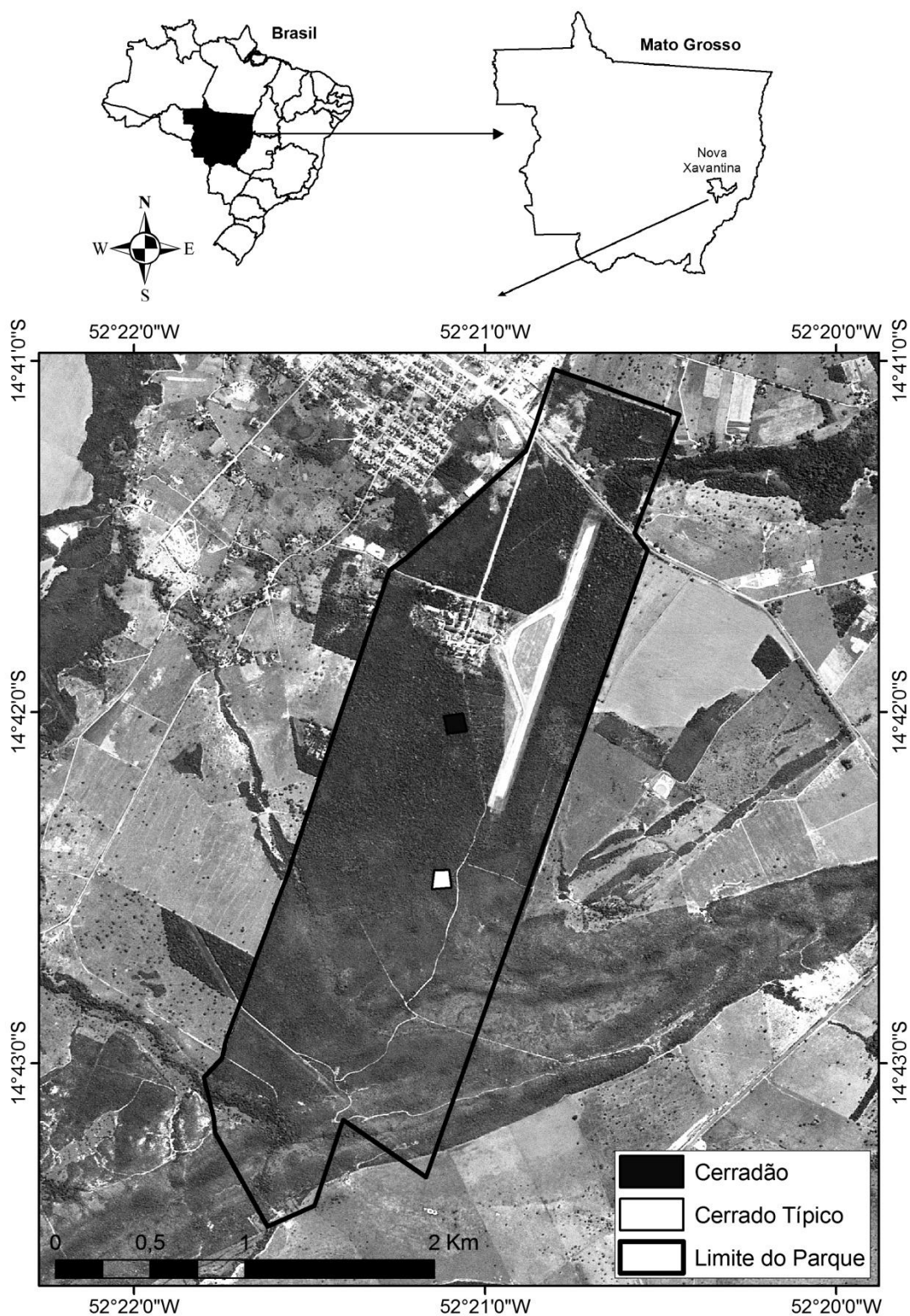
savânica (cerrado típico) e uma florestal (cerradão) no período de dois anos (2011 e 2012). Foram testadas as seguintes hipóteses: H1) a hiperdinâmica da vegetação arbórea da formação florestal o cerradão resulta em hiperdinâmica biogeoquímica do ecossistema, com maior EUN, aporte e liberação de nutrientes do que o cerrado típico e outras áreas de vegetação savânica e florestal no Brasil; H2) o cerradão tem maior produção de serapilheira que o cerrado típico devido à sua estrutura e funcionalidade mais complexa devido à presença de dossel contínuo e maior quantidade de estratos verticais e guildas da vegetação (e.g. lianas e sub-dossel).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi conduzido em um cerradão e em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba (PMB) (14°42'02,3"S e 52°21'02,6"W) (Figura 1). Cada área foi constituída de uma parcela permanente de 1 ha demarcada e inventariada inicialmente em 2002 por Marimon-Junior e Haridasan (2005) e reinventariada em 2008 e 2013 (MARIMON et al. 2014). A área de estudo está localizada na transição entre os biomas Cerrado/Amazônia (MARIMON et al., 2006), região leste de Mato Grosso.

O PMB ocupa área de aproximadamente 470 ha e está em altitude média de 250 m (ABAD; MARIMON, 2008). Os solos de ambas as fitofisionomias são do tipo Latossolo Amarelo, ácido ( $\text{pH} < 5,0$ ) e distrófico ( $\text{Ca}^{2+} < 0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), com altos teores de alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+} \sim 1,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e textura franco argilosa (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005). O clima é do tipo Aw de Köppen (SILVA et al., 2008), com estações seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março) bem definidas. A precipitação média anual é de 1.500 mm e a temperatura média mensal é de 25°C (MARIMON et al., 2010).



**Figura 1.** Localização da área de estudo no Parque Municipal do Bacaba, Município de Nova Xavantina, MT. Fonte: LANA – Laboratório de Análise Ambiental, UNEMAT, Nova Xavantina, 2014.

## COLETA DE DADOS

Em cada fitofisionomia foram instalados aleatoriamente 30 coletores (litterfall) circulares com 60 cm de diâmetro. Os coletores foram constituídos de tela plástica com malha de 1 mm presa em aro de ferro de 60 cm de diâmetros sustentado por três hastes de 1,30 m de altura fixadas ao solo.

A serapilheira foi coletada quinzenalmente entre janeiro de 2011 e janeiro de 2013. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, submetidas à secagem em estufa a 70°C até peso constante e separadas nas frações de folhas, estruturas reprodutivas, ramos finos e miscelânea. Após essa etapa, as frações foram pesadas em balança de precisão e encaminhadas ao laboratório de análises químicas.

Para testar a hipótese H1, foi realizado coletas de serapilheira para determinar a concentração e aporte dos nutrientes. A hipótese H2 foi testada utilizando os dados de produtividade de serapilheira coletado no cerradão e cerrado típico nos dois anos de estudo.

A taxa de decomposição e de liberação dos nutrientes foliares nas duas áreas foi avaliada a partir do método de confinamento de serapilheira em sacolas de decomposição (BOCOCK; GILBERT, 1957). A escolha da fração foliar se deu em função de sua ampla utilização nos trabalhos de decomposição e representatividade na serapilheira total, participando com 50 a 80% do total de produção da serapilheira aérea em termos de biomassa (SUNDARAPANDIAN; SWAMY, 1999).

A taxa de decomposição em cada fisionomia foi avaliada coletando-se 15 sacolas com 30, 60, 120, 240 e 365 dias após o início do experimento (DIE), sendo inseridas 90 sacolas de decomposição em cada uma das fitofisionomias. As sacolas foram confeccionadas com tela de nylon de 20 x 24 cm com malha de 2 mm e preenchidas com 10 gramas de folhas secas recém caídas e coletadas na própria fisionomia estudada.

Para determinar a concentração dos nutrientes entre 2011 e 2012 foi realizada uma mistura, na qual foi juntada, por mês, as coletas realizadas quinzenalmente das frações de folhas, estruturas reprodutivas e ramos finos. Foram separadas 10 gramas de cada amostra, por fração, em cada uma das áreas, totalizando 72 amostras.



As amostras foram enviadas ao laboratório particular e submetidas à digestão úmida triácida em blocos digestores com temperatura de 320°C por 48 horas para determinação dos macronutrientes (TAN, 1995). Os teores de Ca, Mg e S foram determinados por espectrofotômetro de absorção atômica, K por meio de espectrofotômetro de emissão de chama digital, P pelo método de fotocolorímetro com Vanado Molibdato de Amônia e N por destilação Kjeldahl (EMBRAPA, 1999).

Para estimar o aporte dos nutrientes nas frações de folhas, estruturas reprodutivas e ramos finos, foi utilizada a seguinte fórmula:  $A_N = C_{EF} \cdot Q_{AF}$ , onde  $A_N$  = aporte dos nutrientes;  $C_{EF}$  = concentração do elemento na fração e  $Q_{AF}$  = quantidade aportada de biomassa na fração. Todos os cálculos foram baseados na média anual dos dois anos de avaliação.

Para a estimativa de eficiência de uso dos nutrientes (EUN) no cerradão e cerrado típico foi utilizada a fórmula proposta por Hansen e Baker (1979), em que  $EUN = \text{kg de matéria seca produzida/kg de nutriente utilizado}$ . Após a estimativa de EUN foi realizado o teste  $t$  para amostras independentes (ZAR, 2010).

## **ANÁLISE DOS DADOS**

Para comparar a produção de serapilheira (total), folhas, estruturas reprodutivas, ramos finos e miscelânea no cerradão e cerrado típico foi realizada análise de variância (*ANOVA One-Way*), seguida do teste de Tukey quando identificada diferença entre as médias.

Os valores para os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S obtidos para o aporte e a concentração nas frações de folhas, estruturas reprodutivas e ramos finos foi avaliado entre as duas fitofisionomias mediante ao teste  $t$  para amostras independentes (ZAR, 2010). Para os valores de eficiência de uso dos nutrientes (EUN) no cerradão e cerrado típico foi realizado o teste  $t$  para amostras independentes (ZAR, 2010). Quando os dados não apresentaram homocedasticidade foi utilizado o teste  $t$  para variâncias separadas (ZAR, 2010).

Avaliamos a taxa de decaimento da biomassa, concentração e liberação dos nutrientes nas duas fitofisionomias mediante regressão exponencial, logarítmica e polinomial (ZAR, 2010). Foram avaliadas a concentração dos

nutrientes e a permanência das amostras em campo para verificar se existe relação entre o tempo de decomposição e a quantidade de nutrientes liberados.

Para os testes *t* e análise de variância (*ANOVA One-Way*) foi utilizado o programa PAST 2.15 (HAMMER, 2001). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene (SIEGEL; CASTELLAN-JÚNIOR, 1988) no programa PAST 2.15 (HAMMER, 2001). As demais análises foram realizadas no programa BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007). Todos os testes foram realizados ao nível de significância de 5%.

## **RESULTADOS**

### **PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA**

O cerradão apresentou em média maior produção de serapilheira que o cerrado típico em todas as frações e na serapilheira total e para todos os períodos avaliados. A fração de maior representatividade foi à fração de folhas para as duas áreas e a miscelânea foi a que sempre apresentou a menor contribuição para a serapilheira.

**Tabela 1.** Produção média ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de serapilheira em um cerradão e um cerrado típico entre 2011 e 2012 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Frações folhas (FO), estruturas reprodutivas (ER), ramos finos (RF) e Miscelânea (MI).

Fração	2011		2012		Média (2011-2012)	
	Cerradão	Cerrado típico	Cerradão	Cerrado típico	Cerradão	Cerrado típico
<b>FO</b>	5,53 (71,63%) a	3,17 (82,45%) b	5,99 (61,38%) a	3,39 (82,26%) b	5,76 (65,97%) a	3,28 (82,61%) b
<b>ER</b>	0,89 (11,60%) a	0,25 (6,57%) b	1,51 (15,47%) a	0,17 (4,24%) b	1,20 (13,54%) a	0,21 (5,28%) b
<b>RF</b>	0,79 (10,28%) a	0,31 (7,97%) b	1,41 (14,41%) a	0,39 (9,68%) b	1,10 (12,60%) a	0,35 (8,81%) b
<b>MI</b>	0,50 (6,50%) a	0,11 (3,00%) b	0,85 (8,74%) a	0,15 (3,82%) b	0,67 (7,67%) a	0,13 (3,77%) b
<b>Total</b>	7,71 a	3,84 b	9,76 a	4,10 b	8,73 a	3,97 b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente entre si.

## CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES

A prevalência dos nutrientes na fração foliar no cerradão seguiu a ordem N>Ca>Mg>K>S>P, onde ocorreu inversão apenas do Mg pelo K para o cerrado típico (Tabela 2). No cerradão e cerrado típico, a ordem para as estruturas reprodutivas foi N>K>Ca>Mg>S>P, para ramos finos N>Ca>K>Mg>S>P e para serapilheira total N>Ca>K>Mg>S>P (Tabela 2).

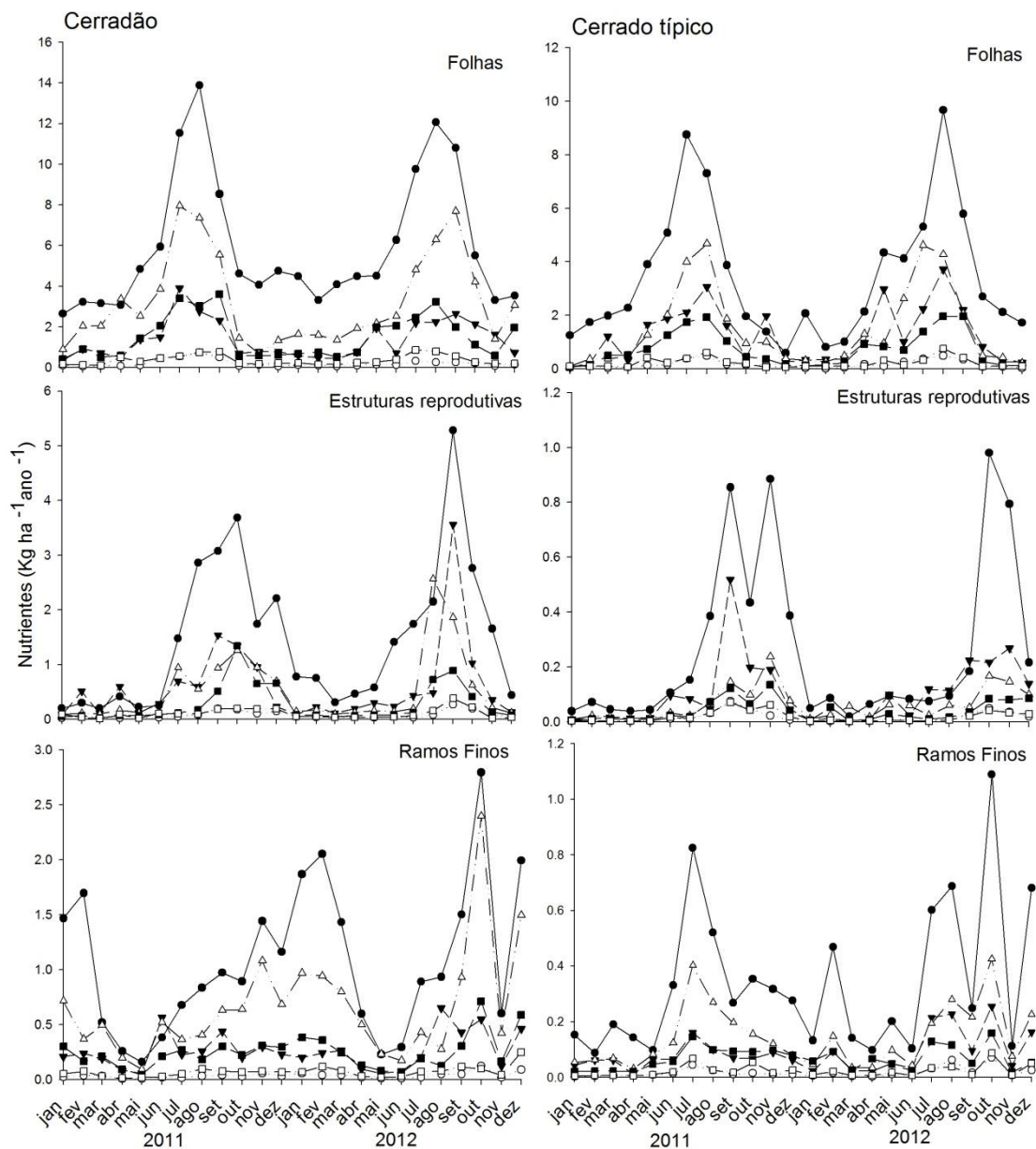
Na fração foliar o Ca e o Mg a concentração média foram maiores no cerradão e P e K maiores no cerrado típico (Tabela 2). Para as estruturas reprodutivas, as concentrações de Ca e Mg foram superiores para o cerradão (Tabela 2). As concentrações de nutrientes dos ramos finos tiveram médias de Ca e Mg maiores para o cerradão e de P para o cerrado típico (Tabela 2).

**Tabela 2.** Concentração média dos macronutrientes N (Nitrogênio), P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), S (Enxofre) nas frações folhas (FO), estruturas reprodutivas (ER) e ramos finos (RF) no cerradão (CD) e no cerrado típico (CT), Parque Municipal do Bacaba Nova Xavantina – MT.

Fração	Área	Concentração de Nutrientes (g Kg <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )					
		N	P	Ca	K	Mg	S
FO	CD	12,42	0,47	6,83	2,90	3,10	0,74
	CT	12,53	0,59	5,42	4,46	2,68	0,77
	<i>t</i>	-0,18	-2,21	3,81	-3,07	2,67	-0,32
	<i>p</i>	0,86	0,03	<0,01	<0,01	0,01	0,75
ER	CD	14,97	0,82	5,39	5,93	2,76	0,99
	CT	14,39	0,91	3,65	5,91	2,24	1,06
	<i>t</i>	0,51	-0,90	4,09	0,01	2,02	-0,77
	<i>p</i>	0,62	0,38	<0,01	0,99	0,05	0,45
RF	CD	12,60	0,41	7,67	3,16	2,95	0,79
	CT	11,84	0,61	5,21	3,07	2,47	0,80
	<i>t</i>	1,23	-4,38	5,42	0,27	3,19	-0,06
	<i>p</i>	0,23	<0,01	<0,01	0,78	<0,01	0,95

## **APORTE DE NUTRIENTES**

De modo geral, o aporte dos nutrientes na serapilheira apresentou médias superiores para o cerradão (Figura 2, Tabela 3). Uma exceção foi o elemento K na fração de folhas ( $p=0,36$ ), que foi similar nas áreas estudadas. O nutriente de maior quantidade anual aportado pelas três frações no cerradão e no cerrado típico foi N (Figura 2, Tabela 3). No cerradão, a fração foliar respondeu por 46% (2011) e 48% (2012) do total de N aportado; estruturas reprodutivas por 47% (2011) e 50% (2012) e ramos finos por 45% do total do elemento aportado em 2011 e 2012. Para o cerrado típico, a fração foliar contribuiu com um total de 48% e 45%; estruturas reprodutivas com 51% e 50% e ramos finos com 46% e 52%, respectivamente, para os dois anos avaliados. O período de maior produtividade dos nutrientes em ambas as áreas foi na estação seca (Figura 2).



**Figura 2.** Aporte de nutrientes N (Nitrogênio) (—●—), P (Fósforo) (---○---), K (Potássio) (---▼---), Ca (Cálcio) (---△---), Mg Magnésio) (—■—), S (Enxofre) (—□—) em Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para as frações de folhas, estruturas reprodutivas e ramos finos no cerradão e no cerrado típico em 2011 e 2012 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

**Tabela 3.** Aporte médio dos macronutrientes N (Nitrogênio), P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), e S (enxofre) ( $\text{Kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ ) nas frações folhas (FO), estruturas reprodutivas (ER) e ramos finos (RF) no cerradão (CD) e no cerrado típico (CT), Parque Municipal do Bacaba Nova Xavantina – MT. %CD/CT = quantidade a mais de aporte no cerradão em relação ao cerrado típico.

Fração	Área	Aporte de nutrientes ( $\text{Kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ )					
		N	P	Ca	K	Mg	S
FO	CD	71,53	2,70	39,33	16,70	17,85	4,26
	CT	41,09	1,93	17,77	14,62	8,79	2,52
	<i>t</i>	10,76	3,17	13,63	0,93	12,22	5,61
	<i>p</i>	<0,01	<0,01	<0,01	0,36	<0,01	<0,01
% CD/CT	-	74,08	39,90	121,33	14,23	103,07	69,05
ER	CD	17,96	0,98	6,46	7,11	3,31	1,18
	CT	3,02	0,19	0,76	1,24	0,47	0,22
	<i>t</i>	10,71	10,86	9,22	8,32	11,20	7,96
	<i>p</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
% CD/CT	-	494,70	415,79	750,00	473,39	604,26	436,36
RF	CD	13,86	0,45	8,43	3,47	3,24	0,86
	CT	4,14	0,21	1,82	1,07	1,03	0,28
	<i>t</i>	10,12	5,96	10,05	6,03	12,59	6,77
	<i>p</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	-	234,78	114,29	363,19	224,30	214,56	207,14
TOTAL	CD	102,82	4,13	54,22	27,28	24,44	6,30
	CT	48,25	2,33	20,35	17,23	10,29	3,02
	<i>t</i>	4,55	3,25	5,19	2,67	4,69	4,41
	<i>p</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
% CD/CT	-	113,10	77,25	166,44	58,33	137,51	108,61

### EFICIÊNCIA NO USO DOS NUTRIENTES

O cerradão apresentou maior eficiência no uso dos nutrientes (EUN) para todas as frações, com exceção apenas para o Ca ( $p=0,18$ ) na fração foliar (Tabela 4). Para P e K, a EUN do CERRADÃO foi tão superior ao CT que no caso da fração foliar chega a ultrapassar em mais de 100%, chegando mesmo na fração estruturas reprodutivas a ser superior a 400% de eficiência em relação ao cerrado típico para o elemento P, mais de 500% para N e mais de

600% no caso de K. Valores muito elevados de maior EUN no cerradão também foram verificados para ramos finos.

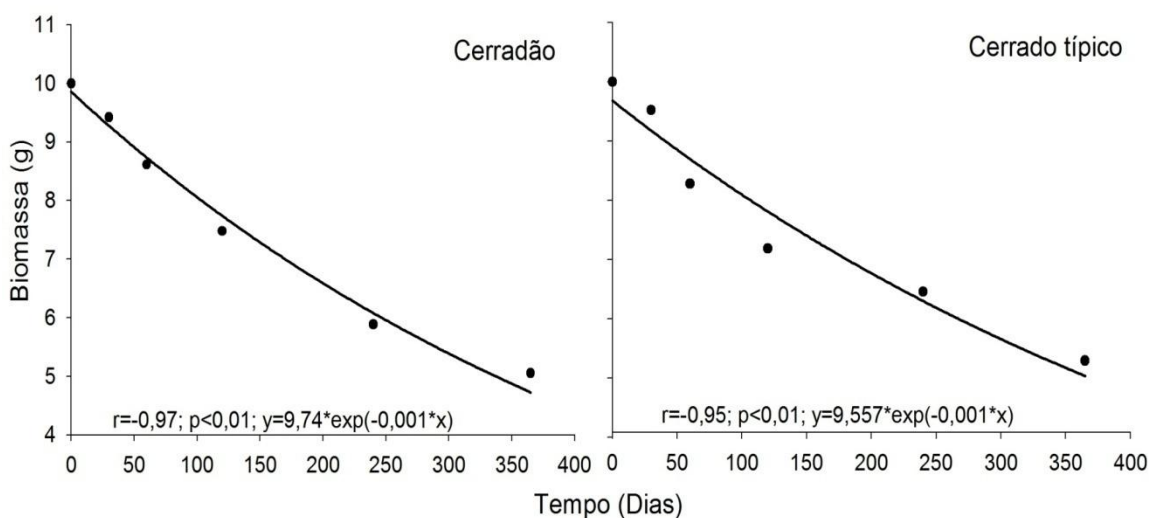
**Tabela 4.** Eficiência de uso dos nutrientes (EUN) N (Nitrogênio), P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), S (enxofre) nas frações folhas (FO), estruturas reprodutivas(ER) e ramos finos (RF) no cerradão (CD) e no cerrado típico (CT), Parque Municipal do Bacaba Nova Xavantina – MT. %CD/CT= quantidade a mais de EUN no cerradão em relação ao cerrado típico.

Fração	Área	EUN					
		N	P	Ca	K	Mg	S
FO	CD	34,00	939,04	60,34	146,87	133,75	599,90
	CT	20,57	441,47	44,45	67,49	85,77	343,79
	<i>t</i>	2,15	2,98	1,37	3,18	2,06	2,46
	<i>p</i>	0,04	0,01	0,18	<0,01	0,04	0,02
% CD/CT	-	65,29	112,71	35,75	117,62	55,94	74,50
ER	CD	6,82	140,59	19,20	17,42	36,36	101,35
	CT	0,99	18,76	4,34	2,96	6,64	13,53
	<i>t</i>	2,47	2,41	2,22	2,80	2,20	2,68
	<i>p</i>	0,02	0,02	0,04	0,01	0,04	0,01
% CD/CT	-	588,89	649,41	342,40	488,51	447,59	649,08
RF	CD	6,39	193,73	10,63	29,96	28,12	112,14
	CT	2,06	41,80	5,19	8,29	10,67	33,47
	<i>t</i>	4,21	5,77	3,30	3,86	3,88	3,07
	<i>p</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
% CD/CT	-	210,19	363,47	104,82	261,40	163,54	235,05

## DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES

A decomposição da biomassa da serapilheira decaiu exponencialmente para as duas áreas e apresentou cerca de 50% de decomposição do material confinado no final do experimento (Figura 3). A taxa de decaimento da biomassa da serapilheira não diferiu entre as duas áreas estudadas ( $p=0,86$ ).

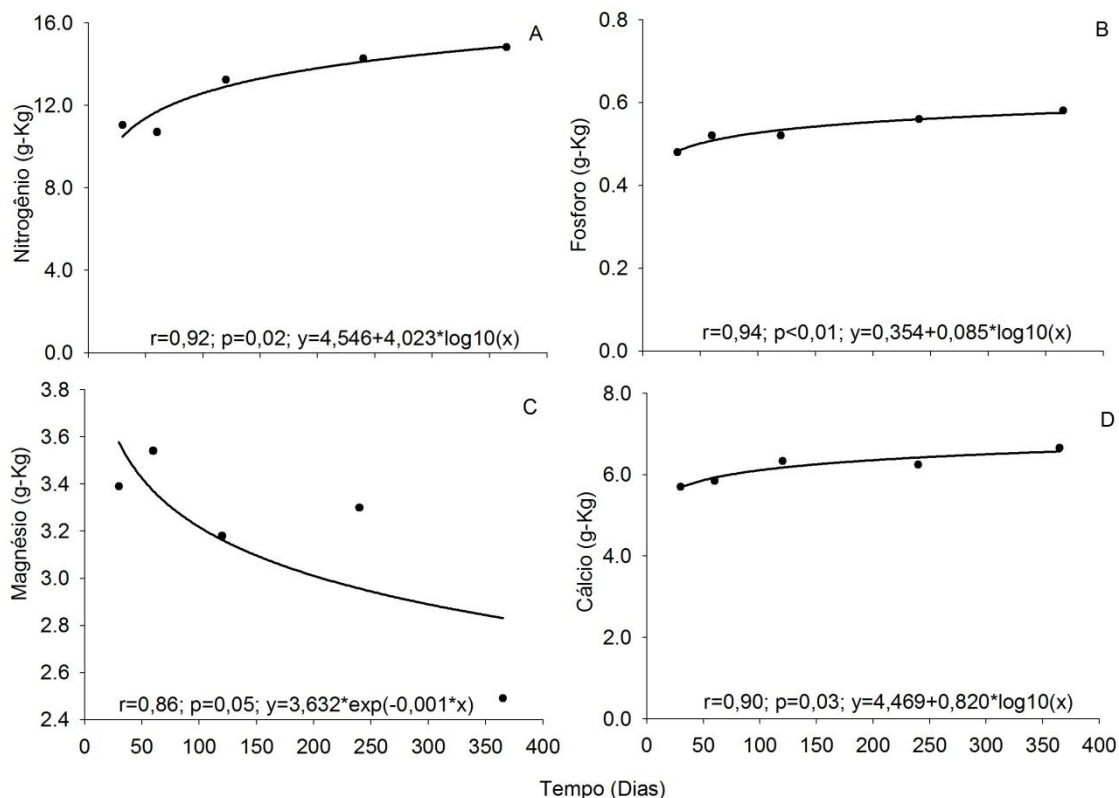




**Figura 3.** Biomassa remanescente (g) no cerradão e no cerrado típico aos 0, 30, 60, 120, 240 e 360 dias após o início do experimento (DIE) nas sacolas de decomposição entre 2011 e 2012 no Parque Municipal do Bacaba Nova Xavantina-MT.

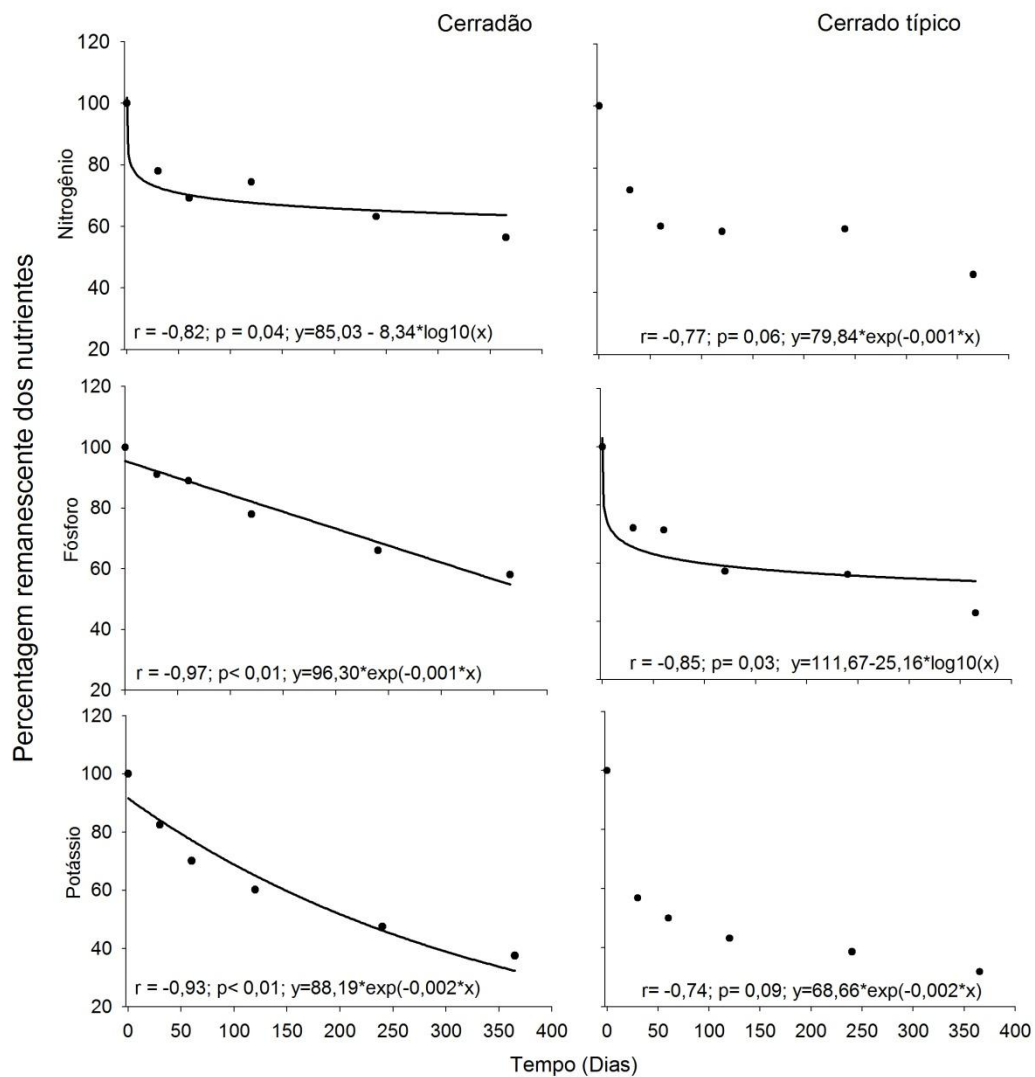
No cerradão, a concentração de N no material em decomposição apresentou aumento após o início do experimento (Figura 4-A), com diminuição apenas aos 60 dias após o início do experimento (DIE), com tendência à estabilização após esse período. O P aumentou nos primeiros 60 DIE, com ligeira tendência de estabilização à medida que progrediu o período de decomposição em campo (Figura 4-B). O Mg (Figura 4-C) apresentou decaimento exponencial ao longo do tempo, com declínio constante na concentração do nutriente em decomposição.

No cerrado típico, o elemento Ca apresentou declínio de concentração aos 60 e 240 DIE, mas em seguida exibiu tendência de estabilização (Figura 4-D). Para os elementos N, P, K, Mg e S não foi verificado nenhum padrão evidente nas concentrações dos nutrientes.



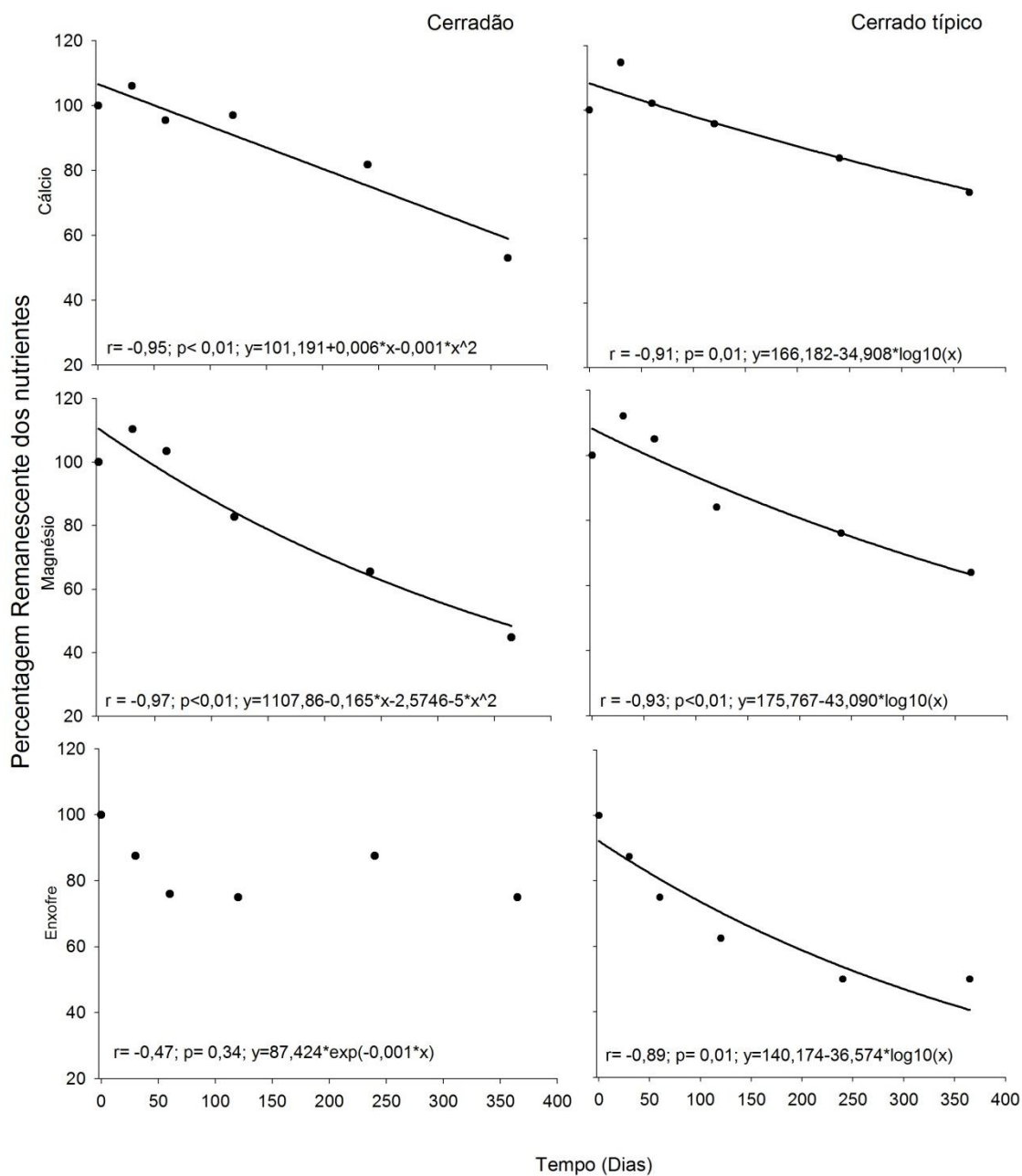
**Figura 4.** Concentração de Nitrogênio (A), Fósforo (B) e Magnésio (C) no cerradão e Cálcio (D) no cerrado típico aos 30, 60, 120, 240 e 360 dias do início do experimento (DIE) nas sacolas de decomposição entre 2011 e 2012 no Parque Municipal do Bacaba Nova Xavantina-MT.

No cerradão a percentagem de liberação remanescente dos nutrientes da serapilheira em decomposição (redução da quantidade total) apresentou decaimento logarítmico para N e decaimento exponencial para P e K, o que indica forte tendência de maior liberação durante o período inicial e menor ao final do experimento (Figura 5). No cerrado típico ocorreu o mesmo padrão para P, onde verificamos liberação intensa no período inicial, seguido de brusca redução após os 30 DIE. Os nutrientes N e K não apresentaram tendência de liberação acentuada contínua, mas apresentaram forte decaimento no início do período de decomposição (Figura 5).



**Figura 5.** Percentagem remanescente dos nutrientes Nitrogênio, Fósforo e Potássio no cerradão e no cerrado típico aos 0, 30, 60, 120, 240 e 360 dias do início do experimento (DIE) nas sacolas de decomposição entre 2011 e 2012 no Parque Municipal do Bacaba Nova Xavantina-MT.

Para o cerradão, a liberação na porcentagem remanescentes de Ca e Mg apresentou decaimento polinomial (Figura 6). No cerrado típico, os nutrientes Ca, Mg e S apresenta ajuste da curva de decaimento logarítmico, o que indica liberação intensa após 30 DIE (Figura 6). Ao final do experimento, considerando cerca de 50% do material foliar decomposto, o decaimento foi semelhante entre as áreas.



**Figura 6.** Percentagem remanescente de Cálcio, Magnésio e Enxofre no cerradão e no cerrado típico aos 0, 30, 60, 120, 240 e 360 dias do início do experimento (DIE) nas sacolas de decomposição entre 2011 e 2012 no Parque Municipal do Bacaba Nova Xavantina-MT.

## DISCUSSÃO

### PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA

O cerradão apresentou maior produção de serapilheira que o cerrado típico e que diversos outros tipos de vegetação (Tabela 5). Estes resultados corroboram a hipótese de que a hiperdinâmica da vegetação pode refletir em alta produção de serapilheira e conseqüentemente em hiperdinâmica da ciclagem de nutrientes (hiperciclagem). Da mesma forma, a hipótese de que o cerradão é mais produtivo devido à sua estrutura e funcionalidade mais complexas também foi corroborada, uma vez que o cerradão produziu mais do que o dobro da serapilheira do cerrado típico para todas as frações e para a serapilheira total, considerando os anos de 2011 e 2012 e a média entre eles.

Resultados semelhantes foram encontrados em outras comparações entre cerrado típico e cerradão no Bioma Cerrado. Ao avaliar um cerradão em Brasília-DF e outro em Minas Gerais, Perez et al. (1983) e Delliti (1984), respectivamente, verificaram menor produção de serapilheira registrada no cerrado típico em relação ao cerradão. Tais diferenças podem ser explicadas em função de diferenças funcionais entre as fitofisionomias. O cerradão é uma formação florestal que apresenta dossel contínuo e cobertura arbórea que pode variar de 50% a 90%, com árvores entre 7 e 15 m de altura (RIBEIRO; WALTER, 2008) e área basal de superior ao cerrado típico (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005). Já o cerrado típico, por ser uma vegetação savânica composta por um estrato arbóreo-arbustivo e outro herbáceo-graminoso, possui cobertura arbórea de apenas 20% a 50%, com a altura média da vegetação 3 m a 6 m (RIBEIRO; WALTER, 2008). Assim, tais diferenças na estrutura da vegetação entre as áreas justificam a maior produção de serapilheira total para todas as frações no cerradão, corroborando com o padrão encontrado em outros trabalhos.

Semelhante padrão foi observado por Silva et al. (2007) em cerrado e floresta de transição Amazônia/Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. Os autores verificaram que a produção de serapilheira ao longo do ano foi significativamente maior na floresta de transição quando comparada às fitofisionomias de cerrado.

**Tabela 5.** Produção de serapilheira, concentração anual e retorno de nutrientes na serapilheira total em floresta e Savanas e em outras áreas de vegetação nativas de outras regiões. D = distrófico; M = mesotrófico; SI = sem informação.

Região/Área	Produção Mg ha <sup>-1</sup>	Retorno (Kg.ha <sup>-1</sup> )					Concentração (Mg.g <sup>-1</sup> )					Solo	Referência
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg		
<b>Nova Xavantina</b> - Cerradão (este estudo)	8,7	116,0	4,9	57,6	34,7	25,4	13,3	0,5	6,6	4,0	2,9	D	Este estudo
<b>Nova Xavantina</b> - Cerrado típico (este estudo)	3,9	50,4	2,7	18,5	17,5	9,5	12,9	0,7	4,7	4,4	2,4	D	Este estudo
<b>Nova Xavantina</b> - Floresta monodominante	7,4	113,4	3,7	34,2	32,8	14,1	15,3	0,5	4,6	4,4	1,9	D	MARIMON-JUNIOR (2007)
<b>Nova Xavantina</b> - Floresta mista	7,9	123,2	4,3	31,8	61,6	21,6	16,6	0,6	4,3	8,3	2,9	D	MARIMON-JUNIOR (2007)
<b>Brasília</b> - Cerradão	7,8	63,9	4,6	12,4	26,5	10,9	8,2	0,6	1,6	3,4	1,4	D	PEREZ et al. (1983)
<b>Brasília</b> - Cerrado	2,1	17,8	1,2	3,3	6,7	2,5	-	-	-	-	-	D	PEREZ et al. (1983)
<b>Brasília</b> - Mata de galeria solo úmido	6,1	36,7	1,4	8,9	18,	9,7	10,8	0,46	2,7	5,4	2,9	D	PARRÓN (2004)
<b>Brasília</b> - Mata de galeria solo intermediário	7,2	42,3	1,8	11,5	25,9	12,1	11,6	0,52	3,3	6,4	3,0	D	PARRÓN (2004)
<b>Brasília</b> - Mata de galeria solo seco	7,0	42,2	1,61	15,6	29,8	16,5	10,4	0,43	3,7	7,6	3,9	D	PARRÓN (2004)
<b>Mogiguaçu</b> -Cerrado	3,2	42,8	1,9	7,0	20,4	5,4	-	-	-	-	-	D	DELLITI (1984)
<b>Assis</b> - Semidecidual ripário	-	217,7	11,5	52,8	199,8	38,7	21,6	1,37	6,2	22,8	4,4	D	VITAL et al. (2004)
<b>Assis</b> - Ciliar solo seco	6,4	109,6	4,4	22,8	90,2	17,9	19,5	0,7	3,9	12,5	3,0	SI	PAGANO; DURIGAN (2000)
<b>Assis</b> - Ciliar solo úmido	5,3	81,7	2,9	23,6	70,3	15,2	15,2	0,6	4,2	13,7	2,9	SI	PAGANO; DURIGAN (2000)
<b>Marília</b> - Ciliar solo seco	11,1	220,5	7,3	63,9	190,5	46,8	20,9	0,7	5,9	17,4	4,3	SI	PAGANO; DURIGAN (2000)
<b>Marília</b> - Ciliar solo úmido	8,8	185,4	5,7	50,3	181,4	35,6	21,5	0,7	5,5	19,5	4,0	SI	PAGANO; DURIGAN (2000)
<b>Tarumã</b> - Ciliar solo seco	9,7	179,5	8,3	58,7	323,9	55,6	19,1	0,9	6,1	3,3	5,5	SI	PAGANO; DURIGAN (2000)
<b>Belém</b> - Terra firme	9,9	157	4,1	17,0	32,8	26,8	17,0	0,41	1,7	3,1	2,8	M	KLINGE (1977)
<b>Belém</b> - Terra firme	8	115	3,6	28,2	114	15,9	-	-	-	-	-	D	DANTAS; PHILIPSON (1989)
<b>São Paulo</b> - Estacional secundária	5,9	186	9,2	38,8	104,5	18,2	19,8	0,98	4,1	11,1	1,9	SI	MEGURO et al. (1979)
<b>Manaus</b> - Terra firme	7,3	106	2,1	12,7	18,3	12,6	15,0	0,3	1,8	2,2	1,8	SI	KLINGE; RODRIGUES (1968)
<b>Manaus</b> - Ciliar	6,4	73,8	1,4	21,1	20,5	1,1	13,0	0,28	2,6	3,5	0,2	D	FRANKEN et al. (1979)
<b>Manaus</b> - Platô	8,2	151	3,1	15	36,7	13,8	18,0	0,2	1,5	3,8	1,8	D	LUIZÃO (1989)

Região/Área	Produção Mg ha <sup>-1</sup>	Retorno (Kg.ha <sup>-1</sup> )					Concentração (Mg.g <sup>-1</sup> )					Solo	Referência
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg		
<b>Manaus</b> - Vale	7,4	109	3,7	22,2	58,2	14,0	14	0,3	3,0	7,7	2,1	D	LUIZÃO (1989)
<b>Ilha de Maracá</b> - Terra firme rica em <i>Peltogyne</i>	7,9	86,1	3,9	49,2	75,4	28,1	10	0,42	6,6	9,3	4,2	D	VILELA; PROCTOR (1999)
<b>Ilha de Maracá</b> - Pobre em <i>Peltogyne</i>	9,1	98,0	4,2	54,2	61,9	23,2	10	0,39	7,2	7,3	3,2	D	VILELA; PROCTOR (1999)
<b>Ilha de Maracá</b> - Sem <i>Peltogyne</i>	8,6	90,2	3,6	47,3	52,6	15,6	10	0,34	5,4	5,7	1,8	D	VILELA; PROCTOR (1999)
<b>Ilha de Maracá</b> - Sem <i>Peltogyne</i>	9,3	118	6,7	48,5	63,7	23,8	13	0,58	4,7	7,4	2,7	D	SCOTT et al. (1992)
<b>Austrália</b> - Chuvosa de terras altas	-	-	-	-	-	-	10	0,3	4,3	0,7	2,8	SI	HERBON; CONGDON (1993)
<b>Guatemala</b> - Chuvosa secundária	10	-	-	-	-	-	14	0,7	2,4	21,2	3,5	SI	EWEL (1976)
<b>Guatemala</b> - Chuvosa madura	9,0	-	-	-	-	-	19	0,6	2,2	9,8	7,1	SI	EWEL (1976)
<b>Venezuela</b> - Terra firme	7,5	-	-	-	-	-	16	0,3	2,4	1,7	0,7	SI	CUEVAS; MEDINA (1986)

A maior representatividade da fração folhas foi semelhante à encontrada por outros estudos (e.g. KLINGE e RODRIGUES, 1968; CIANCIARUSO et al., 2006; SILVA et al., 2007). A fração foliar é o compartimento mais importante na maioria dos estudos realizados com produção de serapilheira em florestas tropicais (BARNES et al., 1998), o que depende das espécies, da estrutura e da idade das árvores que estão presentes na área (ZIMMERMANN et al., 2002). Assim, as espécies arbóreas se encontram em constante variação de produtividade dentro da comunidade devido ao fato de apresentarem taxas fotossintéticas variando conforme fases fenológicas e respostas às alterações ambientais (MALAVOLTA, 1989). A elevada deposição de folhas encontrada no ambiente florestal pode ser devido ao crescimento rápido e renovação foliar das espécies pioneiras (MARTINS; RODRIGUES, 1999; WERNECK et al., 2001) que estão presentes na comunidade (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN 2005, FRAN CZAK et al., 2011).

A maior produção da fração foliar no cerrado também pode estar relacionada com a origem fitogeográfica das espécies, uma vez que a queda da fração depende da combinação de fatores que provocam abscisão foliar, como topografia, latitude, e condição genética (WILLIANS-LINERA; TOLOME, 1996), mas especialmente pelo déficit hídrico do solo durante a época seca (BORCHERT, 1980; FRANCO, 2002). Apesar da proximidade entre as áreas estudadas e de sofrerem influências do mesmo clima, diferenças texturais do solo entre os dois sítios podem determinar menor abscisão foliar no ambiente florestal, uma vez que este está localizado em solo mais arenoso, conseqüentemente com baixa capacidade de retenção de água (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005).

A maior biomassa de estruturas reprodutivas no cerrado é similar ao observado em florestas estacionais semidecíduais (ARATO et al., 2003). Segundo Morellato e Leitão Filho (1995) e Oliveira (1997), a queda do material vegetal pode estar relacionada com fatores como a sazonalidade e a fenologia apresentada pelas diferentes espécies na comunidade. Neste caso, de acordo com a fase fenológica das espécies, ocorrerá maior ou menor deposição das diferentes frações. Esses resultados também podem ser explicados pelo fato da maioria das espécies possuírem frutos grandes e pesados e serem dispersos principalmente por animais (Zoocoria), como o observado em estudo



realizado por Marimon e Felfili (2006) em floresta monodominante de *Brosimum rubescens* no Leste Mato-grossense. Por outro lado, na formação savânica a maioria das espécies apresentam frutos secos e com dispersão por anemocoria. Contudo, novos estudos devem ser conduzidos nestas vegetações para corroborar esta hipótese.

As maiores quantidades de ramos finos registrados na serapilheira do cerradão em relação ao cerrado típico podem estar relacionadas com a maior dinâmica do cerradão, que apresenta onde alta taxa de mortalidade e recrutamento das árvores (MARIMON et al., 2014), o que pode contribuir com o aumento na queda de galhos e ramos finos na serapilheira. Além disso, a velocidade dos ventos, que aumenta no final da estação seca e na estação chuvosa, pode acelerar a dinâmica do cerradão, pois derruba galhos mortos (e.g. HERBOHN; CONGDON, 1993; MARTINS; RODRIGUES, 1999).

Quando avaliadas áreas no Brasil e no mundo com o total de serapilheira produzida em cada uma dessas fisionomias, verificamos que em 20 áreas dentre as 29 áreas de floresta registradas os valores foram inferiores ao ambiente florestal nesse estudo (Tabela 5). Para as áreas de cerrado, a produção de serapilheira também foi inferior ao registrados neste estudo (Tabela 5). Portanto, o cerradão produz maior quantidade de serapilheira do que a maioria das vegetações para as quais se tem informações na Amazônia, no Cerrado ou na Mata Atlântica, demonstrando forte indício da ocorrência de uma hiperciclagem de nutrientes. Mesmo quando outros cerradões são comparados com a área estudada, valores inferiores de produção de biomassa de serapilheira são registrados (e.g. CIANCIARUSO et al., 2006; PEREZ et al., 1983) (Tabela 5). É provável que tal condição esteja relacionada ao fato destas áreas não estarem localizadas no cinturão hiperdinâmico ao sul da Amazônia, o qual exhibe características de hiperdinâmica da vegetação arbórea (MARIMON et al., 2014).

Em outras florestas no cinturão hiperdinâmico ao sul da Amazônia (MARIMON et al., 2014), como a floresta de transição pré-amazônica e a floresta monodominante de *Brosimum rubescens* estudadas por Marimon-Junior (2007), foram encontrados valores de 7,4 e 7,9 Mg ha<sup>-1</sup> para a produção de serapilheira, respectivamente, valores muito próximos aos do presente estudo. No entanto, fora do cinturão hiperdinâmico ao sul da Amazônia, Perez

et al. (1983) também encontraram valores altos de produção de serapilheira total ( $7,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) em um cerradão em Brasília-DF. Em outra área de mata de galeria Parrón (2004) encontrou valores aproximados, em torno de  $7 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Aparentemente, esta grande produção de serapilheira em matas de galeria pode estar relacionada à maior oferta de umidade durante todo o ano e à maior biomassa arbórea e possivelmente à hiperdinâmica da vegetação das matas de galeria em contato com cerrado (MARIMON-JUNIOR, dados não publicados).

Não obstante, foi registrado em floresta de terra firme na Amazônia brasileira por Klinge (1968) valores superiores ao do cerradão no presente estudo, de forma semelhante ao registrado para florestas monodominantes de *Peltogyne gracilipes* na Ilha de Maracá (VILLELA; PROCTOR, 1999) e para Amazônia venezuelana e Guatemala (CUEVAS; MEDINA, 1986) em áreas não transicionais. Contudo, nestes casos, a alta produção de serapilheira pode ser explicada muito mais pela maior biomassa do que pela dinâmica da vegetação em si.

### **CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA**

Nossos resultados revelam um padrão na ordem de concentração de nutrientes semelhante ao de outras áreas de vegetação tropical no Brasil. Nos trabalhos de Bertalot et al. (2004), Longhi, et al. (2011) e Vargas (2011) a ordem de concentração dos nutrientes foi  $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$  para quatro espécies de leguminosas em Botucatu, para uma plantação de *Pinus taeda* e para três grupos florísticos de uma floresta ombrófila mista no RS, respectivamente. Estes resultados se assemelham aos do presente estudo, que apresentou a mesma resposta na ordem dos nutrientes para a fração foliar no cerrado típico e para ramos finos no cerradão e cerrado típico e para a serapilheira total nas duas áreas. Dias et al. (2002), estudando variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Lavras, MG, encontraram a ordem  $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P}$  de prevalência dos nutrientes na serapilheira total e biomassa foliar e  $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$  nos propágulos das flores e ramos finos. Em todos estes casos fica evidente que existe um claro padrão em relação à ordem de prevalência de N na serapilheira, e revela o quanto este nutriente é importante, sendo utilizado em grandes quantidades em ecossistemas naturais. Estes

resultados revelam o quanto o elemento pode ser limitante para a produção vegetal, caso haja restrição para sua oferta nos ciclos biogeoquímicos.

Os altos valores de N encontrados para as frações de folhas, estruturas reprodutivas e ramos finos no cerradão e cerrado típico parecem estar relacionados à estrutura da vegetação e à predominância de indivíduos pioneiros (METZKER et al., 2011) e às espécies de maior valor de importância (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005). Desta maneira, a diferença encontrada na concentração dos nutrientes pode ser justificada pelas variações na composição florística da vegetação, densidade populacional, idade das árvores e habilidades das espécies em absorver, utilizar e redistribuir os nutrientes (NEVES et al., 2001).

Considerando a grande participação das folhas na serapilheira, a maior concentração e quantidade de nutrientes nesta fração no presente estudo revela-se mais importante do que as concentrações das demais frações. Este padrão é comum em florestas tropicais sobre solos distróficos e demonstra o quanto a deciduidade pode influenciar nos ciclos biogeoquímicos, controlando de forma eficiente e direta as quantidades disponíveis dos elementos no solo (VITOUSEK; SANFORD, 1986). Desta forma, tanto o cerradão quanto o cerrado típico apresentam a estrutura de ciclagem de nutrientes esperada para o tipo de ambiente distrófico investigado.

Os dois principais nutrientes para as plantas são o nitrogênio e fósforo, os quais são encontrados em proporções diferentes no solo e em grandes quantidades nas frações folhas, estruturas reprodutivas e ramos finos (GUREVITCH et al., 2009), exatamente como registramos no presente estudo. O elemento N garante também a qualidade biogeoquímica de um determinado ecossistema, uma vez que sua escassez pode afetar severamente a produtividade da comunidade e seu excesso pode resultar em deterioração ambiental (BRADY; WEIL, 2013). O fósforo é o segundo nutriente mais limitante e escasso nos ecossistemas e não está presente de forma efetiva nas estruturas dos compostos orgânicos (GOMES et al., 2008). A produção desse nutriente na serapilheira representa papel muito importante quanto à adaptação das plantas a estresses ambientais, como tolerância à seca e ao ataque dos insetos (CHAPIN et al., 2011).

As concentrações da maioria dos nutrientes em todas as frações, tanto para o cerrado quanto para o cerrado típico, ficaram dentro do limite considerado normal por Vitousek e Sanford (1986) para solos distróficos. As exceções mais importantes foram P e K nas estruturas reprodutivas, Mg nas folhas e Ca nos ramos finos. Contudo, tais diferenças não são relevantes ao considerarmos as concentrações na serapilheira total.

O maior aporte de nutrientes ocorreu em função da estação do ano em todas as frações, com maiores quantidades aportadas entres os meses de setembro e novembro. Esse padrão provavelmente está relacionado com a época de maior deciduidade das espécies, que eleva os teores destes elementos em certos períodos do ano, o que implica em sazonalidade biogeoquímica e pulsos de entrada de nutrientes. O mesmo comportamento sazonal de pulsos de aporte de nutrientes ao solo foi verificado por Marimon-Junior (2007) em florestas na transição Amazônia/Cerrado, por Silva et al. (2009) em floresta de transição no norte de Mato Grosso e por Bertalot et al. (2004) quando estudava retorno dos nutrientes via deposição de quatro espécies de leguminosas arbóreas em Botucatu-SP.

Estudos realizados por Marimon-Junior (2007) em uma floresta de transição pré-amazônica e em uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* (Tabela 5) revelaram concentrações ligeiramente mais elevadas de N e Ca na serapilheira total em relação ao presente estudo. Ao contrário, Perez et al. (1983), estudando concentração dos nutrientes em uma área de cerrado em Brasília, encontrou valores de concentração de nutrientes na serapilheira total inferiores aos do presente estudo. Valores semelhantes foram verificados na concentração dos nutrientes por Parrón (2004) quando estudava matas de galeria de solos úmidos em uma área em Brasília. Autores como Franken et al. (1979), estudando mata ciliar em Manaus e Herbon e Congdon (1998) na Austrália encontraram concentração de nutrientes semelhante às do presente estudo. Outros estudos realizados em áreas de floresta semidecidual ripária (Assis-SP), mata ciliar (Marília-SP), mata de terra firme (Tarumã-SP) e mata estacional secundária (Belém-PA) mostraram valores superiores aos encontrados no presente estudo para concentração dos nutrientes na serapilheira. Todavia, tais áreas estão em sua maioria sobre solos

mesotróficos, com altas concentrações de Ca e Mg, o que se reflete nas concentrações de nutrientes da serapilheira aportada.

Estes números revelam grande variação na concentração de nutrientes na serapilheira em diferentes vegetações sobre solos distróficos e mesotróficos tropicais. Contudo, é importante salientar que em solos mesotróficos as concentrações de nutrientes são expressivamente maiores devido à riqueza nutricional destes solos. Quando eliminamos os resultados para os solos mesotróficos, a maioria das vegetações apresenta concentrações de nutrientes inferiores às do presente estudo, revelando o quanto essas duas vegetações da transição Amazônia/Cerrado apresentam grande capacidade de circulação de nutrientes entre diferentes componentes do ecossistema, como vegetação-solo.

### **APORTE DE NUTRIENTES**

O maior aporte de nitrogênio no ambiente florestal foi verificado também em 18 áreas dentre as 27 de vegetações nativas no Brasil e em outras áreas no mundo. Entre essas áreas, nove apresentam solo mesotrófico ou vegetação com biomassa superior à da área de estudo. Para o elemento fósforo, apenas seis áreas apresentaram valores superiores, onde cinco encontravam-se sobre solos mesotróficos e uma em floresta de alta biomassa arbórea. O elemento potássio apresentou teores elevados em apenas duas áreas sobre solos mesotróficos, mas com diferenças pequenas. Para Ca, as sete áreas de solos mesotróficos (Tabela 5) apresentaram maiores teores do que o ambiente de floresta estudado. Contudo, tal condição está ligada às altas concentrações de Ca no solo sob essas condições. Além dessas, quatro áreas de florestas na Ilha de Maracá, em Roraima (SCOTT et al., 1992; VILLELA; PROCTOR, 1999) também apresentaram maiores teores de Ca, porém essas vegetações apresentam biomassa muito maior e, conseqüentemente, maior produção de serapilheira. O elemento Mg apresentou maior aporte em apenas cinco das sete áreas de solos mesotróficos (tabela 5) do presente trabalho e em mais duas florestas com maior biomassa. Assim estes resultados são forte indicativo de que o cerradão do presente estudo apresenta razoável nível de hiperdinâmica em termos de ciclagem de nutrientes, uma vez que em todos os casos comparados (Tabela 5) as vegetações que produziram maior aporte de

nutrientes eram ligadas à duas condições especiais: 1) solos mesotróficos e 2) maiores produções de biomassa e serapilheira. Esta condição significa que uma vegetação com reduzida biomassa, como o cerradão do presente estudo, exibe ciclagem proporcionalmente muito mais alta de nutrientes do que seria esperado em função do porte dessa vegetação. Podemos creditar essa intensa ciclagem à alta produção de serapilheira e à concentração relativamente alta de nutrientes no tecido vegetal senescente do cerradão. Por outro lado, também é preciso cautela para uma afirmação mais definitiva sobre esta questão, uma vez que seria prudente investigar a biogeoquímica do ambiente por mais tempo para confirmar se este retorno de nutrientes não é apenas a expressão de possíveis anos atípicos. É preciso ainda ampliar a revisão bibliográfica ao longo deste tempo a fim de atualizar as informações com outros trabalhos ainda em condução em outras áreas da transição Amazônia/Cerrado. Além disso, seria prudente a realização de réplicas em outras áreas de cerradão da transição. Contudo, o esforço amostral e os custos deste tipo de investigação são excessivamente elevados, além das dificuldades de acesso e da grande dificuldade de se encontrar áreas de cerradão ainda não perturbadas.

Infelizmente, poucos estudos de ciclagem de nutrientes em cerradão já foram realizados com ciclagem de nutrientes no Brasil. Como se trata de uma vegetação atualmente rara, em função do alto nível de desmatamento em suas áreas de ocorrência natural (transição Amazônia/Cerrado e contatos Cerrado/floresta), poucas comparações poderão ser feitas com os resultados do presente estudo. Em relação aos poucos estudos disponíveis, nossos valores foram superiores para todos os nutrientes no caso investigado por Perez et al. (1993) em um cerradão em Brasília-DF e por Delliti (1984) em um cerradão em Mogiguaçu-SP (Tabela 5), confirmando dinâmica maior de nutrientes no cerradão. O mesmo foi verificado para áreas de cerrado onde foram encontrados valores inferiores de retorno dos nutrientes do que no presente estudo, tanto para o cerrado típico quanto para o cerradão (Tabela 5).

Uma explicação plausível para a hiperdinâmica da ciclagem de nutrientes no cerradão é a própria dinâmica da vegetação. A dinâmica das formações florestais é determinada pelo resultado da taxa de *turnover*, ou velocidade de reposição da mortalidade pelo recrutamento e crescimento das

árvores. Neste caso, o alto *turnover* do cerradão do presente estudo (MARIMON et al. 2014) se reflete na alta mortalidade e recrutamento de árvores, especialmente em função da forte participação de *Tachigali vulgaris* na comunidade (segundo maior valor de importância), uma espécie pioneira, de rápido crescimento, alta mortalidade e alta taxa de reposição (FRANCZAK et al., 2011). A reposição e o crescimento das árvores resultam em maior aporte de serapilheira e conseqüentemente em maior retorno de nutrientes (VITAL et al., 2004). Assim a transferência dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) para solo acompanha fortemente o aporte da serapilheira (VITAL et al., 2004), o qual é influenciado pela composição florística da comunidade (BRADY; WEIL, 2013). No presente estudo, além de *T. vulgaris*, a espécie de dossel *Hirtella glandulosa* é semidecídua, apresenta o maior valor de importância na comunidade e participa com a maior parte da serapilheira produzida na área (OLIVEIRA et al., dados não publicados).

A qualidade e quantidade de serapilheira produzida são fatores determinantes na quantidade e disponibilidade dos nutrientes fundamentais à sobrevivência das plantas, principalmente em ecossistemas de solos distróficos (RICHARDSON et al., 2008). No presente estudo, tanto para o cerradão quanto para o cerrado típico, é preciso ressaltar a alta produtividade de macronutrientes e carbono pela vegetação (aporte) que é necessária para manter o funcionamento do ecossistema e atender às demandas de alto *turnover* do estrato arbóreo. Neste contexto, as taxas de decomposição (liberação) determinam o balanço entre a entrada e a saída de recursos essenciais, o que se reflete na disponibilidade dos nutrientes em determinados sítios (RICHARDSON et al., 2008). Desta maneira, o ecossistema apresenta dois ciclos de nutrientes, sendo o primeiro o ciclo geoquímico ou aberto, que consiste em envolver a transferência dos elementos dentro e fora do ecossistema (PRITCHET, 1986). O segundo é o ciclo biológico, ou interno, que pode estar dividido em ciclo bioquímico (dentro da planta) e ciclo biogeoquímico (relação entre o solo e planta), que pode envolver algumas etapas, como absorção, translocação, imobilização e, até mesmo a restrição nutricional por parte da vegetação (PRITCHET, 1986).

Quando comparamos o cerradão e o cerrado típico, verificamos diferenças significativas na estrutura, composição florística (MARIMON-

JUNIOR; HARIDASAN, 2005) e na produtividade, principalmente em termos de quantidade de deposição da serapilheira (aporte) e nutrientes. Esta condição explica as diferenças nas quantidades de nutrientes em circulação pela interfaces serapilheira-solo entre as duas fitofisionomias. Ou seja, a baixa disponibilidade de nutrientes dos solos se reflete nas baixas concentrações de nutrientes na serapilheira (HARIDASAN, 1987; ARAÚJO; HARIDASAN, 1988). Esta condição é essencial para que o cerradão mantenha seu funcionamento, uma vez que a pobreza nutricional do solo deve ser compensada pela robustez da ciclagem via interface camada de serapilheira-solo.

### **EFICIÊNCIA DE USO DOS NUTRIENTES**

A maior eficiência de uso dos nutrientes (EUN) apresentada no cerradão para a fração foliar, estruturas reprodutivas e ramos finos para os macronutrientes, com exceção apenas para Ca, pode estar relacionada com a habilidade competitiva entre as espécies em ambientes distróficos. Provavelmente a vegetação em áreas sobre solos distróficos apresenta alta EUN devido a necessidade de reabsorção dos nutrientes em função da baixa disponibilidade dos nutrientes. Assim, as plantas reaproveitam ao máximo os poucos nutrientes disponíveis no solo e ainda intensificam a produção de matéria orgânica (VITOUSEK; SANFORD, 1986; AERTS, 1999) na superfície do solo, favorecendo ainda mais a disponibilidade dos nutrientes na comunidade. Tal ciclo resulta em um tipo de *feedback* positivo contínuo que enriquece superficialmente o solo com matéria orgânica, disponibilizando ainda mais nutrientes à vegetação e assim sucessivamente. Este sistema de retroalimentação positiva é comum em comunidades florestais de ambientes ditróficos tropicais e revela tendência de maior produção de matéria orgânica (serapilheira). Assim, esta maior produção de matéria orgânica demonstra maior eficiência de uso dos nutrientes (EUN) (VITOUSEK, 1984), conforme evidenciado no presente estudo.

A EUN está ligada não só à quantidade de nutriente absorvida pela planta, mas também à quantidade de nutriente retranslocado antes da abscisão foliar, o que poderá revelar a quantidade de nutrientes necessária para manter nutrida uma comunidade florestal (SCOTT et al., 1992). Assim, quanto mais rápida for à ciclagem de nutrientes, maior será o fluxo de retorno desses



nutrientes à vegetação e maior será a sua capacidade de automanutenção. Assim, esse processo pode ser decisivo na manutenção do cerradão nas condições de baixa disponibilidade de nutrientes do solo, revelando que a hiperdinâmica da ciclagem de nutrientes pode ser benéfica para o estabelecimento e manutenção de formações florestais como o cerradão. Em relação às causas da hiperciclagem, novos estudos estão sendo realizados para determinar o quanto as espécies dominantes na comunidade, como *T. vulgaris* e *H. glandulosa*, contribuem com o aporte e a velocidade de circulação de nutrientes via produção e decomposição de serapilheira. Neste caso, uma hipótese plausível é de que plantas com alta produção de serapilheira e alta EUN possam se tornar dominantes na comunidade e passar a controlar os ciclos biogeoquímicos, como é o caso de *T. vulgaris* e *H. glandulosa* no presente estudo (OLIVEIRA et al., dados não publicados).

Em relação à hiperdominância das espécies nos ciclos biogeoquímicos, Nijls e Roy (2000) desenvolveram um modelo matemático para mostrar como as plantas com maior EUN tendem a ser dominantes dentro na comunidade. Da mesma forma, Koutroubas et al. (2000) demonstraram em experimentos em condições controladas que as gramíneas com maior EUN dominam a comunidade em detrimento das de menor EUN. Uma observação importante neste contexto é de que em toda a Amazônia, independentemente do tipo de solo e das condições meso e microclimáticas, existe hiperdominância de poucas espécies arbóreas na comunidade (ver STEEGE et al., 2013). Neste caso, dentro dos pressupostos e resultados do trabalho de Koutroubas et al., (2000) existem fortes evidências que dão suporte à hipótese de que as espécies mais eficientes no uso dos nutrientes em comunidades vegetais distróficas tendem a ser também dominantes dentro da comunidade.

Desta forma, podemos afirmar que a competição de espécies arbóreas, normalmente alta em locais distróficos (AERTS, 1999), pode estar relacionada pela maior EUN do que pela capacidade de absorção de nutrientes do solo em si, o que indica estreita relação com os processos de ciclagem via camada de serapilheira (MARIMON-JUNIOR, 2007). Assim, o ambiente heterotrófico da serapilheira atua como filtro de espécies, e favorece, no âmbito da competição interespecífica, as espécies mais eficientes no uso dos nutrientes, o que leva as mesmas a dominarem a comunidade. Contudo, estudos em condições

experimentais controladas e estudos de caso em florestas monodominantes (condições naturalmente controladas) são necessários para corroborar em definitivo essa hipótese.

## **DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES**

As fisionomias estudadas apresentam padrão de decomposição semelhante. Em ambas as áreas constatamos rápido decaimento de biomassa no início, seguido de redução na velocidade de decomposição no final do experimento, o que inclui a liberação da maioria dos nutrientes.

Existem poucos estudos com decomposição de serapilheira em cerrado e cerradão, mas os trabalhos realizados por Silva et al. (2009) demonstraram que as taxas de decomposição da serapilheira foram menores do que no presente estudo, sendo mais lentas tanto no período chuvoso (35,7%) quanto no período seco (16,4%). Costa et al. (2005), ao avaliarem a decomposição da serapilheira em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, também encontraram valores inferiores de decomposição da serapilheira (30%) quando comparamos com os do presente estudo. Estes valores também evidenciam a hiperciclagem de nutrientes no cerradão do presente estudo, uma vez que as altas taxas de decomposição são fundamentais para uma rota acelerada de ciclagem de nutrientes.

As altas taxas de decomposição no cerrado típico, tão semelhantes ao cerradão, não eram esperadas, uma vez vegetações savânicas normalmente não apresentam camada de serapilheira desenvolvida. Uma explicação plausível para este comportamento semelhante em relação às taxas de decomposição da serapilheira pode estar relacionada ao provável adensamento da vegetação do cerrado típico ocasionado por expansão do cerradão sobre esta vegetação no Parque Municipal do Bacaba, conforme demonstrado em recente estudo com dinâmica populacional de *Tachigali vulgaris* conduzido por Morandi et al. (em revisão). Além de *T. vulgaris*, considerada espécie-chave no processo de adensamento do cerrado típico, os autores demonstraram que outras espécies de elevado VI do cerradão apresentam potencial de estabelecendo no cerrado típico, como *Xylopia aromatica*. Tais processos de mudanças ambientais podem estar sendo causado por um aumento histórico na precipitação pluviométrica na Bacia

Amazônica ao longo dos últimos 100 anos (GLOOR et al., 2013) e pela supressão do fogo no Parque do Bacaba.

Foi possível notar, tanto no cerradão quanto no cerrado típico do presente estudo, grande quantidade de fungos micorrízicos no material em decomposição no interior das sacolas. O retorno efetivo dos nutrientes à vegetação durante a decomposição da serapilheira depende da razão de decomposição e eficiência de absorção através do sistema radicular superficial ou ainda a ação mediadora de organismos como as micorrizas (STARK; JORDAN, 1978). Desta forma, as ações destes fungos podem estar sendo importantes dentro do processo de hiperciclagem e nutrientes.

Em relação às variações de concentração de nutrientes encontradas durante o processo de decomposição, é preciso ressaltar que N, P e Ca no cerradão apresentaram aumento de concentração no tecido foliar ao longo de todo o período avaliado. Este efeito não é raro e decorre da deposição de lixiviação dos resíduos recentes da serapilheira acumulada sobre as sacolas de decomposição juntamente com a excreção dos microrganismos da fauna no solo e da adição pela água da chuva, conforme verificado por Luizão e Schubart (1986) em uma floresta na Amazônia Central. O aumento na disponibilidade do N, P e Ca também pode estar associado à ação microbiana, e fungos micorrízicos, como registrado no trabalho de Silva et al. (2009). O rápido decaimento de Mg na decomposição no cerradão não é muito relatado na literatura, mas o mesmo padrão foi verificado por Osono e Takeda (2004), quando estudava floresta temperada fria no norte do Japão.

O Potássio(K) foi o elemento que apresentou as maiores perdas em comparação aos outros elementos analisados em ambas as áreas. A rápida diminuição das concentrações de K no cerradão e cerrado típico durante a decomposição é semelhante ao observada em outros trabalhos em floresta tropical (VILLELA; PROCTOR, 2002; AIDAR; JOLY, 2003; PARRÓN, 2004). Esta característica do elemento K se deve à sua condição de íon prontamente móvel e altamente lixiviável, que pode ser facilmente imobilizado em grandes quantidades pelos microrganismos nas fases finais da decomposição (GOSZ et al., 1973), o que evita maiores perdas por processos de lixiviação. A rápida liberação deste macronutriente confirma sua grande mobilidade, uma vez que

não está ligado a nenhum componente estrutural e necessita apenas de transformações físicas para ser liberado (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Os nossos resultados revelam que os padrões de liberação de nutrientes contidos na serapilheira em decomposição podem variar consideravelmente de um nutriente para outro (e.g. SIQUEIRA; FRANCO, 1988) e também entre diferentes fitofisionomias. De qualquer forma, elementos como N e K invariavelmente tendem a apresentar persistência inicial e rápido decaimento durante a decomposição.

Os elementos N, P, K, Ca, Mg e S nas áreas de cerradão e cerrado típico exercem diferentes papéis dentro da comunidade. O fósforo, por exemplo, é um elemento de grande importância para regular o ciclo biogeoquímico. Assim, a sua baixa disponibilidade pode limitar o decaimento dos nutrientes na serapilheira e conseqüentemente reduzir a produção primária líquida em ecossistemas tropicais (CUEVAS; MEDINA, 1988). O Cálcio e o Fósforo são os elementos mais limitantes para ecossistemas de florestas tropicais sobre solos distróficos (VITOUSEK; SANFORD, 1986). O K, altamente solúvel em água, geralmente apresenta taxa de liberação extremamente rápida e pode perder até 80% do seu conteúdo na serapilheira já nos primeiros 30 dias (PEREIRA et al., 2012). De acordo com estes autores, os elementos ligados à estrutura das folhas, como Ca, e em menor escala Mg, podem apresentar fase inicial de acumulação, com fase posterior de liberação líquida, após a quebra das paredes celulares do material vegetal. Assim, os elementos podem apresentar perdas inferiores em relação ao K (potássio), que é prontamente lixiviável.

Sob as mesmas condições de clima e solo, a velocidade de decomposição dos resíduos e a liberação de N são influenciados por características químicas da camada de serapilheira (CONSTANTINIDES; FOWNES, 1994). Assim, a deposição, decomposição e liberação de N e K ao solo dependem muito da fase fenológica das plantas ou da distribuição e intensidade das chuvas (lavagem do dossel) (GAMA-RODRIGUES et al., 2003). Por esse motivo, o retorno destes elementos via deposição e decomposição da serapilheira apresenta amplas variações entre ambientes e estações do ano.

A liberação dos nutrientes ocorre em função das variações das características bióticas e abióticas, como a qualidade do substrato e a ação da fauna do solo, que exercem grande influência no processo (SPAIN; LÊ FEUVRE, 1987; BABBAR; EWEL, 1989). Por este motivo, seriam esperadas maiores diferenças de liberação de nutrientes entre o cerradão e o cerrado típico do presente estudo, uma vez que ambas vegetações estão sob diferentes condições texturais de solo e apresentam divergente estrutura e composição florística (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005). Explicação provável pode estar ligada à razoável similaridade da flora de ambas áreas e principalmente à semelhança do padrão de deposição de nutrientes e decaimento de biomassa durante a decomposição, a despeito das quantidades maiores de nutrientes depositadas do cerradão.

A quantidade de nutrientes transferida anualmente da serapilheira para o solo depende das taxas de decaimento de biomassa (VITOUSEK; SANFORD, 1986) e da qualidade da serapilheira produzida na comunidade (VITOUSEK, 1982, 1984). Estes parâmetros são os que basicamente determinam as principais funções nutricionais da camada de serapilheira na ciclagem e na manutenção dos nutrientes no sistema, onde a malha de raízes é um componente chave para absorção dos nutrientes liberados nestas áreas (MARIMON-JUNIOR, 2007).

## **CONCLUSÕES**

A expressiva produção de serapilheira, aporte e liberação de nutrientes no cerradão confirma a condição de hiperciclagem de nutrientes nesta comunidade que se encontra na transição Amazônia/Cerrado.

Estes resultados revelam que hiperdinâmica da vegetação arbórea do cerradão resulta em hiperdinâmica biogeoquímica do ecossistema, com maior EUN, aporte e liberação de nutrientes do que no cerrado típico e outras áreas de vegetação savânica e florestal no Brasil (hipótese H1 do presente estudo).

Os resultados revelam ainda que o cerradão é mais produtivo que o cerrado típico (hipótese H2), devido à sua estrutura e funcionalidade mais complexa e devido à presença de dossel contínuo e maior quantidade de estratos verticais e guildas da vegetação (e.g. lianas e sub-dossel).

As áreas estudadas apresentaram diferentes padrões no funcionamento do ecossistema, formando um heterogêneo mosaico de funcionalidade dos ecossistemas na zona de transição Cerrado/Amazônia. Tal fator reforça a necessidade da criação de unidades de conservação para garantir a preservação da funcionalidade destes ecossistemas na zona de transição entre os dois grandes biomas.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à equipe do Laboratório de Ecologia Vegetal de Nova Xavantina pela ajuda de campo; aos projetos PELD-CNPq (Projeto Ecológico de Longa Duração, Sítio 15–Transição Cerrado/Floresta Amazônica (balanço de nutrientes), TROBIT (*Tropical Biomes in Transition*, NERC, UK) (inventários de vegetação), RAINFOR (*Moore Foundation*) (re-inventários), GEM (*Global Ecosystem Monitoring, UK Consortium*, NERC) (balanço de carbono) e CNPq-PPBio (distribuição de espécies lenhosas) pelo apoio financeiro durante a execução deste trabalho; ao PROCAD UnB/UNEMAT pelo apoio financeiro e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, J.C.S.; MARIMON, B.S. **Caracterização e Diagnóstico Ambiental do Parque Municipal do Bacaba** (Nova Xavantina, MT). p. 23-56. In: SANTOS, J.E.; GALBIATI, C.(Eds.) *Gestão e educação ambiental: água, biodiversidade e cultura*. São Carlos, Rima, 2008.
- ACKERLY, D.D.; THOMAS, WM. W.; FERREIRA, C.A.C.; PIRANI J.R. the forest-cerrado transition zone in southern amazonia: results of the **1985** projeto flora Amazonica expedition to Mato Grosso. **Brittonia**, v.41, n.2, p.113-128,1989.
- AERTS, R. Interespecific competition in natural plants communities: mechanisms, trade-offs and plant and soil feedbacks. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.50, p.29-37, 1999.
- AIDAR, M.P.M.; JOLY, C.A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centropogon tomentosum* Guill. Ex Benth – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, p.193-202, 2003.
- ARATO, H.D.; MARTINS, S.V.; FERRARI, S.H. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de áreas degradadas em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, p.715-721, 2003.
- ARAÚJO, G.M.; HARIDASAN, M. A comparison of the nutrients status of two forests on dystrophic and mesotrophic soils in the cerrado region of central Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v.19, p.1075-1089, 1988.
- AYRES, M.; AIRES JR.M.; AIRES, D.L.; SANTOS, A.A.S. **BioEstat: Análises Estatísticas nas áreas de Ciências Biomédicas**. Belém: Sociedade Civil de Mamirauá. 2007. 364 p.
- BABBAR, L.I.; EWEL, J.J. Descomposición Del follageen diversos ecosistemas sucesionales tropicales. **Biotropica**, Estados Unidos, v.21, p.20-29, 1989.
- BARNES, B.V.; ZAK, D.R.; DENTON, S.R.; SPURR, S.H. **Forest Ecology**. Editora John Wiley, New York, 1998. 774p.

- BERTALOT, M.J.A.; GUERRINI, I.A.; MENDOZA, E.; DOBOC, E.; BARREIROS, R.M.; CORRÊA, F.M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu- São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.64, p.219-227, 2004.
- BOCOCK, K.L.; GILBERT, O.J.W. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.2, p.179-185, 1957.
- BORCHERT, R. Phenology and ecology of a tropical tree *Erythrina poeppigiana* O. F. Cook. **Ecology**, Ithaca, v.61, p.1065-1074, 1980.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo**. p 437-525, In: BRADY, N. C.; WEIL, R. R.(Eds.) Elementos da natureza e propriedades dos solos. Porto Alegre: Bookman. 3° ed. 2013.
- BRAY, J.R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, New York, v.2, p.101-157, 1964.
- CHAPIN, F.S.; MATSON, P.A.; VITOUSEK, P.M. **Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology**. New York. 2° ed., 2011. 519 p.
- CIANCIARUSO, M.V.; PIRES, J.S.R.; DELLITI, W.B.C.; PEREIRA, S.E.F.L. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v.20, p.49-59, 2006.
- CONSTANTINIDES, M.; FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: Relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.26, p.49-55, 1994.
- COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.4, p.563-570, 2005.
- CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient Dynamics with in Amazonian Forest ecosystems. I. Nutrient Flux in fine literfall and efficiency of nutrient utilization. **Oecologia**, Rio de Janeiro, v.68, p.466-472, 1986.



- CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient Dynamics within Amazonian forest ecosystems. II. Fine root growth, nutrient availability and leaf litter decomposition. **Oecologia**, Rio de Janeiro, v.76, p.222-235, 1988.
- DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. Litterfall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian "terra firme" rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, n.5, p.27-36, 1989.
- DELITTI, W.C. **Aspectos comparativos de ciclagem de nutrientes na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliotti* Engelm. var. elliottii (Mogi-Guaçu, SP)**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 203f. 1984.
- DIAS, H.C.T.; FIGUEIRA, M.D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Mg. **Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.001-016, 2002.
- DOMINGUES, M.S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v.2, p.1-22, 2012.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa. Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 1999. 370 p.
- EWEL, J.J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v.64, p.293-308, 1976.
- FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, p.113-123, 2006.
- FRANCO, A.C. **Ecophysiology of woody plants**. p.178-197. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Eds.). *The cerrados of Brazil* Columbia University Press, New York, 2002.
- FRANCZAK, D.D.; MARIMON, B.S.; MARIMON-JUNIOR, B.H.; MEWS, H.A.; MARACAHIPES, L.; OLIVEIRA, E.A. Changes in the structure of a savanna forest over a six-year period in the Amazon-Cerrado transition, Mato Grosso state, Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.62, n.2, p.425-436, 2011.

- FRANKEN, M.; IRMLER, V.; KLINGE, H. Litterfall in inundation, riverine and *terra firme* Forest of central Amazonia. **Tropical Ecology**, Varanasi, n.20, p.225-235, 1979.
- GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.27, p.1021-1031, 2003.
- GLOOR, M.; BRIENEN, R.J.W.; GALBRAITH, D.; FELDPAUSCH, T.R.; SCHÖNGART, J.; GUYOT, J.L.; ESPINOZA, J.C.; LLOYD, J.; PHILLIPS, O.L. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. **Geophysical Research Letters**, Malden, v.40, p.1-5, 2013.
- GOMES, M.A.F.; SOUZA, M.D.; BOEIRA, R.C.; TOLEDO, L.G. **Nutrientes Vegetais no Meio Ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos**. Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, 2008. 2 ed. 160p.
- GOSZ, JR.; LIKENS, G.E.; BORMAN, F.H. Nutrient release from decomposing leaf and branch litter in Hubbard Brook Forest, New-Hampshire. **Ecological Monographs**, Ithaca, v.43, p.173-191, 1973.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **Ecologia Vegetal**, Porto Alegre: Artmed, 2009. 592 p.
- HAMMER, ØY.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. Past: paleontological statistics software package for Education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, México, v.4, n.1, p.1-8, 2001.
- HANSEN, E.A.; BAKER, J.B. **Biomass and nutrient renewal in short rotation intensively cultured plantations**. p. 130-151. In: Annual meeting american poplars council, Thompsonville, 1979.
- HARIDASAN, M. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the cerrado region of central Brazil. In: SAN JOSÉ, R. R. E MONTES, R. (Ed.) **La capacidad Bioprodutiva de Sabanas**. Caracas: IVIC./CIET, Venezuela, 1987, p.309-348.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.12 p.54-64, 2000.

- HERBOHN, J.L.; CONGDON, R.A. Ecosystem dynamics disturbed and undisturbed sites in north Queensland wet tropical rain forest. II – Litterfall. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v.9, p.365-380, 1993.
- IBGE 2013. Mapa de biomas do Brasil. <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos>. 2004. (Acesso em 28-11-2013).
- JORDAN, C.F.; HERRERA, R. Tropical rain forests: are nutrients really critical? **The American Naturalist**, Chicargo, v.117, p.167-180, 1981.
- KLINGE, H. Fine litter production and nutrient return to the soil in three natural forest stands of Eastern Amazonia. **Revue Internationale de Ecologie et de GeographieTropicale**, Liege, v.1, p.159-167, 1977.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W.A. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest.Part I. Litter fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. **Amazoniana**, Amazonas, p.287-302, 1968.
- KOUTROUBAS, D.S.; VERESOGLOU, D.S.; ZOUNOS, A. Nutrient Use Efficiency as a factor determining the structure of herbaceous plant communities in low-nutrient environments. **Journal of Agronomy & Crop Sciences**, Kingdom, v.184, p.261-266, 2000.
- LONGHI, R.V.; LONGHI, S.J.; CHAMI, L.B.; WATZLAWICK, L.F.; EBLING, A.A. Produção de serapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma floresta ombrófila mista, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.4, p.699-710, 2011.
- LUIZÃO, F.J. Litter production and mineral element input to the forest floor in a Central Amazonian forest. **Geojournal**, Lisboa, n.19, p.407-417, 1989.
- LUIZÃO, F.J.; SCHUBART, H.O.R. Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v.1, p.575-600, 1986.
- MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo. Piracicaba, São Paulo. 1989, 201p.
- MARIMON, B.S, MARIMON-JUNIOR, B.H.; FELDPAUSCH, T.R.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; MEWS, H.A.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; FRANZAK, D.D.; OLIVEIRA, E.A.; MARACAHIPES, L.; MIGUEL, A.; LENZA, E.; PHILLIPS, O.L. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-savanna

- transition zone in southern Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, London, v.7, p.281-292, 2014.
- MARIMON, B.S.; FELFILI, J.M. Variação temporal e espacial da chuva de sementes em uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e uma floresta mista adjacente no Vale do Araguaia – MT. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.20, n.2, 2006.
- MARIMON, B.S.; FELFILI, J.M.; LIMA, E.S.; DUARTE, W.M.G.; MARIMON-JUNIOR, B.H. Environmental determinants for natural regeneration of gallery forest at the Cerrado/Amazonia boundaries in Brazil. **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, p.107-118, 2010.
- MARIMON, B.S.; LIMA, E.S.; DUARTE, T.G.; CHIEREGATTO, L.C.; RATTER, J.A. Observations on the vegetation of northeastern MatoGrosso, Brazil, IV an analysis of the Cerrado–Amazonian forest ecotone. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v.63, p.323-341, 2006.
- MARIMON-JUNIOR, B.H. **Relação entre Diversidade Arbórea e Aspectos do Ciclo Biogeoquímico de uma Floresta Monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e uma Floresta Mista no Leste Mato-Grossense.** 2007. 88p. Tese de Doutorado em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- MARIMON-JUNIOR, B.H.; HARIDASAN, M. 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**, São Paulo, v.19, n.4, p.913-926, 2005.
- MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no Município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.3, p.405-412, 1999.
- MEGURO, M.; VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes na Mata Mesófila Secundária, São Paulo, I: Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n.7, p.11-31, 1979.
- METZKER, T.; SPÓSITO, T.C.; MARTINS, M.T.F.; HORTA, M.B.; GARCIA, Q.S. Forest dynamics and carbon stocks in Rio Doce State Park – an Atlantic rain forest hotspot. **Revista Current Science**, Bangalore, v.100, n.12, p.1855-1862, 2011.

- MONK, C.D. An ecological significance of evergreenness. **Ecology**, Ithaca, v.47, n.1, p.504-505, 1966.
- MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. Reproductive phenology of climbers in southeastern Brazilian forest. **Biotropica**, Estados Unidos, n.28, p.180-191, 1996.
- NEVES, E.J.M.; MARTINS, E.G.; REISSMANN, C.B. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da amazônia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v.43, p.47-60, 2001.
- NIJLS, I.; ROY, J. How important are species richness, species evenness and interspecific differences to productivity? A mathematical model. **Oikos**, Rio de Janeiro, v.88, p.57-66, 2000.
- NOGUEIRA, E.M.; NELSON, B.W.; FEARNside, B.W.; FRANÇA, M.B.; OLIVEIRA, A.C.A. Tree height in Brazil's "arc of deforestation": shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.255, p.2.963-2.972, 2008.
- OLIVEIRA, R.E. **Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba-SP: silvigênese e ciclagem de nutrientes**. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo. 85f, 1997.
- OSONO, T.; TAKEDA, H. Accumulation and release of nitrogen and phosphorus in relation to lignin decomposition in leaf litter of 14 tree species. **Ecological Research**, New York, v.19, p.593-602, 2004.
- PAGANO, S.N.; DURIGAN, G. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em Matas Ciliares do oeste do Estado de São Paulo, Brasil**. p.109-123. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO H.F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. USP/Fapesp, São Paulo, 2000.
- PARRÓN, L. **Relação entre aspectos do ciclo biogeoquímico e gradiente topográfico na Mata de Galeria do Córrego Pitoco (DF)**. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília. 184f, 2004.
- PEREIRA, M.G.; SILVA, A.N.; PAULAR, R.; MENEZE, L.F.T. Aporte e decomposição de serapilheira em floresta periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.22, n.1, p.59-67, 2012.

- PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; VARGAS, M.A.T.; DROZDOWICS, A. Litter production in areas of Brazilian "cerrados". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.9, p.1037-1043, 1983.
- PORTES, M.C.G.O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhagava- PR. **Floresta**, Curitiba, v.26, n.1, p.3-10, 1996.
- PRITCHETT, W.L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. México: Limusa, 1986. 634 p.
- RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais. Ministério das Minas e Energia 25**. Goiás: Folha SD-22. 1981. 636 p.
- RATTER, J.A.; RICHARDS, P.W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D.R. Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso. I, The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition área. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, v.266, p.449-492, 1973.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. p.151-199. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F.(Eds.). Cerrado: ecologia e flora. Planaltina, Embrapa, 2008.
- RICHARDSON, S.J.; ALLEN, R.B.; DOHERTY, J.E. Shifts in leaf N:P ratio during resorption reflect soil P in temperate rainforest. **Functional Ecology**, London, v.22, p.738-745, 2008.
- SCOTT, D.A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, São Paulo, n.80, p.705-717, 1992.
- SIEGEL, S.; CASTELLAN, N.J. **Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1988. 399 p.
- SILVA, C.J.; LOBO, F.A.; BLEICH, M.E., SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta amazonica**, Manaus, v.39, n.3, p.591-600, 2009.
- SILVA, C.J.; SANCHES, L; BLEICH, M.E.; LOBO, F.A.; NOGUEIRA, J.S. Produção de serapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta amazonica**, Manaus, v.37, n.4, p.543-548, 2007.

- SILVA, F.A.M.; ASSAD, E.D.; Evangelista, B.A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M., ALMEIDA, S. P., RIBEIRO, J. P. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Planaltina:Embrapa, 2008. 69-88 p.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: ESAL/FAEP. 1988. 235 p.
- SPAIN, A.V.; LE FREUVE, R.P. Breakdown of four litters of contrasting quality in a tropical Australian rain forest. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.24, p.279-288, 1987.
- STARK, N.M.; JORDAN, C.F. Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rain forest. **Ecology**, Ithacav, v.59, p.434-437, 1978.
- SUNDARAPANDIAN, S.M.; SWAMY, P.S. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.123, p.231-244, 1999.
- TAN, K.H. **Soil sampling, preparation, and analysis**. New York: Marcell Dekker. 1996. 408 p.
- ter STEEGE, H.T.; PITMAN, N.C.A.; SABATIER, D.; BARALOTO, C.; SALOMAO, R.P.; GUEVARA, J.E.; PHILLIPS, O.L.; VOLKMER, C.; MAGNUSSON, W.E.; MOLINO, J.F.; BANKI, O.; MENDOZA, A.M.; VARGAS, P.N.; MONTERO, J.C.; FELDSPAUCH, T.; CORONADO, E.H.N.; KILLEEN, T.; MOSTACEDO, B.; VASQUEZ, R.; ASSIS, R.L.; TERBORGH, J.; WITTMANN, F.; ANDRADE, A.S. LAURANCE, S.; LAURANCE, W.F.; MARIMON, B.S.; MARIMON JR. B.H.; VIEIRA, I.; AMARAL, I.; BRIENEN, R.J.W.; CASTELLANOS, H.; MILLIKEN, W.; MORI, S.; CUENCA, W.P.; PAULETTO, D.; AREVALLO, F.R.; VALDERRAMA, E. GAMARRA, L.V.; DEXTER, K.G.; FEELEY, K.; PETRONELLI, P.; SILMAN, M.S. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. **Science**, New York, v.342, p.1243092-1- 1243092-9, 2013.
- VARGAS F.M.R. **Deposição de serrapilheira e ciclagem de nutrientes em *Pinus taeda* L. em sistema silvipastoril**. Dissertação de mestrado, Universidade tecnológica do Paraná, Paraná. 95f, 2011.
- VILLELA, D.M.; PROCTOR, J. Leaf litter decomposition and monodominance in the *Peltogyne* Forest of Maracá Island, Brazil. **Biotropica**, Estados Unidos, v.31, p.198-211, 2002.

- VILLELA, D.M.; PROCTOR, J. Litterfall mass, chemistry, and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Biotropica**, Estados Unidos, n.34, p.334-347, 1999.
- VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.793-800, 2004.
- VITOUSEK, P.M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitations in tropical Forest. **Ecology**, Ithaca, v.65, p.285-298, 1984.
- VITOUSEK, P.M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, Chicago, v.119, p.553-572, 1982.
- VITOUSEK, P.M., SANFORD JR.R.L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, New York, v.17, p.137-167, 1986.
- WARDLE, D.A.; BONNER, K.I.; NICHOLSON, K.S. Biodiversity and plant litter: Experimental evidence which does not support the view that enhanced species richness improves ecosystem function. **Oikos**, Rio de Janeiro, v.79, p.247-258, 1997.
- WERNECK, M.S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L.F. Produção de serrapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.2, p.195-198, 2001.
- WILLIAMS-LINERA, G.; TOLOME, J. Litterfall, Temperate and Tropical Dominant Trees, and Climate in a Mexican Lower Montane Forest. **Biotropica**, Estados Unidos, v.28, p.649-656, 1996.
- ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. Upper Saddle River, New Jersey, USA, Pearson, 2010. 944 p.
- ZIMMERMANN, S.; BRAUN, S.; CONEDERA, M.; BLASER, P. Macronutrient inputs by litterfall as opposed to atmospheric deposition into two contrasting chestnut forest stands in southern Switzerland. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.161, p.289-302, 2002.



**APÊNDICE 1**

Normas gerais da revista científica selecionada para submissão do artigo que compõe a presente dissertação. O artigo será submetido à revista Scientia Forestalis, o Qualis/Capes da revista é B2, e o fator de impacto 0,2, cujas normas estão disponíveis no seguinte endereço eletrônico:

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/manuscritos.asp>