

**Universidade de Brasília**  
**Departamento de Ecologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Ecologia**

**DINÂMICA DE NUTRIENTES EM FITOFISIONOMIAS DO DOMÍNIO DOS  
CERRADOS NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO PANGA, REGIÃO DO TRIÂNGULO  
MINEIRO**

**EDIVANE CARDOSO**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, junto ao Programa de Pós-graduação em Ecologia do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, sob a orientação do professor Mundayatan Haridasan.

**Brasília – DF**  
**2006**

EDIVANE CARDOSO

**Dinâmica de nutrientes em fitofisionomias do domínio dos cerrados na Estação Ecológica do Panga, região do Triângulo Mineiro**

Tese aprovada junto ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ecologia

Banca examinadora:

---

Prof. Mundayatan Haridasan  
Orientador – UnB

---

Prof. John Hay  
Membro Titular – UFU

---

Prof. Ivan Schiavini  
Membro Titular – UFU

---

Prof. Glein Monteiro Araújo  
Membro Titular – UFU

---

Prof. Fabiana de Góis Aquino  
Membro Titular – EMBRAPA CPAC

**Brasília, março de 2006**

Aos meus pais

Divino e Cirlene

À minha esposa

Maria Inês

E à minha filha

Iasmin

..minha dedicação

## **Agradecimentos**

À Maria Inês, pelas sugestões e dados de campo cedidos. Também pelo companheirismo e dedicação.

Ao professor Mundayatan Haridasan, pelo empenho e insistência na orientação.

Ao professor Ivan Schiavini, pelo apoio, importantes sugestões e dedicação despendidas no decorrer do desenvolvimento desse trabalho.

Aos membros da banca pela contribuição à finalização de mais um trabalho para o crescimento do curso de pós-graduação da Universidade de Brasília e para maiores entendimentos e lançamento de novos dados a respeito do Cerrado.

Aos prezados colegas Salomão e Meyr, e ao primo Leandro pelo apoio e, principalmente, pela amizade que demonstraram em vários momentos.

Às professoras Marli Ranal e Denise Santana, pelo apoio e dicas na parte de estatística, as quais foram feitas com muito boa vontade.

À engenheira química e técnica Mara Rúbia, da Universidade de Brasília, pela instrução na análise química, preparação de soluções e análises no espectrofotômetro de absorção atômica.

À técnica Márcia, da Universidade Federal de Uberlândia, que sob responsabilidade e autorização da professora Marli, deve ter nos cedido mais de uma centena de litros d'água destilada para preparação do material coletado em campo.

Ao senhor José (“seu Zé” do Panga), pela paciência e apoio durante tantos dias e noites que permanecemos na Estação Ecológica coletando e preparando material para análises.

Aos professores Gilberto Fernandes Corrêa e Adriano Rodrigues dos Santos, pelas respectivas análises de perfis de solos e reconhecimento geológico na Estação Ecológica do

Panga.

Ao CNPq e Instituto de Biologia pela bolsa de estudo concedida no decorrer dos estudos.

A quem, mesmo inconsciente e inocentemente, foi fonte de incentivo e companhia durante os últimos tempos da editoração deste texto, minha filha Iasmin.

A todos que colaboraram, direta ou indiretamente.

## Índice

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. DOMÍNIO DOS CERRADOS .....	1
1.2. VARIÁVEIS DETERMINANTES DA VEGETAÇÃO .....	3
1.3. DINÂMICA DE NUTRIENTES E SUA AVALIAÇÃO.....	6
1.3.1. <i>Compartimentos</i> .....	7
1.3.2. <i>Os nutrientes nos compartimentos</i> .....	8
1.3.3. <i>Fatores limitantes</i> .....	12
1.3.4. <i>Processos de decomposição</i> .....	13
1.4. ESTUDOS NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO PANGA.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	18
2.2. PARCELAS .....	20
2.3. COLETA E ANÁLISE DE SOLO .....	21
2.4. COLETA E ANÁLISE FOLIAR.....	22
2.5. COLETA E ANÁLISE DE SERAPILHEIRA .....	24
2.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	24
2.7. ANÁLISE MULTIVARIADA .....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
3.1. SOLO .....	26
3.1.1. <i>Análises de perfis</i> .....	26
3.1.2. <i>Cálcio</i> .....	32
3.1.3. <i>Magnésio</i> .....	36
3.1.4. <i>Potássio</i> .....	38

3.1.5. Nitrogênio.....	40
3.1.6. Fósforo.....	42
3.2. VEGETAÇÃO.....	44
3.3. NUTRIENTES NA VEGETAÇÃO.....	47
3.3.1. Cálcio.....	47
3.3.2. Magnésio.....	52
3.3.3. Potássio.....	56
3.3.4. Nitrogênio.....	59
3.3.5. Fósforo.....	62
3.4. NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA.....	65
3.4.1. Cálcio.....	65
3.4.2. Magnésio.....	69
3.4.3. Potássio.....	74
3.4.4. Nitrogênio.....	78
3.4.5. Fósforo.....	82
3.5. OS NUTRIENTES NOS COMPARTIMENTOS E FITOFISIONOMIAS.....	87
3.6. ANÁLISES MULTIVARIADAS.....	89
4. CONCLUSÕES.....	95
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
6. ANEXOS.....	105
6.1. TABELAS DE DADOS DE SOLO.....	105
6.2. TABELAS DE DADOS FOLIARES.....	107
6.3. TABELAS DE DADOS DE SERAPILHEIRA.....	109
6.4. DIAGRAMAS DE ORDENAÇÃO.....	111

## Índice de Figuras

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Mapa de localização da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, com indicação das áreas estudadas .....	19
<b>Figura 2.</b> Climatograma referente ao período de abril de 2003 a setembro de 2004. ....	20
<b>Figura 3.</b> Localização das amostragens de serapilheira e solo. ....	21
<b>Figura 4.</b> Disponibilidade de cálcio no solo, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	35
<b>Figura 5.</b> Disponibilidade de magnésio no solo, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	37
<b>Figura 6.</b> Disponibilidade de potássio no solo, em duas épocas do ano (Final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	39
<b>Figura 7.</b> Nitrogênio total no solo, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	41
<b>Figura 8.</b> Disponibilidade de fósforo no solo, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	43
<b>Figura 9.</b> Teor de cálcio nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). ....	48
<b>Figura 10.</b> Relação entre cálcio disponível no solo e seus teores nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	50
<b>Figura 11.</b> Teor de magnésio nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). ....	53



<b>Figura 12.</b> Relação entre magnésio disponível no solo e seus teores nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.....	54
<b>Figura 13.</b> Teor de potássio nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva).....	57
<b>Figura 14.</b> Relação entre potássio disponível no solo e seus teores nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.....	58
<b>Figura 15.</b> Nitrogênio total nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva).....	60
<b>Figura 16.</b> Relação entre nitrogênio total no solo e nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.	61
<b>Figura 17.</b> Teor de fósforo nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva).....	63
<b>Figura 18.</b> Relação entre fósforo disponível no solo e seus teores nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.....	64
<b>Figura 19.</b> Teor de cálcio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). .....	66
<b>Figura 20.</b> Relação dos teores de cálcio, ao final dos períodos de seca e de chuvas, na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	67

<b>Figura 21.</b> Relação dos teores de cálcio nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.....	68
<b>Figura 22.</b> Relação dos teores de cálcio no solo e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	69
<b>Figura 23.</b> Teor de magnésio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva).....	70
<b>Figura 24.</b> Relação entre teores de cálcio e magnésio na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.....	71
<b>Figura 25.</b> Relação dos teores de magnésio, ao final dos períodos de seca e de chuvas, na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	72
<b>Figura 26.</b> Relação dos teores de magnésio nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.....	73
<b>Figura 27.</b> Relação dos teores de magnésio no solo e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.....	74
<b>Figura 28.</b> Teor de potássio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva).....	75
<b>Figura 29.</b> Relação dos teores de potássio na serapilheira ao final dos períodos de seca e de chuva em fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. ....	76
<b>Figura 30.</b> Relação dos teores de potássio nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.....	77

- Figura 31.** Relação de potássio disponível no solo e seus teores na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. .... 78
- Figura 32.** Nitrogênio total na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva)..... 79
- Figura 33.** Relação de nitrogênio total, ao final dos períodos de seca e de chuvas, na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. .... 80
- Figura 34.** Relação de nitrogênio total nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. 81
- Figura 35.** Relação de nitrogênio total no solo e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. 82
- Figura 36.** Teor de fósforo na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva)..... 83
- Figura 37.** Relação dos teores de fósforo, ao final dos períodos de seca e de chuvas, na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. .... 84
- Figura 38.** Relação de teores de fósforo nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. .... 86
- Figura 39.** Relação de teores de fósforo no solo e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. 87
- Figura 40.** Diagrama de ordenação, por DCCA, usando dados de densidade absoluta das principais espécies arbóreas e macronutrientes no solo, no intervalo de profundidade de 0 a 10 cm, ao final do período de seca (outubro/2003), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG..... 90

- Figura 41.** Diagrama de ordenação, por DCCA, usando dados de densidade absoluta das principais espécies arbóreas e macronutrientes no solo, no intervalo de profundidade de 0 a 10 cm, ao final do período de chuvas (abril/2004), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG..... 91
- Figura 42.** Diagrama de ordenação, por DCCA, usando dados de densidade absoluta das principais espécies arbóreas e macronutrientes na serapilheira, ao final do período de seca (outubro/2003), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG..... 92
- Figura 43.** Diagrama de ordenação, por DCCA, usando dados de densidade absoluta das principais espécies arbóreas e macronutrientes na serapilheira, ao final do período de chuvas (abril/2004), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG..... 93

**Índice de Tabelas**

	Pág.
<b>Tabela 1.</b> Relação do número de indivíduos das espécies de cada fitofisionomia estudadas..	23
<b>Tabela 2.</b> Análises de perfis de solos em fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.....	29

## RESUMO

Na região do Cerrado, a distribuição de distintas formas fitofisionômicas é geralmente associada a variações nos solos. No entanto, diferentes formações vegetais podem ocorrer em solos similares e uma dada forma de vegetação pode ocorrer em diferentes solos em áreas adjacentes. Assim, o presente estudo teve o objetivo de investigar as diferenças na fertilidade e nas concentrações de nutrientes na serapilheira e folhas das principais espécies arbóreas em diferentes formas fisionômicas de vegetação do domínio dos Cerrados que ocorrem na Estação Ecológica do Panga (19°10'S / 48°24'W) em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Amostras compostas de solo de três profundidades, amostras de serapilheira e amostras de folhas das principais espécies foram coletadas em parcelas de 10 m x 20 m distribuídas em cinco formas fisionômicas de vegetação (campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão em solos distróficos, e cerradão e mata semidecídua em solos mesotróficos) em dois períodos do ano (outubro de 2003 e abril de 2004) e analisadas quanto aos principais nutrientes. A densidade absoluta das espécies nas parcelas e os dados de nutrientes para a serapilheira e solos foram usados em Análise de Correspondência Canônica Destendencionada. Independente do período amostrado, a disponibilidade de Ca, Mg e K foi baixa em solos distróficos que em solos mesotróficos. A disponibilidade destes nutrientes foi maior em floresta semidecídua do que em cerradão em solo mesotrófico. Estas diferenças podem ser atribuídas a diferença no material de origem dos solos. As concentrações de N foram mais de sete vezes maiores em formações florestais que em formações não florestais. As concentrações foliares de Ca, Mg e K foram maiores em formações vegetais com alta disponibilidade destes nutrientes no solo. Elevada acumulação de biomassa nas formações florestais com alta disponibilidade de Ca e Mg no solo resultaram em elevadas concentrações de N na vegetação e, conseqüentemente, na serapilheira e no solo. A serapilheira das

formações florestais de solos mesotróficos tiveram maiores concentrações de Ca e Mg. Ainda, a serapilheira de floresta semidecídua teve maiores concentrações de K que todas outras formações. Concentrações foliares de N e K foram maiores do que suas concentrações na serapilheira, aparentemente pela retranslocação anterior à senescência. Concentrações de K na serapilheira foram cerca de um quarto das concentrações foliares. As análises multivariadas resultaram em três grupos de parcelas, dois associados com altas concentrações de Ca, Mg e K, dos quais um conjunto correspondeu a cerradão e o outro envolveu mata semidecídua, e o terceiro grupo incluiu solos distróficos com baixos teores de Ca, Mg e K e fitofisionomias campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão. Assim, elevados níveis de Ca, Mg e K foram responsáveis pela diferenciação de fisionomias florestais na área experimental. Elevada disponibilidade destes nutrientes nestes solos foram refletidas em elevadas concentrações foliares nas principais espécies arbóreas e nas elevadas concentrações na serapilheira de florestas.

**Palavras-chave:** Cerrado, cerradão, mata semidecídua, solos distróficos, solos mesotróficos.

## ABSTRACT

In the cerrado region the distribution of distinct physiognomic forms of vegetation is generally associated with variations in soils. However, different vegetation formations can occur on similar soils and a given vegetation form can occur on different soils in adjacent areas. Thus the present study had the objective of investigating the differences in soil fertility and nutrient concentrations in litter and leaves of principal tree species among different physiognomic forms of vegetation of the cerrado domain which occur at the *Estação Ecológica do Panga* (19°10'S / 48°24'W) in Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. Composite soil samples from three depths, litter samples and leaf samples of principal species were collected from 10 m x 20 m plots laid out in five physiognomic forms of vegetation (campo sujo, cerrado *sensu stricto* and cerradão in dystrophic soils, and cerradão and semideciduous forest in mesotrophic soils) twice during a year (October 2003 and April 2004) and analyzed for major plant nutrients. The absolute density of species in the plots and the nutrient data for the litter and the soils were used in Detrended Canonical Correspondence Analysis. Independent of the time of sampling, Ca, Mg and K availability was lower in the dystrophic soils than in mesotrophic soils. The availability of these nutrients was higher in the semideciduous forest than in the cerradão on mesotrophic soils. These differences could be attributed to the difference in parent materials of the soils. The N concentrations were up to five times greater in the forest formations than in the non forest formations. The foliar concentrations of Ca, Mg and K were greater in vegetation forms with higher availability of these nutrients in the soil. Higher biomass accumulation in the forest formations with higher availability of soil Ca and Mg resulted in higher concentrations of N in the vegetation and consequently in the litter and the soil. The litter in the forest formations on mesotrophic soil had higher concentrations of Ca and Mg. Further, the litter in the semideciduous forest had higher concentrations of K than



all other formations. Foliar concentrations of N and K were higher than litter concentrations, apparently due to retranslocation before senescence. Litter concentrations of K was about one fourth of the foliar concentrations. Multivariate analyses resulted in three groups of plots, two associated with high soil Ca, Mg and K, of which one set belonged to cerradão and the other involved semideciduous forest, and the third group included dystrophic soils with low Ca, Mg and K and the physiognomies of campo sujo, cerrado *sensu stricto* and cerradão. Thus higher soil Ca, Mg and K were responsible for differentiation of the forest physiognomies in the experimental area. Higher availability of these nutrients in the soil was reflected in higher foliar concentrations in principal tree species and in higher concentrations in forest litter.

**Keywords:** Cerrado, cerradão, semideciduous forest, dystrophic soils, mesotrophic soils.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Domínio dos cerrados**

A cobertura vegetal desempenha papel de grande importância na regularização de vazão de bacias hidrográficas, proteção de mananciais, condicionamento de clima, manutenção da fertilidade dos solos e regularização de sais no lençol freático (Leitão, 1997). A classificação de comunidades vegetais de Ribeiro & Walter (1998) mostra que o domínio dos Cerrados apresenta grande variedade de fitofisionomias. Sua cobertura vegetal é caracterizada por formações campestres (Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata seca e Cerradão). Várias são ainda divididas em subtipos.

Segundo Ribeiro & Walter (1998), a Mata seca é caracterizada por apresentar estrato arbóreo com indivíduos eretos e alguns emergentes variando, em média, de 15 a 25 metros de altura. Na estação chuvosa a cobertura alcança 70 a 95% e na estação seca apresenta caducifolia em níveis variados, fazendo com que a cobertura seja próxima a 50%. O dossel fechado, ao menos temporariamente, não permite o estabelecimento de estrato herbáceo. Sua ocorrência se dá em interflúvios com solos mais ricos em nutrientes e com matéria orgânica oriunda da queda de folhas no período mais seco do ano. Na EEP a Mata seca é do subtipo semidecídua.

O Cerradão é caracterizado por apresentar estrato arbóreo composto por espécies de cerrado e espécies de mata. Atinge altura de 8 a 15 metros, o dossel é bastante contínuo e a cobertura arbórea varia de 50 a 90%, assim permitindo o desenvolvimento de estratos arbustivo e herbáceo. Ocorre em solos profundos, bem drenados, de fertilidade média (Cerradão Mesotrófico) a baixa fertilidade (Cerradão Distrófico). Assim como na mata, a

queda de folhas aumenta a quantidade de matéria orgânica na superfície do solo (Ribeiro & Walter, 1998). Segundo Ratter (1971), *Magonia pubescens* é espécie de cerrado indicadora da ocorrência de solo mesotrófico.

De acordo com Ribeiro & Walter (1998), o Cerrado típico é um subtipo de vegetação do Cerrado *sensu strictu*. É caracterizado pela presença de estrato arbóreo com indivíduos tortuosos, ramificados irregularmente, de cascas suberosas, relativamente baixos, distribuídos entre o estrato arbustivo-herbáceo. O Cerrado *sensu stricto* apresenta cobertura arbórea de 5 a 20% e altura média de 2 a 3 metros.

A fitofisionomia de Campo Sujo é caracterizada pela presença predominante de estrato herbáceo-arbustivo composto de indivíduos de espécies arbóreas pouco desenvolvidos. Este tipo fitofisionômico pode ser encontrado em solos rasos e litólicos ou em solos profundos e de fertilidade reduzida (állico ou distrófico), tais como Latossolos de textura média e Areia Quartzosa (Ribeiro & Walter, 1998).

No Triângulo Mineiro, a vegetação de cerrado está predominantemente sobre solos profundos, bem drenados, permeáveis e arenosos. Afloramentos de rochas, cascalhos, concreções ou lençóis d'água superficiais são raros. A fração textural areia fica em torno de 80% nestes solos (Goodland & Ferri, 1979).

Devido à intolerância da maioria das espécies típicas do cerrado (*sensu stricto*) ao excesso de umidade no solo por longo período, formações savânicas ocorrem principalmente em solos bem drenados e florestas mesófilas ocorrem em declives de superfícies dissecadas (Haridasan, 2001). Ainda, principalmente as formações florestais podem ocorrer sobre solos mesotróficos e distróficos, com diferenciação na composição florística (Ratter *et al*, 1978; Haridasan & Araújo, 1988).

Descrições do sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999), indicam que solos cuja saturação por bases é menor que 50% são classificados como

distrófico, enquanto que níveis superiores são dados como mesotróficos. Na Austrália, a classificação de solos (CSIRO, 2006) considera a soma de cátions básicos trocáveis (Ca, Mg, K e Na) em relação à quantidade de argila presente no solo e é expresso em  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ . Neste sistema de classificação são definidas as classes “Distrófico”, com soma de bases trocáveis menor que  $5 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , “Mesotrófico”, com soma de 5 a 15, e “Eutrófico”, com soma maior que 15.

## 1.2. Variáveis determinantes da vegetação

Pesquisas procuram detectar padrões em fatores ambientais, abióticos e bióticos, que explicam a distribuição de fitofisionomias e as espécies nelas ocorrentes, seja qual for o tipo vegetacional em questão.

Segundo Stark (1970), a altura da vegetação pode ser determinada pela reserva de nutrientes disponíveis no solo e na serapilheira. Em solos arenosos, onde os minerais ocorrem em concentrações relativamente baixas, a vegetação tem altura e diversidade de espécies relacionada a quantidade de serapilheira e seu conteúdo de nutrientes, principalmente os que são limitantes, como N, P e Ca. Tal característica se dá pelo fato de que algumas poucas espécies são capazes de sobreviver em baixa disponibilidade de tais nutrientes. Dentre as variáveis abióticas, as edáficas são as mais estudadas, tendo-se como exemplo, para o domínio dos Cerrados: Haridasan & Araújo (1988), Haridasan (1992, 2000a, 2000b, 2001), Felfili & Silva-Júnior (2001), Ruggiero *et al* (2002). Muitas são as variações na textura, pH e concentrações de nutrientes, entre várias outras, que influenciam na forma e diversidade da vegetação.

No planalto central brasileiro, variações de fitofisionomias e seus limites, da composição florística, da fitossociologia e da produtividade das várias formas

fitofisionômicas do cerrado. Condições edáficas, tais como a fertilidade, profundidade do solo, ocorrência de concreções no perfil e profundidade do lençol freático determinam tais diferenças (Haridasan, 2000a, 2000b, 2001). Diferenças de formações vegetais no domínio dos Cerrados são determinadas por fatores que afetam sua distribuição e funcionamento, em relação à disponibilidade e processos de ciclagem de nutrientes. O clima, como exemplo, determina a umidade da matéria orgânica acumulada e sua decomposição em condições favoráveis (Haridasan, 2001).

Felfili & Silva-Júnior (2001), em estudo na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, indicaram que o cerrado *sensu stricto* contém várias espécies semidecíduas que perdem as folhas e florescem durante a estação seca. Estes mesmos autores citaram que os cerradões contêm mais matéria orgânica no solo que o cerrado *sensu stricto*, e a ciclagem de nutrientes na vegetação atua com bastante importância nestes ambientes. As formações campestres, tal como campo sujo, têm a dinâmica influenciada pelas estações climáticas. Em matas mesófilas, sobre solo de média fertilidade, as folhas de algumas espécies são descartadas durante a estação seca, atingindo coberturas foliares menores que 50% e árvores com altura de até 30 m.

Estudando a relação entre variáveis do solo e formações vegetacionais encontradas no domínio dos cerrados, Ruggiero *et al* (2002) encontraram que as variáveis do solo que mais determinaram as variações fitofisionômicas foram a percentagem de argila e as concentrações de K, Ca e P, além de pH e saturação por bases. Também foram encontrados níveis decrescentes de argila e crescentes de alumínio trocável, ambos na superfície do solo, seguindo um gradiente que variou de floresta semidecídua, passando para cerradão, cerrado *sensu stricto* e, finalmente, campo cerrado. Moreno & Schiavini (2001), observaram que a fertilidade do solo, indicada pela saturação por bases e soma de bases, estaria determinando um gradiente de fitofisionomias florestais contínuas, ocorrentes na Estação Ecológica do

Panga.

Oliveira-Filho *et al* (1998) observaram que a topografia e a profundidade do solo seriam os principais fatores que afetariam a disponibilidade de água do solo e seriam determinantes da ocorrência de floresta decídua, no pontal do Triângulo Mineiro. Cardoso & Schiavini (2002) determinaram cinco grupos de espécies com padrões de distribuição no mesmo gradiente florestal estudado por Moreno & Schiavini (2001). Um grupo foi relacionado às baixas altitudes de uma mata de galeria, um segundo grupo determinado pela distribuição em várias altitudes de uma mata seca semidecídua, um outro grupo relacionado ao ambiente de cerradão, um quarto grupo de distribuição generalizada ao longo do gradiente, e o grupo de espécies relacionadas à borda e clareiras.

Haridasan & Araújo (1988), comparando florestas em solos distrófico e mesotrófico, encontraram algumas diferenças edáficas, tais como horizontes superficiais com pH 4,9, em solo distrófico, e 4,3, em solo mesotrófico. Ainda, em tais florestas os teores de fósforo foram ínfimos. Os cátions trocáveis mostraram-se em elevadas concentrações nos horizontes superficiais em relação aos mais profundos.

Em estudo comparativo de nutrientes foliares, características do solo e variações florísticas em áreas de cerrado denso e cerradão sobre solos distróficos e mesotróficos, Haridasan (1992) notou que não haviam diferenças significativas entre os solos distróficos sob os dois tipos fitofisionômicos. Quanto a solos mesotróficos, o autor citou que nas camadas superficiais foram detectados menores níveis de alumínio e maiores acidez e concentrações de cálcio e magnésio do que em solos distróficos.

Espécies nativas das comunidades do cerrado apresentam variações comportamentais frente às variáveis físicas e químicas do solo. Podem sobreviver em solos pobres maximizando a ação das raízes. Também podem efetivar associações com organismos, retendo ou perdendo folhas, e acionarem vários outros mecanismos de controle da ciclagem

de nutrientes necessários à sobrevivência (Araújo, 1992).

Variáveis bióticas podem influenciar na distribuição da vegetação como um todo. Wijesinghe *et al* (2005) encontraram que plantas em competição, adquirindo recursos de porções limitadas ricas em nutrientes, investem mais em biomassa de raízes do que plantas em ambientes espacialmente homogêneos. Em florestas ocorrentes sobre solos mesotróficos, a caducifolia é comum e associa-se ao grau de umidade do solo na estação seca e às baixas necessidades nutricionais das espécies, ocorrendo a abscisão de folhas durante tal período (Ratter *et al*, 1978). Klinge *et al* (1975) citaram que uma floresta sobre solo pobre pode produzir grande quantidade de fitomassa viva e de matéria morta e detritos que garantem a nutrição mineral da vegetação.

### **1.3. Dinâmica de nutrientes e sua avaliação**

O fluxo de nutrientes entre compartimentos e transferências destes entre os ecossistemas constituem a ciclagem dos nutrientes (König *et al*, 2002). Dentre os compartimentos mais estudados estão o solo e a vegetação, representada principalmente pelas folhas e sua presença na serapilheira.

O estudo de diferentes compartimentos dos ecossistemas têm grande importância, tanto que estudos sobre nutrição de espécies nativas são executados de forma a compreender as relações entre a comunidade vegetal e o ambiente. Sua principal forma de estudo é na forma de avaliação de relações entre solo, plantas e variações sazonais de seu estado nutricional (Góes-Júnior, 1996).

Segundo Haridasan (2005), o estudo da ocorrência de competição por recursos naturais, é de especial interesse em estudos ecológicos de populações de comunidades biodiversificadas. Tal competitividade pode ser avaliada pela análise de concentrações de

nutrientes nas folhas das espécies. Determinam-se, assim, suas exigências nutricionais e seu estado nutricional em condições naturais. Assim, maiores teores de nutrientes no vegetal podem indicar: 1- maior disponibilidade do nutriente no solo; 2- maior exigência nutricional da espécie; ou, 3- melhor aproveitamento do nutriente pela espécie pela espécie.

Estudos das concentrações de nutrientes nas folhas de espécies nativas, em reflexo à disponibilidade destes no solo, são importantes para sabermos mais sobre o papel das comunidades vegetais na ciclagem de nutrientes. Também servem para o avanço do conhecimento de aspectos como escleromorfismo foliar e acumulação de nutrientes (Araújo, 1992). Dados ecológicos básicos, tais como concentrações de nutrientes e suas reservas, são características importantes a considerar em planos de manejo, exploração de madeiras, mudanças no uso do solo, controle da qualidade da água e programas de recuperação ambiental (Delitti & Burger, 2000). Ainda, prestam ao entendimento do fluxo e estoque de nutrientes, além de constituírem variações determinantes na distribuição da vegetação de ecossistemas naturais, e de manterem a diversidade biológica.

### **1.3.1. Compartimentos**

A escolha de camadas superficiais do solo relaciona-se à sua profundidade e rochosidade presente, bem como, principalmente, ao fato que as camadas superficiais representam a interface entre solo e atmosfera. É também onde ocorre a maioria das formas de vida de sistemas terrestres e onde vegetais exploram mais a ciclagem de nutrientes da serapilheira (Silva-Júnior *et al*, 1987). Em estudo sobre dinâmica de C, N, P e Ca na serapilheira, folhas, madeira e, após o fogo, também nas cinzas de vegetação de Caatinga, foi visto que a maior concentração de nutrientes está presente na folhagem, serapilheira e galhos finos. Estas partes representam menos que 30% da biomassa aérea e comportam cerca de 60%



do N e P destes compartimentos (Kauffman *et al*, 1993).

O cerrado *sensu stricto*, que geralmente ocorre em solos pobres em nutrientes, tem como característica a elevada proporção de biomassa subterrânea em relação à aérea. Apresenta também baixa produção de serapilheira ao longo do ano, o que exige da vegetação maior longevidade das folhas, visto que os fluxos de nutrientes são menores (Haridasan, 2000a).

Góes-Júnior (1996) estudou quatro comunidades de florestas de galeria no Distrito Federal. Em seu estudo, foram comparados, em quatro épocas do ano, os estados nutricionais das folhas das principais espécies, da serapilheira (fresca e seca) e dos 15 centímetros superficiais de solos. O autor encontrou concentrações bem maiores da maioria dos nutrientes na serapilheira no período de seca. No solo os nutrientes mostraram variações entre as matas e entre épocas amostradas, principalmente por ter aumentado durante o período de seca. As concentrações de nutrientes disponíveis e seu conteúdo na serapilheira têm relação com seus níveis foliares.

### **1.3.2. Os nutrientes nos compartimentos**

Ecologicamente, o solo possibilita o crescimento dos vegetais por sustentar a produção vegetal que necessita de elementos biogênicos e micronutrientes. O nitrogênio ocorre na natureza na forma molecular, íons de nitrato, amônia ou fazendo parte de compostos orgânicos. Durante o outono, quando a população microbiana aumenta, os íons amônio disponível às plantas se reduzem. A falta de P no solo é um fator limitante ao crescimento vegetal, visto que quase sua totalidade está na forma insolúvel, por isto não acessível às plantas que o utilizam na forma solúvel de ortofosfatos (Drozdowics, 1997).

Haridasan (1992) verificou que, em comunidades arbóreas de solos distróficos, as

concentrações foliares de cálcio variaram de aproximadamente 0,1% a 1,0%, com média de 0,2% para cerradão e 0,4% para cerrado. Nos mesmos tipos fitofisionômicos em solos mesotróficos as concentrações foram até três vezes maiores (1% em cerradão e 0,7% em cerrado). Em relação a magnésio e potássio, também foram encontradas maiores concentrações foliares em solos mesotróficos em relação a solos distróficos. Apesar de não haver variação na fertilidade do solo entre ambientes de fitofisionomias distintas, as concentrações foliares de Ca, Mg e K não mostraram-se muito diferentes.

É conhecido que teores de K acima dos níveis adequados às plantas interfiram na disponibilidade de cátions, como Ca e Mg, por competição por sítios de absorção (Silva-Júnior *et al*, 1987). No entanto, Silva *et al* (2000) verificou que a adição de K a latossolo leva, também, a aumento de matéria seca produzida por espécies lenhosas florestais.

Silva (1990) encontrou que espécies de cerrado *sensu stricto* com maiores quantidades de P e K, também têm os maiores índices de valor de importância e as maiores produções de biomassa. No mesmo ambiente, notou-se muitas vezes que a reserva de Ca e Mg do solo foi superior à da biomassa. Em uma área de vegetação de cerrado *sensu stricto*, próxima a Uberlândia (MG), Lilienfein *et al* (2001) encontraram, em folhas, concentrações de N variando de 0,97 a 2,8%, P de 0,05 a 0,16%, K de 0,14 a 0,59%, Ca de 0,09 a 0,07% e Mg de 0,07 a 0,21%. Segundo Wilcke & Lilienfein (2004), aquela mesma vegetação de cerrado é responsável por maior alocação de nutrientes na biomassa aérea do que na biomassa subterrânea. Ainda, ao menos este tipo de vegetação representaria um estoque da maior parte dos nutrientes, visto que o solo apresenta menores concentrações.

Em estudo de componentes da biomassa aérea, de cerrado *sensu stricto*, no Distrito Federal, Silva (1990) verificou que, do mesmo modo que podem haver diferenças em concentrações de nutrientes entre espécies, também podem haver diferenças entre partes das plantas. O fato de se encontrar elevada concentração de P nas folhas não implicaria no

elevado nível deste elemento em outros componentes, tais como o tronco, sua casca, galhos e frutos.

De acordo com Golley *et al* (1978), em estudo de floresta tropical úmida, a serapilheira é composta por folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes de plantas, além de restos de animais e material fecal. Estes mesmos autores indicaram que as maiores concentrações de nutrientes são encontradas em frutos, flores e folhas, sendo que as folhas do andar inferior têm maiores concentrações que aquelas encontradas nas partes mais altas. Ainda, existem grandes quantidades de elementos químicos contidos na madeira, ramos e raízes da vegetação, que se movem lentamente, ao passo que menor massa presente nas partes verdes e na serapilheira é reciclada rapidamente entre o solo e as plantas.

Pinto *et al* (2000) verificaram que, em ambiente de mata alagável, o solo foi responsável pelas maiores concentrações de N e P, ao passo que a vegetação apresentou maiores concentrações de K, Ca e Mg. Durante o período seco, as folhas representaram a maior parte da biomassa total da serapilheira, com maior produção relacionada à menor precipitação pluvial e ao déficit hídrico no solo. Quanto à serapilheira, as folhas foram responsáveis pela ocorrência de maiores concentrações de macronutrientes. Foram encontrados N e K em maiores concentrações, principalmente foliares, mais oscilantes no tempo por serem mais móveis, e Ca e Mg os que oscilaram menos, demonstrando-se mais estáveis ao longo do tempo. Ao menos para formações ribeirinhas, a diminuição da quantidade de nutrientes, associada à redução da queda de folhas, reflete sazonalidade de parâmetros climáticos e edáficos (umidade do solo e disponibilidade de elementos minerais). Também em mata alagável, Delitti & Burger (2000) encontraram pequenas reservas de nutrientes na camada de serapilheira, a qual é de grande importância na dinâmica do ecossistema, devido ao fato de ser onde ocorrem processos de decomposição e ciclagem de nutrientes.

Os sistemas de savanas e florestas são capazes de acumular nutrientes, além de retê-los. No entanto, medidas de concentrações de nutrientes não podem ser consideradas fontes de estimativas de retenção ou perda de nutrientes pelo solo (Kellman & Sanmugadas, 1985). A serapilheira se torna um compartimento importante em comunidades florestais por conter maiores concentrações de nutrientes disponíveis para a vegetação, além de formar um compartimento de estoque de nutrientes na superfície dos solos (Góes-Júnior, 1996).

Em clareiras de floresta estacional semidecidual, Martins & Rodrigues (1999) observaram que as folhas perfazem cerca de 76% do peso seco total da serapilheira, sendo sua maior produção dada ao final do período de seca, principalmente em setembro. Segundo estes autores, o aumento da deposição de folhas em áreas alteradas pode ser atribuída ao aumento do crescimento e renovação foliar de espécies pioneiras, que direcionam seus fotoassimilados à produção vegetativa. Ainda, a queda foliar, ocorrida no final do período de seca, seria uma resposta da vegetação para reduzir a transpiração diante da deficiência hídrica.

Também Werneck *et al* (2001) encontraram, em floresta semidecídua em Minas Gerais, que as folhas representaram a maior parte da serapilheira, chegando a níveis que variaram de 72 a 79%. A máxima produção de serapilheira foi no mês de setembro, que coincidiu com o final do período seco e início da estação chuvosa. Neste estudo, os autores atribuíram a maior produção de serapilheira à estrutura da floresta que apresenta dossel mais desenvolvido, e não à presença de espécies pioneiras.

O conhecimento do fluxo e estoques de nutrientes em sistemas nativos é essencial no entendimento do funcionamento do ecossistema. Vários nutrientes, principalmente os cátions básicos, são muitas vezes abundantes nas rochas e são disponibilizados às plantas por intemperismo. Porém, a produção vegetal depende de nutrientes, como N, P e S, que são deficientes na maioria das rochas e, quando no sistema, devem ser rapidamente reciclados a partir dos detritos (material não digerido por herbívoros) e pontos de retenção no sistema

(Ricklefs, 1996).

Silva (2001) estudou o efeito de adubação e calagem de comunidade de cerrado no Distrito Federal. Em seu estudo, foram avaliados, ao final dos períodos de seca e de chuva, os estados nutricionais das folhas de três espécies nativas, além da serapilheira e quatro intervalos de profundidades de solo. Notou que a calagem causou, no solo, o aumento do pH e concentrações de Ca e com a adubação houve diminuição do pH e aumento de P e K. Na serapilheira a calagem aumentou os teores de Ca nos períodos analisados.

### **1.3.3. Fatores limitantes**

Alguns fatores afetam a absorção de nutrientes pelos vegetais. São eles: a disponibilidade dos nutrientes e sua profundidade no solo, a profundidade do sistema radicular, a umidade do solo e a fisiologia da planta. A presença do nutriente no sistema fisiológico do vegetal não é uma função da fertilidade do solo, mas sim da capacidade de cada espécie em armazenar o nutriente na forma de fotoassimilados, para utilização em momentos de sua deficiência no solo, condicionada principalmente pela umidade reduzida em algum período (Silva, 1990).

As partículas de solo têm a superfície carregada com carga líquida negativa, por isto os cátions minerais estão adsorvidos à superfície e não são facilmente lavados. Porém, podem ser trocados por outros cátions pelo processo de troca catiônica, cujo grau de adsorção ou troca de íons (capacidade de troca catiônica) depende do tipo de solo (Taiz & Zeiger, 2004).

O P, encontrado nos compostos orgânicos, pode ser utilizado pelas plantas somente após sua mineralização, ou seja, quando passa a P inorgânico (Yadav & Tarafdar, 2001). Segundo os mesmos autores e Tarafdar & Claasen (2003), as plantas podem atuar na mineralização de P, ou seja, quebram sua ligação orgânica, por ação da enzima ácido

fosfatase. Os primeiros autores concluíram que leguminosas são muito mais exigentes de P para o crescimento, mais especificamente após germinação, que oleaginosas e cereais.

Em estudo de retenção de nutrientes em ecossistemas de savana, Kellman & Sanmugadas (1985) observaram que as concentrações da maioria dos nutrientes foram maiores nas camadas superficiais do solo durante o período de seca do que no período de chuvas. No entanto, em profundidades inferiores não foram detectadas diferenças consistentes entre os períodos. Tais aumentos na concentração de nutrientes na superfície foram atribuídas à concentração evaporativa, causada pela mobilização de materiais solúveis em água.

#### **1.3.4. Processos de decomposição**

Resíduos de plantas e animais fornecem material para processos de decomposição que disponibilizam vários elementos na forma assimilável às plantas. Dentre os elementos, os mais solúveis, tais como K, que não fazem parte de compostos da estrutura da biomassa, são rapidamente removidos dos resíduos e imediatamente utilizados por organismos diversos. No entanto, elementos estruturais, tais como Ca, Mg, P e N, são liberados com menor facilidade, principalmente elementos aniônicos (Silva & Resck, 1997).

Os vegetais obtêm os nutrientes através da ciclagem direta de nutrientes, em que os nutrientes liberados na serapilheira por decompositores são transferidos diretamente para as raízes. Os nutrientes podem também estar ligados a colóides na matéria orgânica ou solúveis no solo, provindos da decomposição da serapilheira ou da água de chuva ou, ainda, do acesso de raízes a nutrientes lixiviados para camadas profundas (Stark, 1970).

Conforme citaram Loranger *et al* (2002), o processo de decomposição constitui-se de duas fases, uma de lixiviação de elementos hidrosolúveis e outra caracterizada pelo decréscimo da taxa de decomposição, aumento da atividade da fauna do solo, perda de massa

e de compostos orgânicos. Na fase tardia a decomposição correlaciona-se negativamente com o conteúdo de fenóis, lignina e taninos das folhas e positivamente com o conteúdo de celulose. Segundo Klinge *et al* (1975), a ciclagem de nutrientes e matéria exigem requisitos como: produção de detritos, que pode ser acelerada se o sistema tem poucos nutrientes; rápida decomposição do detrito; e, absorção imediata dos nutrientes liberados da decomposição ou adicionados por lixiviação e chuvas, minimizando sua perda.

Segundo considerações de Kellman (2002), as florestas têm habilidade de se manterem em seus solos devido à presença de raízes e sistemas micorrízicos. Este conjunto promove a absorção e reciclagem de nutrientes no sistema, os quais são liberados continuamente durante a decomposição de material orgânico.

A disponibilização dos elementos constituintes vegetais por meio de micróbios decompositores pode ser afetada por características químicas específicas, interações entre compostos estruturais e proporções de constituintes individuais. A iluminação do ambiente é um fator que produz diferenças de tais características. Em folhas que se posicionam em locais sombreados, existe uma maior razão C/N, maior quantidade de açúcares e maiores taxas de decomposição iniciais que em folhas expostas a uma maior luminosidade. À medida que os componentes lábeis presentes nas folhas da serapilheira são exportados, os componentes estruturais tornam-se mais recalcitrantes na parede celular (Sariyildiz & Anderson, 2003).

#### **1.4. Estudos na Estação Ecológica do Panga**

Vários estudos, envolvendo análise de nutrientes e avaliação da distribuição de espécies arbóreas, já foram desenvolvidos na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia – MG). Araújo (1992), em amostragem no final do período de chuvas, analisou a estrutura da vegetação e comparou o estado nutricional do solo e das folhas das espécies arbóreas

encontradas em duas comunidades florestais no município de Uberlândia, dentre elas uma localizada na Estação Ecológica do Panga. O autor encontrou diferenças de composição florística, estrutura, diversidade e estágio sucessional da vegetação. Observou também limitações de P no solo, teores elevados de Ca nas folhas refletindo seus teores também elevados no solo.

Silva (1993), ao relacionar a disponibilidade de nutrientes do solo e a composição florística e fitossociológica de cerrado, campo cerrado e campo sujo, verificou que existem diferenças na composição florística, densidade, frequência e porte dos indivíduos entre as comunidades, estando relacionadas à matéria orgânica das camadas superficiais do solo. Ainda, a quantidade de Ca e Mg disponível no solo é superior à presente na biomassa aérea dos três tipos vegetacionais estudados.

Ao longo de um gradiente florestal, Moreno & Schiavini (2001) encontraram distribuição de algumas espécies relacionadas com elevados níveis de saturação por bases, encontrados no solo de mata semidecídua, e outras espécies relacionadas com elevadas concentrações de alumínio. Araújo (1992) analisando o estado nutricional e disponibilidade de nutrientes no solo de uma mata mesófila semidecídua na estação ecológica, observaram altos valores de saturação por bases no solo e concentrações de macronutrientes foliares na ordem  $N > Ca > K > Mg > P$ .

Cardoso & Schiavini (2002), em estudo sobre distribuição de espécies arbóreas e sua relação com a microtopografia no mesmo gradiente florestal estudado pelos autores anteriores, verificaram a existência de grupos de espécies influenciadas pelo alagamento temporário de partes inferiores do relevo, correspondentes a uma mata de galeria. Também foram determinados grupos relacionados à distribuição de fitofisionomias sobre solo fértil, grupos distribuídos de acordo com solos distróficos, espécies de clareiras e outras com distribuição ampla e indiferente a qualquer fator analisado.



Para o domínio dos Cerrados, apenas Moreno (2005) realizou estudo de comparação da estrutura e o estado nutricional da vegetação arbórea e, concomitantemente, fatores físicos e químicos do solo e estado nutricional da serapilheira, entre formações florestais e não florestais, sobre solos mesotróficos e distróficos. A autora encontrou, entre as fitofisionomias, diferenças na composição florística e estrutura, além de constatar que a maior disponibilidade de Ca e K condicionava a ocorrência de espécies exigentes quanto à qualidade nutricional. Por outro lado, a maior acidez e disponibilidade de alumínio no solo determinou a ocorrência de espécies menos exigentes em nutrientes. Os maiores teores nutricionais na serapilheira e na vegetação refletiam suas maiores concentrações no solo de fitofisionomias de solos mesotróficos.

De modo geral, ainda não se entende completamente os mecanismos de ciclagem de nutrientes em condições naturais, principalmente no que diz respeito ao domínio dos Cerrados, e como a dinâmica de nutrientes se processa em diferentes fitofisionomias. Pretende-se, com esse estudo, obter maiores conhecimentos da ciclagem de nutrientes em sistemas nativos.

Não apenas na Estação Ecológica do Panga mas em vários ambientes com vegetação nativa, observa-se em campo que ocorrem várias formações vegetais sobre a mesma classe de solo. Também, uma dada fitofisionomia pode ocorrer sobre vários solos adjacentes ou, ainda, distintas fitofisionomias se distribuírem seguindo diferenciações de solo. Variações na distribuição de fitofisionomias, características no domínio dos Cerrados, poderiam se dar até mesmo em áreas bastante próximas. Tais variações conduzem à busca de explicações acerca de quais variáveis estariam influenciando em tais diferenças.

Teve-se como hipótese que existem diferenças nas concentrações de nutrientes de compartimentos entre fitofisionomias ocorrentes no domínio dos cerrados. Assim, este estudo teve como objetivo verificar diferenças entre fitofisionomias, quanto a concentrações de

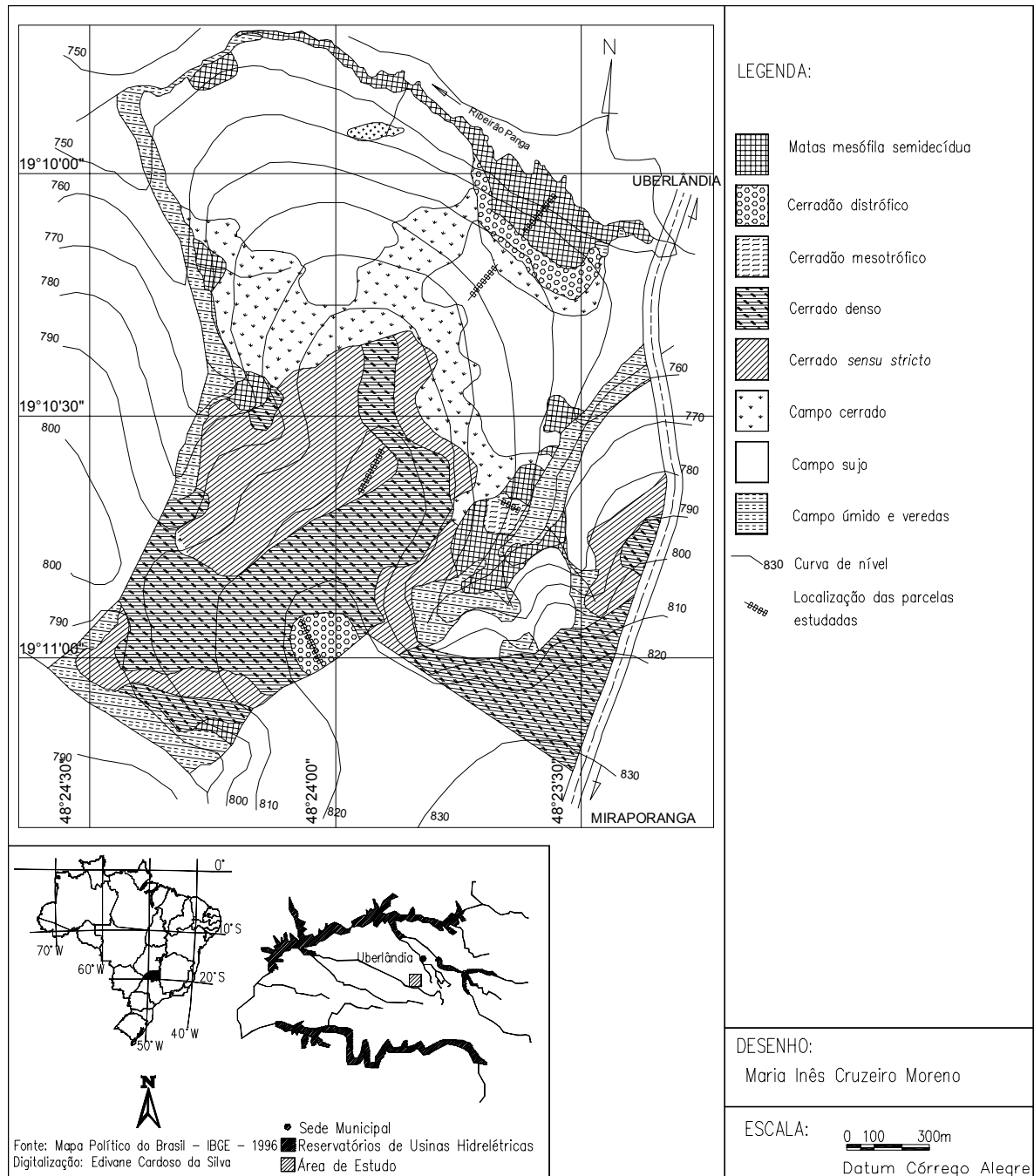
nutrientes nas camadas superficiais de solo, na serapilheira e nas folhas das principais espécies, ocorrentes no domínio dos cerrados, assim detectando quais nutrientes estariam levando à diferenciação dos tipos vegetacionais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

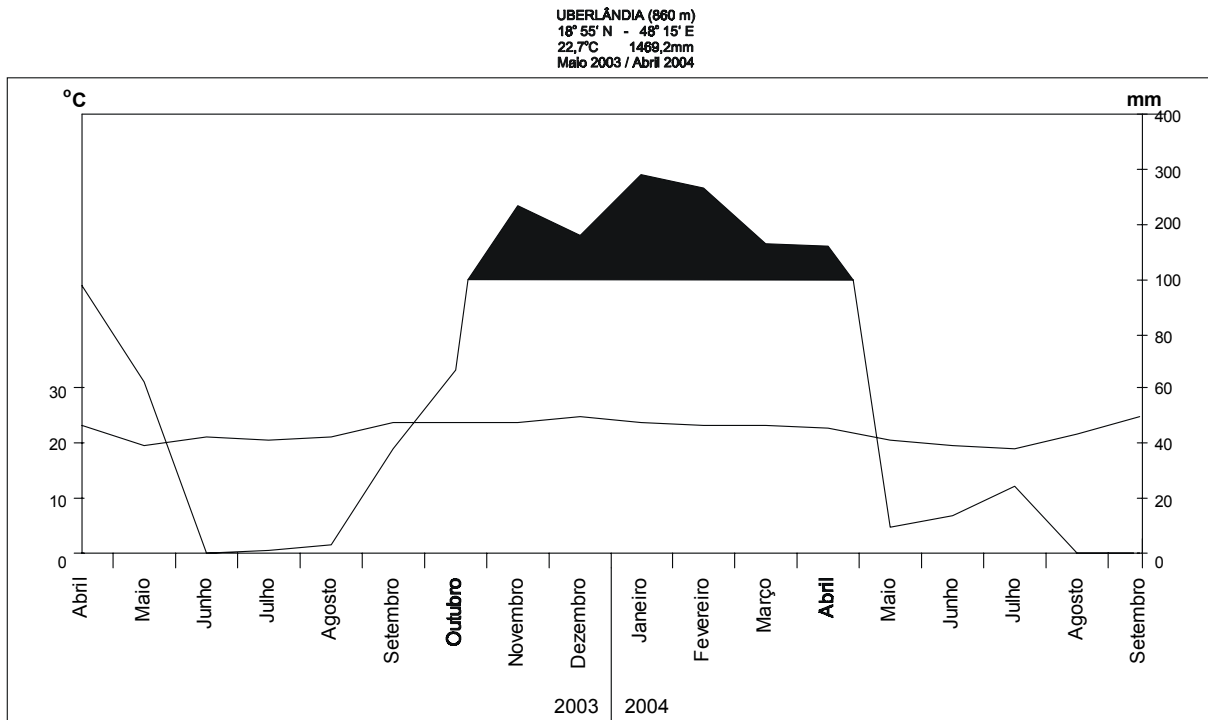
### 2.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi executado na Estação Ecológica do Panga (EEP), localizada entre as coordenadas geográficas 19°09'20" e 19°11'10"S e 48°23'20" e 48°24'35"W, a aproximadamente 35 km a Sul da área urbana de Uberlândia - MG (Figura 1). O clima predominante da região é o tipo Aw, megatérmico (Classificação de Köppen), com verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro). A temperatura média anual é de 22°C e pluviosidade de 1500 mm/ano (Rosa *et al*, 1991). A pluviosidade acumulada de abril a setembro de 2003 foi de 202 mm, sendo junho a agosto o período de menor pluviosidade (3,9 mm). No período de outubro de 2003 a março de 2004, a precipitação acumulada foi de 1203 mm. Janeiro e fevereiro foram os meses com maiores volumes pluviométricos (Figura 2).

A EEP foi adquirida pela Universidade Federal de Uberlândia em 1985, sendo escolhida por apresentar várias fitofisionomias representativas do domínio dos Cerrados, cuja cobertura vegetal compõe-se de campo úmido, veredas, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto*, cerrado denso, cerradão, matas semidecíduas de encosta e de galeria (Schiavini & Araújo, 1989; Ranal, 2003) (Figura 1). O solo predominante no Triângulo Mineiro é o Latossolo Vermelho-Escuro (Araújo e Haridasan, 1997). Na EEP, são encontrados Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo, profundos e bem drenados, além de solos hidromórficos, sob veredas e campos úmidos, e afloramentos de concreções lateríticas (Schiavini & Araújo, 1989). O relevo apresenta declividades que variam de mais de 40% na base das vertentes até declividades moderadas (3 a 6%) em altitudes intermediárias (Silva, 2001 e Cardoso & Schiavini, 2002), chegando a declividades fracas nos topos, estas caracterizadas geomorfologicamente por Baccaro (1989) como Áreas de Relevo com Topo Plano.



**Figura 1.** Mapa de localização da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, com indicação das áreas estudadas (Adaptado de Schiavini, 1992 e Ranal, 2003).



**Figura 2.** Climatograma referente ao período de abril de 2003 a setembro de 2004. Fonte de dados: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos, Estação de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia (área urbana).

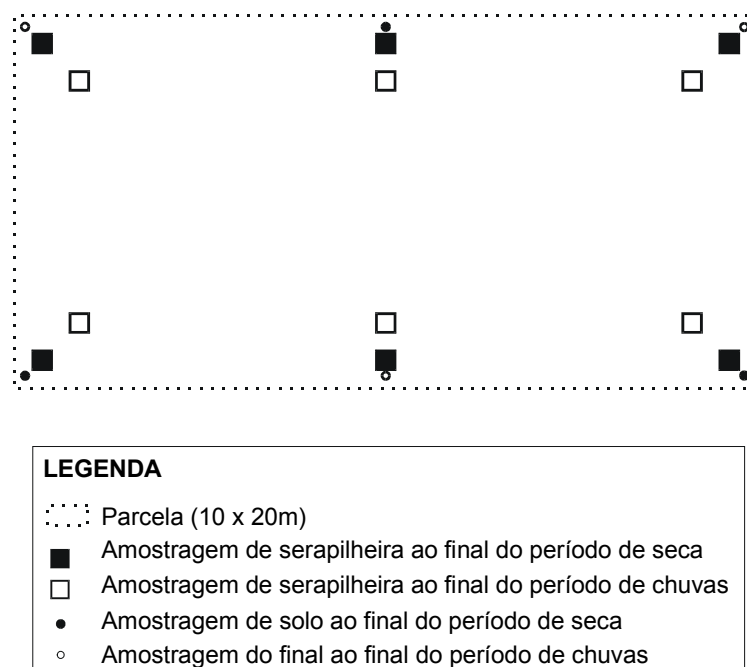
## 2.2. Parcelas

Ao longo de transectos estudados por Moreno (2005) e Moreno & Cardoso (2005), dispostos de forma a amostrar várias fitofisionomias ocorrentes na EEP, foram demarcadas parcelas de 10 m x 20 m distanciadas 10 m entre si. Analisaram-se cinco fitofisionomias, sendo elas campo sujo, cerrado *sensu stricto*, cerradão distrófico, cerradão mesotrófico e mata semidecídua. Foram escolhidas parcelas que fossem melhor representativas e posicionadas integralmente nas fitofisionomias estudadas (Figura 1). Foram em número de sete parcelas (0,14 ha) em campo sujo, nove parcelas em cerrado *sensu stricto* (0,18 ha), nove parcelas no cerradão distrófico (0,18 ha), quatro no cerradão mesotrófico (0,08 ha) e nove na mata semidecídua (0,18 ha). O número variável de parcelas por fitofisionomia correspondeu ao trecho de cada fitofisionomia por onde foram marcados os transectos estudados.

### 2.3. Coleta e análise de solo

Foi descrito um perfil do solo em cada fitofisionomia, pelo professor Gilberto F. Corrêa, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. Análises químicas e granulométricas das amostras dos horizontes foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos e Calcários e no Laboratório de Manejo de Solos da Universidade Federal de Uberlândia.

Concomitante à coleta de material foliar, um trado holandês foi utilizado para amostragens de solo em três pontos, em cada parcela (Figura 3), nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm. As três subamostras de cada parcela foram misturadas e constituíram uma única amostra composta. As amostras foram peneiradas em malha de 2 mm e secas ao ar.



**Figura 3.** Localização das amostragens de serapilheira e solo.

A determinação de nitrogênio total no solo foi realizada pelo método de digestão e destilação micro-Kjeldahl. O P disponível e K trocável foram extraídos no extrato de Mehlich ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 0,0125M + HCl, 0,05M) e  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis no extrato de KCl, 1M. O teor de fósforo disponível foi determinado por colorimetria, utilizando-se o molibdato de amônia, a 660 nm e os demais nutrientes foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica ou emissão de chama (Allen 1974).

#### **2.4. Coleta e análise foliar**

Para a escolha das espécies analisadas neste trabalho, foi utilizada parte dos dados do levantamento fitossociológico realizado por Moreno (2005). No presente estudo, até 10 espécies de maior índice de valor de importância de cada fitofisionomia foram escolhidas para coleta de amostras foliares (Tabela 1). A amostragem se restringiu às espécies com um mínimo de cinco indivíduos em cada fisionomia e, de acordo com critério de inclusão indicado por Moreno & Cardoso (2005), altura mínima de 1,5m e circunferência do caule de pelo menos 15 cm a 30 cm acima da superfície do solo.

Duas amostragens de folhas foram realizadas, uma em outubro de 2003, entre o final da estação seca e início da estação de chuvas, e outra em abril de 2004, entre o final da estação chuvosa e início da estação seca. Em cada fitofisionomia foram amostrados três indivíduos de cada espécie. Foram coletadas folhas adultas, sem lesões ou sinais de herbivoria. As folhas foram lavadas com água destilada, secas a 70°C em estufa e moídas em moinho tipo Wiley.

O teor de N total nas folhas foi determinado utilizando-se o método de Kjeldahl (Allen 1974). Para se obter o teor de P, K, Ca e Mg as amostras de folhas foram digeridas, utilizando-se mistura triácida (ácidos nítrico, sulfúrico e perclórico, na proporção de 10:1:2)

(Allen 1974). O teor de P no extrato de folhas foi determinado por colorimetria, a 410 nm, utilizando-se molibdovanadato de amônia. As concentrações dos demais nutrientes foram obtidas por espectrofotometria de absorção atômica ou emissão de chama (Allen 1974).

**Tabela 1.** Relação do número de indivíduos das espécies de cada fitofisionomia estudadas (Dados compilados a partir de Moreno, 2005).

Espécie	Família	Fitofisionomia (número de parcelas amostradas)				
		Campo sujo (7)	Cerrado <i>sensu</i> <i>stricto</i> (9)	Cerradão distrófico (9)	Cerradão mesotrófico (4)	Mata semidecídua (9)
<i>Alibertia sessilis</i>	Rubiaceae				18	25
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Leguminosae					15
<i>Aspidosperma subincanum</i>	Apocynaceae					8
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	Malpighiaceae	7				
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	Malpighiaceae	5	13			
<i>Caryocar brasiliense</i>	Caryocaraceae	5	10			
<i>Casearia sylvestris</i>	Flacourtiaceae					16
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	Sapotaceae					15
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Leguminosae			23		
<i>Cupania vernalis</i>	Sapindaceae				14	
<i>Davilla elliptica</i>	Dilleniaceae	21				
<i>Diospyros hispida</i>	Ebenaceae				12	
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	Erythroxylaceae	24				
<i>Hymenaea courbaril</i>	Leguminosae				6	
<i>Kielmeyera coriacea</i>	Clusiaceae	12	22			
<i>Lithrea molleoides</i>	Anacardiaceae					7
<i>Luehea grandiflora</i>	Tiliaceae				5	24
<i>Matayba guianensis</i>	Sapindaceae			41	11	
<i>Miconia albicans</i>	Melastomataceae	7	57	29		
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Anacardiaceae				6	
<i>Nectandra cissiflora</i>	Lauraceae					9
<i>Ocotea corymbosa</i>	Lauraceae			20		
<i>Ocotea pulchella</i>	Lauraceae			21		
<i>Qualea grandiflora</i>	Vochysiaceae		46	26		
<i>Qualea parviflora</i>	Vochysiaceae		19			
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Rhamnaceae				14	
<i>Roupala montana</i>	Proteaceae		22			
<i>Rudgea viburnoides</i>	Rubiaceae			59		
<i>Salvertia convallariaeodora</i>	Vochysiaceae		11			
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	Leguminosae	18				
<i>Styrax ferrugineus</i>	Styracaceae		30			
<i>Tabebuia ochracea</i>	Bignoniaceae	13				
<i>Terminalia brasiliensis</i>	Combretaceae					12
<i>Virola sebifera</i>	Myristicaceae			27		
<i>Vochysia tucanorum</i>	Vochysiaceae			18		
<i>Xylopia aromatica</i>	Annonaceae		17	19		



## **2.5. Coleta e análise de serapilheira**

Em cada parcela, três amostras de serapilheira foram coletadas em quadrados de 0,5 m de lado, dispostos sistematicamente em pontos referenciados pelos vértices e centro do transecto. Incluiu-se material foliar identificável, constituído de dicotiledôneas e monocotiledôneas. Na primeira coleta, as amostragens foram realizadas a 0,5 m das bordas das parcelas e, na segunda amostragem, a 1,5 m das mesmas, assim evitando sobreposição de pontos de coleta. Foram analisadas uma amostra composta de cada uma das parcelas. A preparação das amostras coletadas e análise do teor de nutrientes em laboratório foram realizadas tal como descrito para folhas.

## **2.6. Análises estatísticas**

Os dados obtidos quanto a nutrientes em cada intervalo de profundidade do solo, nas folhas e na serapilheira, foram analisados estatisticamente de forma a verificar diferenças nutricionais entre as fitofisionomias, em cada período de coleta. Foi testada a hipótese nula de que as amostras obtidas das fitofisionomias eram iguais quanto às concentrações de cada nutriente. A análise de dados nutricionais de folhas foi realizada para o conjunto das espécies de cada fitofisionomia. Foi feita análise de variância (ANOVA) e a diferença entre os grupos foi determinada pelo teste Duncan ( $p < 0,05$ ) (Zar, 1998).

## **2.7. Análise multivariada**

A densidade absoluta das principais espécies aqui selecionadas, bem como os dados de nutrientes disponíveis de cada profundidade do solo (sl) e nutrientes totais da serapilheira (sr),

foram ordenados pelo método de Análise de Correspondência Canônica Destendencionada (DCCA), descrito em Ter Braak (1995). Neste contexto, foi analisada a relação entre nutrientes e abundância de espécies nas parcelas. Todas as espécies selecionadas foram consideradas em todas as fitofisionomias estudadas. Após avaliação preliminar, foram retiradas da análise nutrientes com multicolineariedade, indicadas por fator de inflação maior que 20 (Ter Braak & Smilauer, 2002). O pacote CANOCO foi utilizado para efetuar as análises multivariadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Solo

##### 3.1.1. Análises de perfis

A partir da análise de perfis realizada, foi encontrado que cada uma das fitofisionomias estudadas distribuem-se de forma descontínua em Latossolo Vermelho (campo sujo, cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) e Vermelho-Amarelo (Cerradão distrófico e mesotrófico). Cerradão distrófico apresentou Latossolo psamítico A moderado, textura arenosa/média. Nas demais fitofisionomias o solo foi classificado como Latossolo típico A moderado textura média (descrições de perfis a seguir).

Segundo considerações do sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999) e com base nos dados obtidos na análise de perfis, os solos de todas as fitofisionomias estudadas foram classificados como distróficos, devido à presença de saturação por bases menor que 50% (Tabela 2). Segundo sistemas de classificação australianos (CSIRO, 2006), os solos de mata semidecídua e cerradão mesotrófico se enquadram em classes de maior fertilidade. Mesmo com a ausência de dados referentes a sódio, os solos do cerradão distrófico variaram de 1,1 a 3,8  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{argila}$  e nas demais fitofisionomias os valores calculados são sempre maiores que 15  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{argila}$ , portanto pertencentes à classe eutrófico.

#### Descrição dos perfis

##### Perfil 1

Classificação: Latossolo Vermelho Distrófico típico A moderado textura média

Vegetação: Campo sujo

A - 0-30 cm, Vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmido) e Bruno avermelhado (2,5YR 4/4 seco)

Bw - 30-76 cm+, Vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmido) e Vermelho escuro (2,5YR 3/6 seco)

### **Perfil 2**

Classificação: Latossolo Vermelho Distrófico típico A moderado textura média

Vegetação: Cerrado *sensu stricto*

A - 0-20 cm, Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido) e Bruno avermelhado (2,5YR 5/4 seco)

AB - 20-41 cm, Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido) e Bruno avermelhado (2,5YR 5/4 seco)

Bw - 41-85 cm+, Vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmido) e Vermelho (2,5YR 5/6 seco)

### **Perfil 3**

Classificação: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico psamítico A moderado textura arenosa/média

Vegetação: Cerradão distrófico

A<sub>11</sub>- 0-16 cm, bruno escuro (7,5YR 3/3 úmido) e bruno (7,5YR 4/4 seco)

A<sub>12</sub> - 16-35 cm, bruno escuro (7,5YR 3/4 úmido) e bruno (7,5YR 4/4 seco)

BA - 35-52 cm, bruno escuro (7,5YR 3/4 úmido) e bruno forte (7,5YR 4/6 seco)

Bw - 52 a 75 cm+, vermelho amarelado (5YR 4/6 úmido) e vermelho amarelado (5YR 4/6 seco)

### **Perfil 4**

Classificação: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico A moderado textura média

Vegetação: Cerradão mesotrófico

A<sub>11</sub> - 0-13 cm, Bruno avermelhado (5YR 4/3 úmido) e Bruno avermelhado (5YR 5/4 seco)

A<sub>12</sub> - 13-30 cm, Bruno avermelhado escuro (5YR 3/4 úmido) e Bruno avermelhado (5YR 4/4 seco)

AB - 30-41 cm, Bruno avermelhado escuro (5YR 3/4 úmido) e Bruno avermelhado (5YR 4/4

seco)

Bw - 41-75 cm+, Bruno avermelhado (5YR 4/4 úmido) e Vermelho amarelado (5YR 4/6

seco)

### **Perfil 5**

Classificação: Latossolo Vermelho Distrófico típico A moderado textura média

Vegetação: Mata seca semidecídua

A - 0-28 cm, Bruno avermelhado escuro (5YR 3/4 úmido) e Bruno avermelhado escuro (5YR

3/4 seco)

AB - 28-52 cm, Bruno avermelhado escuro (5YR 3/4 úmido) e Bruno avermelhado escuro

(5YR 3/4 seco)

Bw - 52-90 cm+, Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido) e Vermelho escuro (2,5YR

3/6 seco)

**Tabela 2.** Análises de perfis de solos em fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

Hori- zonte	Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Silte %	Argila	pH H <sub>2</sub> O 1/2,5	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Al cmolc dm <sup>-3</sup>	Ca	Mg	Saturação por bases %	Matéria orgânica %
<b>Perfil 1 - campo sujo</b>													
A	0 - 30 cm	30,6	49,8	2,0	17,5	5,2	1,3	13,5	0,6	0,1	0,1	7	1,1
Bw	30 - 76 cm+	27,7	49,3	3,8	19,2	5,0	0,9	6,5	0,6	0,1	0,1	7	0,7
<b>Perfil 2 - cerrado <i>sensu stricto</i></b>													
A	0 - 20 cm	15,0	66,8	9,7	8,5	5,2	2,0	16,5	0,4	0,3	0,1	16	1,2
AB	20 - 41 cm	29,2	54,3	1,9	14,7	4,9	1,7	7,5	0,5	0,1	0,1	8	0,8
Bw	41 - 85 cm+	30,2	51,0	3,4	15,5	5,1	1,6	4,5	0,3	0,1	0,1	9	0,5
<b>Perfil 3 - cerradão distrófico</b>													
A <sub>11</sub>	0 - 16 cm	37,5	44,6	2,7	15,2	4,9	1,9	22,5	0,7	0,1	0,1	6	1,5
A <sub>12</sub>	16 - 35 cm	44,0	40,4	2,7	12,9	5,0	1,8	12,5	0,6	0,1	0,1	6	1,0
Bw	35 - 52 cm+	37,7	44,2	3,1	15,1	5,1	1,6	4,5	0,4	0,1	0,1	8	0,6
<b>Perfil 4 - cerradão mesotrófico</b>													
A <sub>11</sub>	0 - 13 cm	25,7	51,5	6,5	16,3	5,4	2,0	65,8	0,6	0,8	0,5	24	2,5
A <sub>12</sub>	13 - 30 cm	25,9	52,8	1,6	19,7	5,2	2,1	48,5	1,0	0,4	0,3	15	1,6
AB	30 - 41 cm	24,0	52,2	6,8	17,0	5,3	1,2	31,8	0,9	0,6	0,2	19	1,8
Bw	41 - 75 cm+	52,4	17,5	6,2	23,9	5,4	1,7	28,8	0,4	1,0	0,4	36	1,8
<b>Perfil 5 - mata seca semidecídua</b>													
A	0 - 28 cm	25,9	51,1	1,6	21,4	5,7	2,7	30,5	0,1	1,8	0,5	37	2,3
AB	28 - 52 cm	28,5	46,8	1,9	22,7	5,1	3,7	12,5	0,7	0,4	0,1	9	1,6
Bw	52 - 90 cm+	23,6	50,8	0,3	25,3	5,3	1,2	8,5	0,3	0,4	0,5	24	0,9

Os maiores valores de saturação por bases encontrados referem-se ao horizonte superficial da mata semidecídua (37%), e ao horizonte mais profundo de cerradão mesotrófico (a partir de 41 cm de profundidade), com saturação por bases de 36%. Nestas duas fitofisionomias, a saturação por bases mais elevadas podem ser atribuídas à presença de solos originados de rochas calcárias presentes em subsuperfície, o que é confirmado pelas maiores concentrações de Ca e Mg encontradas nestes ambientes em relação às demais fitofisionomias estudadas. Os maiores valores de saturação por bases no cerradão distrófico foram de 6% nos dois primeiros horizontes superficiais, que compreendem a profundidade de até 35 cm. Ainda, os horizontes pedológicos de campo sujo e cerrado *sensu stricto* apresentaram saturação por bases ligeiramente superior ao cerradão distrófico, visto que foram encontrados 7% de saturação por bases nos dois horizontes de campo sujo e 16% no horizonte superficial de cerrado e de 8% e 9% nos sucessivos horizontes (Tabela 2).

No caso do presente estudo, a saturação por bases, relacionada às concentrações de Ca e Mg, principalmente, seria suficiente para diferenciar algumas fitofisionomias. Saturação por bases maior que 15% está presente caracteristicamente em horizontes pedológicos de solos mesotróficos, sustentando algumas fitofisionomias florestais. Com base na descrição de perfis, concentrações de Ca entre 0,5 e 1,0  $\text{cmolc.dm}^{-3}$ , observadas em pelo menos algum horizonte, são encontradas sob comunidade vegetal de cerradão mesotrófico. Valores inferiores a este intervalo ( $<0,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ ) são característicos de solos pobres, que sustentam fitofisionomias savânicas ou cerradão distrófico. Concentrações de Ca superiores, chegando até mesmo a 1,8  $\text{cmolc.dm}^{-3}$ , ou horizontes subsuperficiais com valores semelhantes ao intervalo citado são encontrados sob vegetação de mata semidecídua (Tabela 2).

Apesar de que foi realizada apenas uma amostragem, em cada fitofisionomia, para análise de perfis de solos, podem ser notados níveis de K no solo, principalmente nos horizontes superficiais, indicativas de variações nos solos que sustentam suas diferentes

fitofisionomias. Em campo sujo o maior teor de K foi encontrado no horizonte superficial, o qual foi de 13,5 mg.dm<sup>-3</sup>. Maior valor foi determinado no horizonte superficial de cerrado *sensu stricto*, o qual alcançou 16,5 mg.dm<sup>-3</sup>. Em cerradão distrófico as concentrações de K no horizonte superficial é superior a 20 mg.dm<sup>-3</sup>. Em cerradão mesotrófico e mata semidecídua, nos horizontes superficiais, o valor mínimo de K encontrado é superior a 30 mg.dm<sup>-3</sup>, sendo que em cerradão mesotrófico, em qualquer horizonte pedológico, seus níveis são sempre superiores a 28 mg.dm<sup>-3</sup> (Tabela 2). Os níveis de K nos horizontes superficiais em formações florestais sobre solos mesotróficos são cerca de duas vezes superiores aos valores observados em formações em solos pobres de nutrientes.

Haridasan (1992) não encontrou diferenças significativas entre solos distróficos sob cerrado denso e sob cerradão no Distrito Federal. No entanto, foram notadas diferenças entre solos mesotróficos sob cerradão, e solos com horizontes superficiais ricos em Ca, K e Mg, que sustentam cerrado. Sendo assim, maiores ou menores concentrações destes nutrientes, em pelo menos um horizonte pedológico ou intervalo de profundidade, são suficientes para gerar diferenciações na estrutura e composição da vegetação.

Os horizontes superficiais dos solos do campo sujo, cerrado *sensu stricto* (ambos com pH = 5,2) e cerradão distrófico (pH = 4,9) mostraram-se fortemente ácidos. Os solos de cerradão mesotrófico (pH = 5,4) e mata semidecídua (pH = 5,7), foram classificados como moderadamente ácidos (Tabela 2), conforme critérios da EMBRAPA (1999).

O pH influencia na disponibilidade de nutrientes à vegetação e na microbiota do solo. De acordo com Taiz & Zeiger (2004), os íons hidrogênio deslocam os nutrientes K, Mg, Ca e Mn que estão adsorvidos à superfície das partículas do solo. Estes nutrientes formam o complexo de troca catiônica do solo. Assim, quanto mais íons hidrogênio, maior seria a disponibilização de nutrientes do solo ao sistema.

Os valores de pH encontrados em todas as fitofisionomias são inferiores aos



encontrados por Souza (2005), que estudou floresta decídua, sobre solos originados de basalto e de micaxisto. Naquele estudo o autor encontrou pH variando de 5,99 a 7,34, em solo de origem basáltica, e de 5,73 a 7,33 em solo originado de micaxisto. Araújo *et al* (1997), em estudo de mata decídua, determinaram pH variando de 6,4 a 7,1, com média de 6,9. Os maiores valores de pH encontrados são dados ao fato de que os solos são de origens distintas, assim influenciando no tipo de vegetação (decídua). Ribeiro (1983) encontrou valores de pH em cerrado (4,8 a 5,0) e cerradão (4,5 a 4,7) pouco inferiores aos encontrados no presente estudo para as fitofisionomias correspondentes.

No presente estudo, a acidez do solo é diferenciada apenas entre comunidades sobre solos mesotróficos em relação às encontradas em solos distróficos. As características edáficas encontradas na área de estudo se enquadram nas descrições de Martins & Braga (1977) para solos do cerrado, os quais são caracterizados pela acidez variando de média a elevada, além de baixos conteúdos de bases e de fósforo assimilável. Segundo Haridasan (1992), mesmo sob ambientes florestais podem haver solos ácidos e álicos, tal como em florestas de galeria.

### **3.1.2. Cálcio**

Os valores de disponibilidade de cálcio no solo, em todos os intervalos de profundidade, são significativamente distintos entre as fitofisionomias de solos ricos e as de solos pobres. Além da diferença entre solos distróficos e mesotróficos, os solos sob cerradão mesotrófico têm concentrações de Ca significativamente inferiores aos valores encontrados em solo de mata semidecídua, excetuando-se o intervalo de 10 a 20 cm de profundidade amostrado ao final do período de seca. Em solos mesotróficos foram determinadas concentrações médias de Ca que chegam a ser cerca de 290 vezes maiores em relação aos teores encontrados em solos distróficos (Anexo 6.1.4). Observam-se, como exemplo,

concentrações de cálcio variando de  $0,034 \pm 0,024 \text{ cmol}(+).\text{kg}^{-1}$ , na camada superficial de solo (0-10 cm), em cerrado *sensu stricto*, ao final do período de chuva, até  $8,936 \pm 3,348 \text{ cmol}(+).\text{kg}^{-1}$  sob mata semidecídua, nos mesmos período de coleta e intervalo de profundidade. A diferenciação nas disponibilidades dos principais nutrientes no solo são atribuídas principalmente à variação do material de origem. Grandes disponibilidades de Ca no solo são determinadas por algum depósito, visto que não é lixiviado e não é importado de outro lugar pelo sistema.

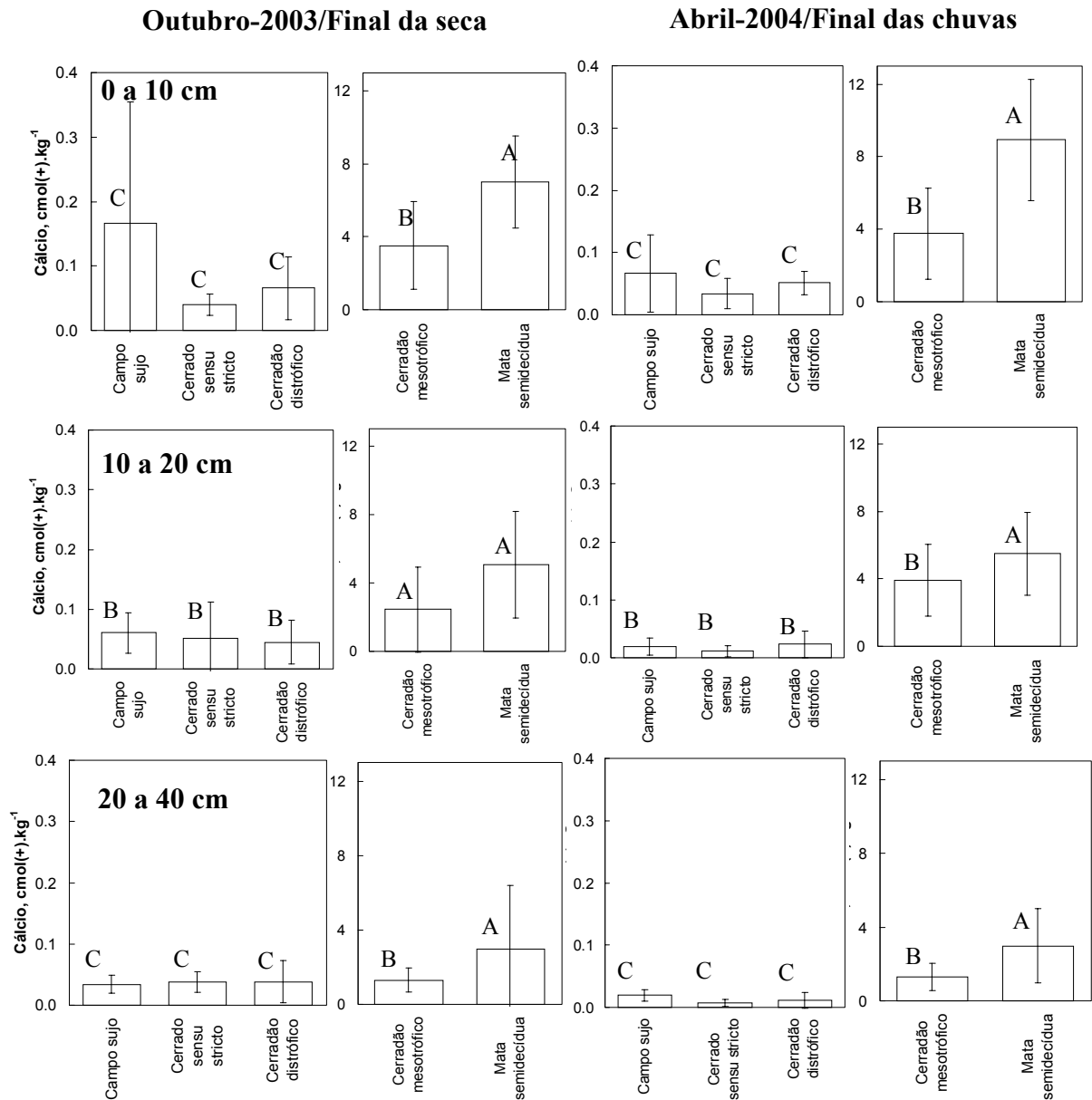
Araújo (1992) encontrou concentrações também bastante semelhantes nas duas florestas que estudou. Na mata da EEP o autor obteve 4,9 a  $17,6 \text{ cmol}(+).\text{kg}^{-1}$  de Ca, enquanto que em outra formação florestal, na fazenda do Glória, próxima à área urbana do município, foram encontrados níveis, em sua maioria, menores que  $1,0 \text{ cmol}(+).\text{kg}^{-1}$ . Em mata decídua, sobre solo originado de rochas basálticas, Araújo *et al* (1997) determinaram concentrações naturalmente superiores de Ca em relação à mata seca semidecídua do presente estudo. Foram encontradas concentrações variando de 13,5 a  $27,7 \text{ cmol}(+).\text{kg}^{-1}$ , com média de  $21,8 \text{ cmol}(+).\text{kg}^{-1}$ , de Ca no solo estudado por aqueles autores.

É comum a ocorrência de afloramentos de arenito calcífero na superfície do solo na bacia do Ribeirão do Panga e região (Adriano R. Santos, comunicação pessoal). Isso parece ser o caso do cerradão mesotrófico e mata semidecídua, cansando a maior fertilidade em relação às demais formações vegetais estudadas. Arenito com cimento calcífero e nível de calcritização é observado 300 m a montante da drenagem próxima ao cerradão mesotrófico.

Marimon-Júnior & Haridasan (2005), em estudo sobre comunidades de cerrado *sensu stricto* e cerradão, a leste do Mato Grosso, não encontraram diferenças significativas nos teores de Ca e Mg nos perfis de solos de ambas fitofisionomias. Assim, a variação fitofisionômica foi atribuída ao maior conteúdo de argila no solo de cerradão em relação ao cerrado. A argila proporcionaria maior retenção de água, a qual, por sua vez, atua na

movimentação de nutrientes e sua disponibilização à vegetação. No mesmo estudo, os autores atribuem a presença do cerradão também possivelmente relacionada a solos originados de rochas calcáreas comumente encontradas naquela região.

Araújo & Haridasan (1988) determinaram maiores disponibilidades de Ca em cerradões distrófico e mesotrófico que as determinadas no presente estudo. No horizonte superficial de solo distrófico os autores encontraram níveis de  $0,11 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  de Ca. No horizonte superficial de solo mesotrófico, referente a 12 cm de profundidade, foram determinados  $11,3 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  de Ca.



**Figura 4.** Disponibilidade de cálcio no solo, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes, em cada período, indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

### 3.1.3. Magnésio

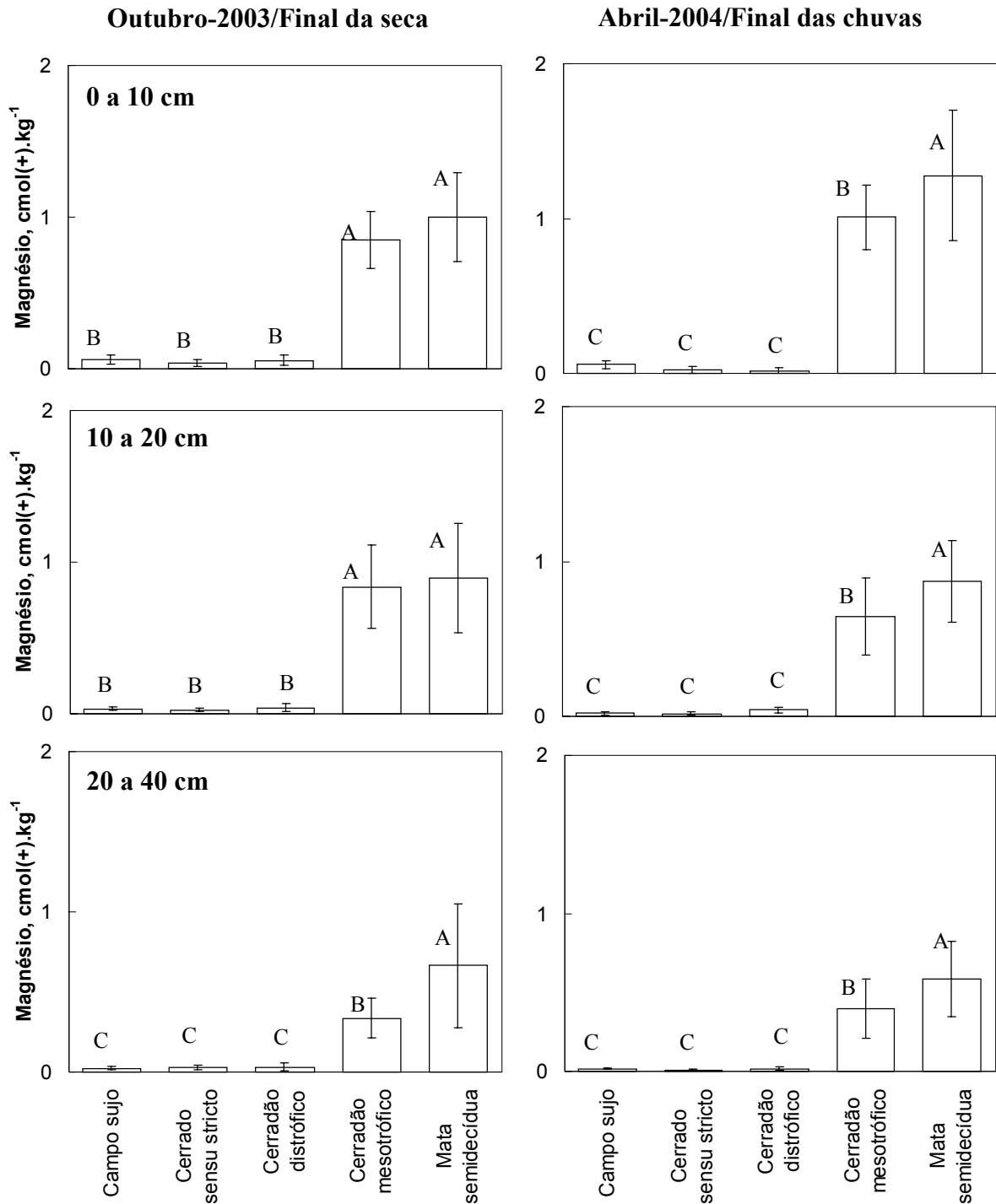
Considerando-se todos os intervalos de profundidade amostrados, independente do período amostrado, todas as fitofisionomias estudadas ocorrentes em solos distróficos apresentaram concentrações de Mg no solo significativamente inferiores às encontradas em solos mesotróficos. Excetuando-se os dois intervalos de profundidade do solo de até 20 cm, ao final do período de seca, foram determinadas as maiores concentrações do nutriente em solo sob mata semidecídua, portanto tendo o solo de cerradão mesotrófico níveis intermediários de Mg em relação a solos distróficos e mata semidecídua (Figura 5).

No intervalo de profundidade superficial, até 10 cm, os valores médios de Mg em solos mesotróficos chega a ser de aproximadamente 8,5 vezes maior aos encontrados em solos distróficos. O extremo de tal variação pode ser notado entre mata semidecídua e cerradão distrófico, ao final do período de chuvas (Figura 5, Anexo 6.1.5). Assim como comentado quanto a cálcio, a variação nas disponibilidades deste nutriente no solo devem ser atribuídas à variação do material de origem, havendo portanto algum acúmulo do nutriente nas rochas ou no solo, visto que também não é lixiviado ou importado pelo sistema.

Moreno (2005) também amostrou solos das mesmas fitofisionomias, no final do período de chuvas (abril de 2003), anterior ao aqui estudado, e, ao menos para as fitofisionomias sobre solo mesotrófico, encontrou valores médios até mesmo pouco inferiores aos encontrados no mesmo período no presente estudo. No entanto, no mesmo estudo, os níveis de Mg nas fitofisionomias florestais em solos mesotróficos permaneceram bastante superiores aos obtidos em formações vegetais de solos distróficos.

A partir de estudo de outro trecho da mesma mata semidecídua aqui estudada, também realizando amostragem ao final do período de chuvas (março de 1990), Araújo (1992) encontrou concentrações de Mg variando de  $0,7 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , no horizonte superficial do

solo, até  $0,3 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , no horizonte inferior. Em outra formação florestal no município por ele estudada, no mesmo período do ano, foram determinados  $0,2 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  de Mg no solo.



**Figura 5.** Disponibilidade de magnésio no solo, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

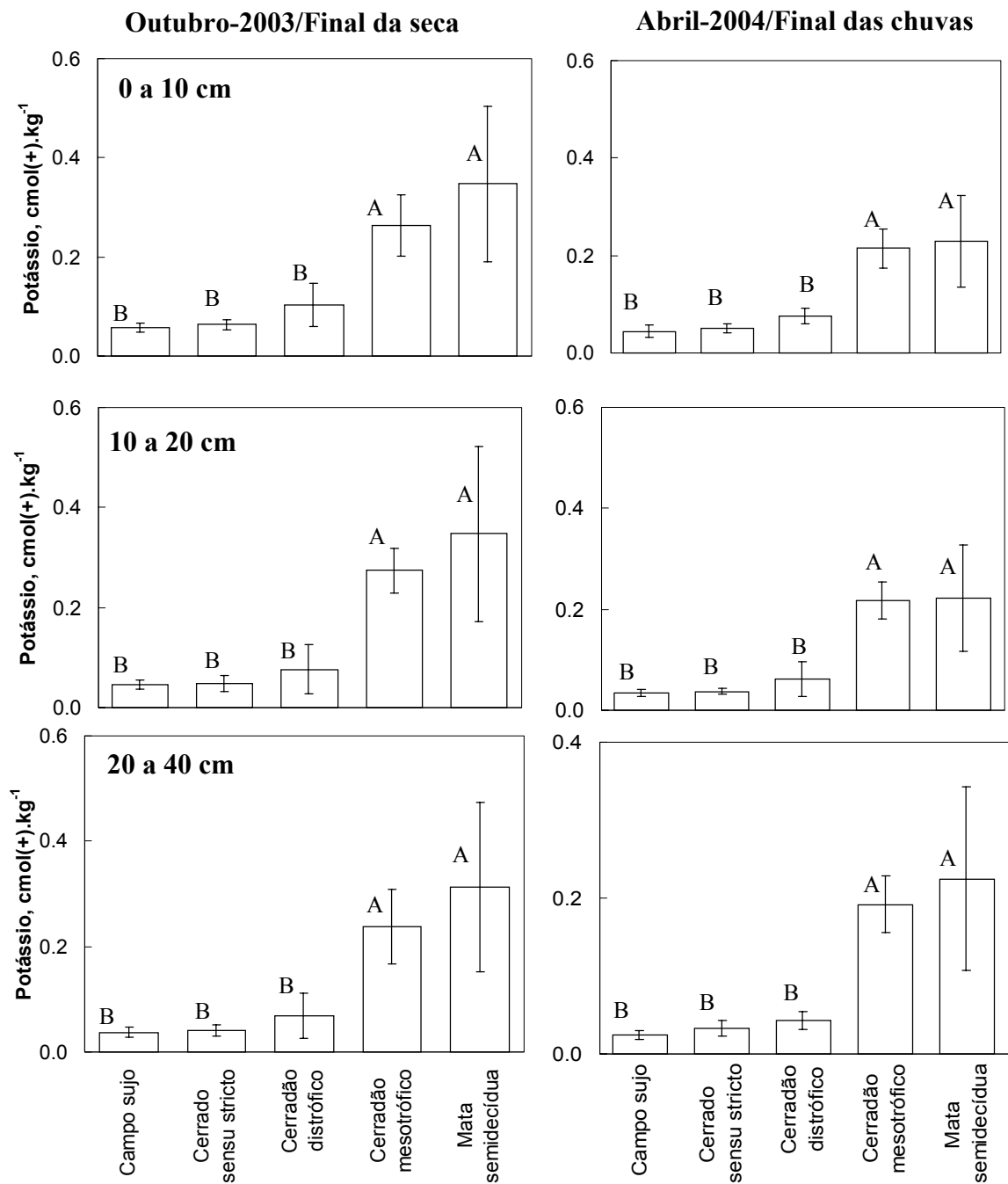
Em mata decídua, sobre solo originado de basalto, Araújo *et al* (1997) encontraram de 2,4 a 5,4  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  de Mg, com média de 3,7  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ ; portanto, apresentando concentrações bem mais elevadas que as encontradas em outros trabalhos. No entanto, ainda inferiores às obtidas ao final do período de seca no presente estudo. Araújo & Haridasan (1988), em duas comunidades florestais, encontraram concentrações de Mg no solo pouco maiores às de cerradões distrófico e mesotrófico aqui determinadas, quando considerados os dados do final do período de chuvas. No horizonte superficial de solo distrófico aqueles autores obtiveram níveis 0,08  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  enquanto que em solo mesotrófico as concentrações foram de 1,38  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ .

#### **3.1.4. Potássio**

Em todos os intervalos de profundidade e períodos do ano estudados, a única diferença significativa encontrada quanto aos teores de K foi sua menor concentração em parcelas de comunidades vegetais sobre solos distróficos em relação às de solos mesotróficos. Os solos mesotróficos têm concentrações médias de K cerca de três vezes maiores que os teores determinados em solos distróficos (Figura 6 - Anexo 6.1.3).

Assim como Ca e Mg, o K também é originado de rochas mas também pode ser incorporado ao sistema ecológico através da precipitação pluviométrica por ser hidrossolúvel. Da mesma forma que pode chegar ao sistema, também pode ser lixiviado facilmente, possuindo assim grande mobilidade no sistema.

Os valores de concentrações de K, encontrados na mata seca, são equivalentes aos encontrados por Araújo (1992), que analisou solos da mesma comunidade vegetal. Aquele autor obteve concentrações de K variando de 0,3  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , no horizonte superficial (0-8 cm), até 0,5  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , no horizonte inferior (8-65 cm).

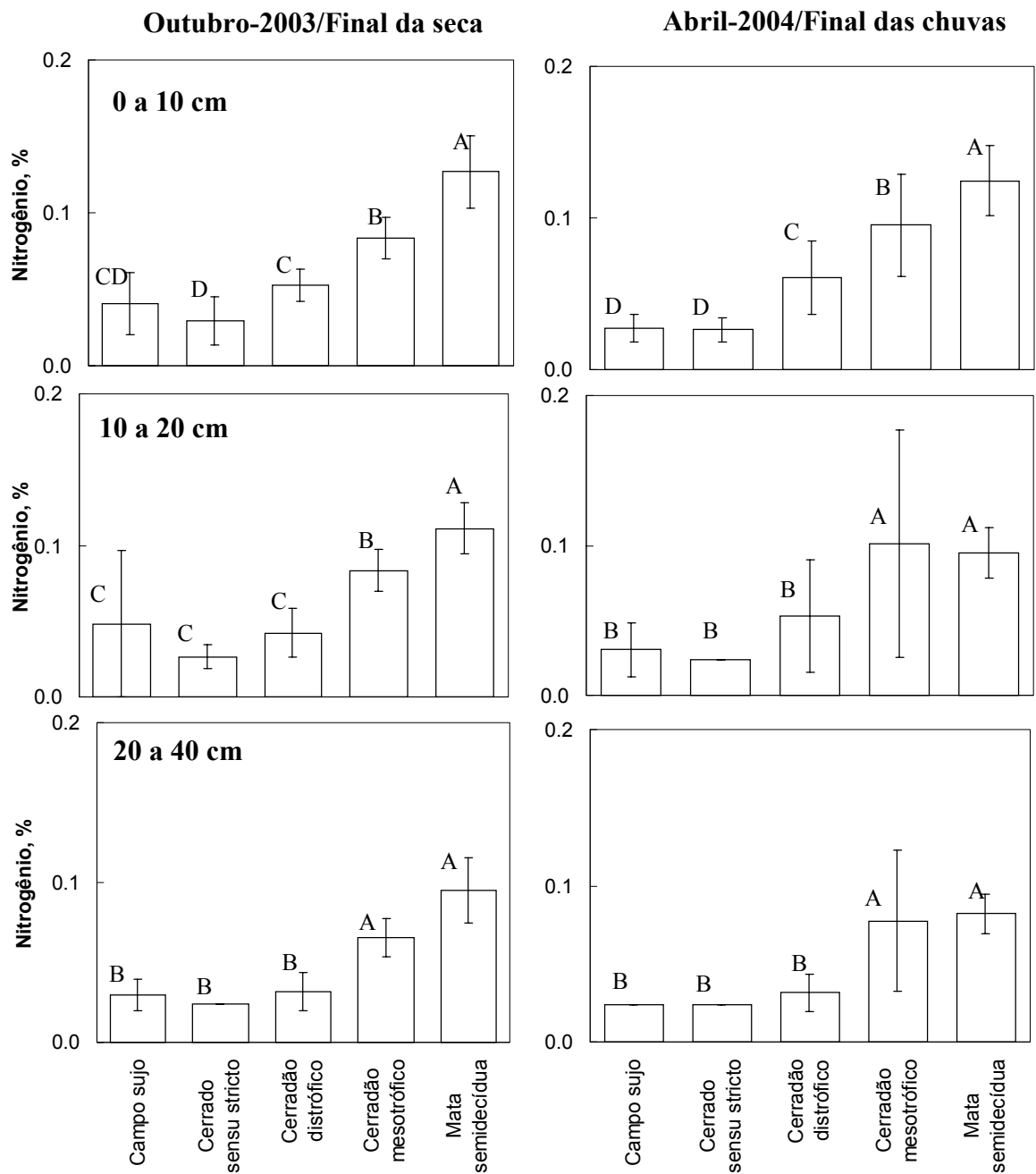


**Figura 6.** Disponibilidade de potássio no solo, em duas épocas do ano (Final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .



### 3.1.5. Nitrogênio

Em ambos períodos analisados, os teores de N na camada superficial do solo (0 a 10 cm) de cerrado *sensu stricto* (também campo sujo, ao final do período de chuvas), cerradão distrófico, cerradão mesotrófico e mata semidecídua são significativamente diferentes entre si. Para este conjunto de dados, observa-se gradiente crescente nos teores de N no solo entre cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua. Com referência aos intervalos de profundidade inferiores, em ambos períodos de coleta é observada a formação de dois grupos distintos quanto aos teores de N. Nas fitofisionomias sobre solos distróficos (campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão distrófico) foram encontrados teores de N inferiores aos observados em solos sob comunidades de solos mesotróficos (cerradão mesotrófico e mata semidecídua). Ao final do período de seca nota-se concentração significativamente menor em cerradão mesotrófico em relação à observada em mata semidecídua (Figura 7, Anexo 6.1.1). Diferenças entre concentrações de N no solo chegam a ser de aproximadamente 2 a 5 vezes maior em solo mesotrófico que em solo distrófico. Portanto, são notáveis as maiores concentrações de N nos solos sob fitofisionomias florestais, principalmente em solo mesotrófico, em relação às demais comunidades vegetais.



**Figura 7.** Nitrogênio total no solo, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

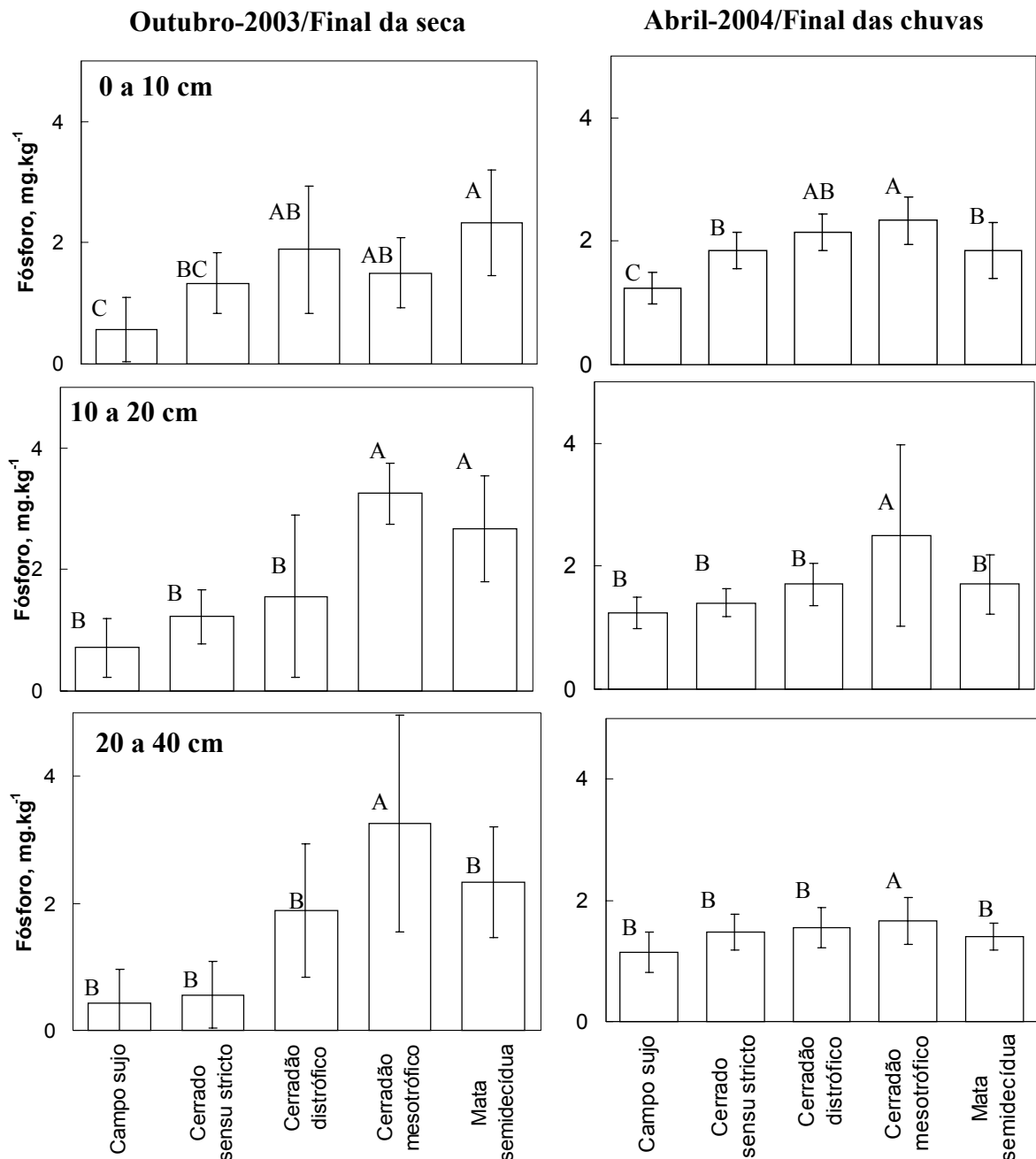
### 3.1.6. Fósforo

De modo geral, as maiores disponibilidades de P no solo foram encontradas em cerradão mesotrófico enquanto que cerrado *sensu stricto* e, principalmente, campo sujo foram determinados os menores níveis deste nutriente. As análises dos dados amostrados ao final do período de seca indicam que o campo sujo apresenta níveis de N, na camada superficial de solo, significativamente inferiores às fitofisionomias florestais (cerradões distrófico e mesotrófico e mata semidecídua). Ainda, no mesmo intervalo de profundidade e período de coleta, cerrado *sensu stricto* apresentou concentração de P significativamente menor que mata semidecídua. Os resultados das análises do intervalo de profundidade superficial de solo, referentes ao final do período de chuvas, mostram que campo sujo tem menores concentrações de P em relação a cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua e os teores de todos estes foram inferiores aos de cerradão mesotrófico. Os teores deste nutriente encontrados em intervalos inferiores de profundidade do solo, em ambos períodos amostrados, indicam que os solos distróficos, bem como os mesmos intervalos sob mata semidecídua (exceto de 10 a 20 cm de profundidade, ao final do período de seca), apresentam teores de P significativamente menores que os encontrados em cerradão mesotrófico (Figura 8, Anexo 6.1.2).

Ruggiero & Pivello (2005) encontraram valores discrepantes de P entre solos de floresta ripária e solos de formações de cerrado. As autoras atribuíram tal diferença a processos locais mais relacionados a atividade biológica e umidade do solo do que à sua disponibilização pelo material de origem.

Ribeiro (1983) encontrou maiores concentrações de P no solo de cerrado e cerradão, em outubro, final da seca, que as encontradas em maio, final das chuvas. Tal variação na época de amostragem não é evidente no presente estudo. Araújo *et al* (1997) encontraram concentrações de P no solo, sob mata decídua localizada sobre solo basáltico, no município de

Uberlândia, bastante superiores às encontradas no presente estudo, visto que as amostras por eles estudadas continham de 41,3 a 1188,3 mg.kg<sup>-1</sup> de P. De fato, Rheinheimer & Anghinoni (2001) confirmam que o conteúdo de P em solo originado de basalto é bastante elevado em relação aos solos originados de rochas sedimentares.



**Figura 8.** Disponibilidade de fósforo no solo, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

Em outras duas florestas sobre solos originados de materiais sedimentares, localizadas no município de Uberlândia (MG), sendo uma delas um outro trecho da mata seca semidecídua do presente estudo, Araújo (1992) encontrou teores de P no solo que variaram de 1,4 mg.kg<sup>-1</sup> a 2,2 mg.kg<sup>-1</sup>, próximo à área do presente estudo, e de 1,6 mg.kg<sup>-1</sup> a 2,3 mg.kg<sup>-1</sup>, nas amostras de solos da segunda floresta estudada. Estes valores são aproximados aos encontrados em solo basáltico por Araújo *et al* (1997) e aos do presente trabalho.

Pequenas concentrações de P no solo das mesmas fitofisionomias aqui estudadas, foram também determinadas por Moreno (2005), que encontrou valores com médias em torno de 2,5 mg.kg<sup>-1</sup>, para mata seca e cerradão mesotrófico, e em torno de 1,0 mg.kg<sup>-1</sup>, na camada superficial, nas demais fitofisionomias. As concentrações médias, encontradas por aquela autora, para maiores profundidades de solos, mostraram-se semelhantes aos aqui determinados.

### 3.2. Vegetação

Várias espécies, em todas as fitofisionomias amostradas, perderam as folhas durante o período de seca. Portanto, não puderam ser coletadas folhas nem ao menos de três indivíduos marcados previamente e, então, no final deste período, não houve análise das folhas de tais espécies.

Ao final do período de seca, no campo sujo não foram encontradas folhas de indivíduos das espécies *Byrsonima verbascifolia*, *Kielmeyera coriacea*, *Stryphnodendron polyphyllum* e *Tabebuia ochracea*. Em cerrado *sensu stricto* não foi possível a coleta de *K. coriacea*, *Qualea grandiflora* e *Qualea parviflora*. No cerradão distrófico, apenas *Q. grandiflora* apresentou queda foliar. Em cerradão mesotrófico as espécies com caducifolia na data de amostragem foram *Luehea grandiflora*, *Myracrodruon urundeuva*, *Hymenaea*

*courbaril* e *Rhamnidium elaeocarpum*. Finalmente, na mata semidecídua *Anadenanthera colubrina* e *Aspidosperma subincanum* não tiveram as folhas coletadas devido à sua queda.

Alguns fatores podem atuar na variação da concentração foliar de nutrientes. Segundo Ribeiro (1983), a determinação de nutrientes foliares numa planta é condicionada pelo solo, clima, horário, época do ano, espécie, idade do vegetal, idade da folha, sua posição na copa, doenças, balanço de nutrientes e outros fatores. Sariyildiz & Anderson (2003) mostraram que as folhas de ambientes sombreados têm estruturas e seus componentes diferenciados em relação às folhas expostas ao sol. Tais considerações indicam que até mesmo a estrutura da vegetação pode influenciar em seu conteúdo nutricional. Golley *et al* (1978) em floresta tropical úmida, no Panamá, encontraram maiores concentrações de nutrientes em folhas e frutos localizados em posições inferiores da planta.

Além da caducifolia, alguns outros fatores podem alterar a determinação final de nutrientes na vegetação como um todo. Isto poderia ocorrer pela variação da vegetação, tal como diferenças estruturais do gradiente formado entre mata semidecídua e campo sujo, no presente estudo. Diferenças como estas poderiam determinar a ocorrência de espécies importantes em sub-bosque, como é o caso de *Alibertia sessilis*, até espécies emergentes, como *Anadenanthera colubrina*, na mata semidecídua, as quais poderiam conter diferentes concentrações de nutrientes, devido à posição que suas folhas ocupam no sentido vertical da floresta.

Durante período de menor umidade no solo o fluxo de água para as raízes pode diminuir e também reduzir o contato de nutrientes pelas raízes e absorção pela planta. Desta forma, a redução na umidade do solo, no decorrer do período de seca, poderia explicar a menor quantidade de alguns nutrientes nos tecidos vegetais, tal como detectado em amostras analisadas em ambos períodos estudados. Silva (1981) mencionou que, além da constituição mineral do solo, a densidade da vegetação pode influenciar nos efeitos térmicos e hídricos,

visto que vegetações mais espessas e fechadas interceptam mais radiação solar e a transforma em calor a ser dissipado pela transpiração.

Outras variações na concentração de nutrientes poderiam ocorrer em espécies ao longo do gradiente fitofisionômico. Formações vegetais como o campo sujo praticamente não têm estratificação e os indivíduos, sejam de quais espécies forem, recebem iluminação solar intensa não apenas em sua parte superior mas também nas laterais da copa. Segundo Golley *et al* (1978), um ambiente com temperatura e umidade adequadas, disponibilidade de biota apropriada e, ainda, o fator tempo, permitem o desenvolvimento de florestas tropicais complexas e multiestratificadas. Estas condições ideais favorecem a alta produção, reações químicas, bem como lavagem do solo, grande armazenamento de nutrientes na biomassa, ciclagem rápida de minerais, aumento da deposição e aceleração na decomposição da serapilheira e elevação na lixiviação do solo, o que são vantagens para a comunidade.

Assim, o gradiente fitofisionômico estudado, bem como a diferença nutricional dos compartimentos estudados, podem ser influenciados por variações do microclima, encontradas nas fitofisionomias. Observam-se maior insolação e menor umidade no solo de formações vegetais abertas que em formações florestais, o que pode incidir sobre a dinâmica de nutrientes, quanto a viabilidade de decomposição da serapilheira, transporte de nutrientes para as raízes, dentre outros efeitos.

Algumas das espécies estudadas estiveram entre as mais importantes em mais de uma fitofisionomia. Nenhuma foi comumente importante em todas ou nem mesmo mais de três fitofisionomias. Apenas *Miconia albicans* esteve entre as espécies mais importantes de campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão distrófico, enquanto que *Byrsonima verbacifolia*, *Caryocar brasiliensis* e *Kielmeyera coriacea* mostraram-se importantes apenas em campo sujo e cerrado *sensu stricto*. *Qualea grandiflora* e *Xylopia aromatica* foram importantes no cerrado *sensu stricto* e também no cerradão distrófico. *Matayba guianensis* foi importante em

fitofisionomias sobre solos de cerradões distrófico e mesotrófico. *Alibertia sessilis* e *Luehea grandiflora* estiveram entre as mais importantes espécies em fitofisionomias de solo mesotrófico, ou seja, cerradão mesotrófico e mata semidecídua. Não houve espécie de grande importância em mata semidecídua, comum a alguma outra fitofisionomia sobre solo distrófico.

É importante salientar que, das 36 espécies estudadas, apenas *Anadenanthera colubrina*, *Byrsonima verbascifolia*, *Caryocar brasiliense*, *Myracrodruon urundeuva* e *Nectandra cissiflora* não foram encontradas por Moreno (2005) ocorrendo em outras fitofisionomias, além das indicadas. Aquela autora encontrou, também em outras fitofisionomias, indivíduos de menor porte das demais espécies aqui estudadas. Como exemplo, foram encontrados por aquela autora 60 indivíduos de *Davilla elliptica* em cerrado *sensu stricto*, 36 indivíduos de *Matayba guianensis* estudadas também em cerrado *sensu stricto*, além de campo sujo e mata semidecídua (única das espécies aqui estudadas encontrada em todas as fitofisionomias), além de outras. No presente estudo, a partir dos critérios de inclusão utilizados, estas e muitas outras espécies não alcançaram os primeiros graus de importância.

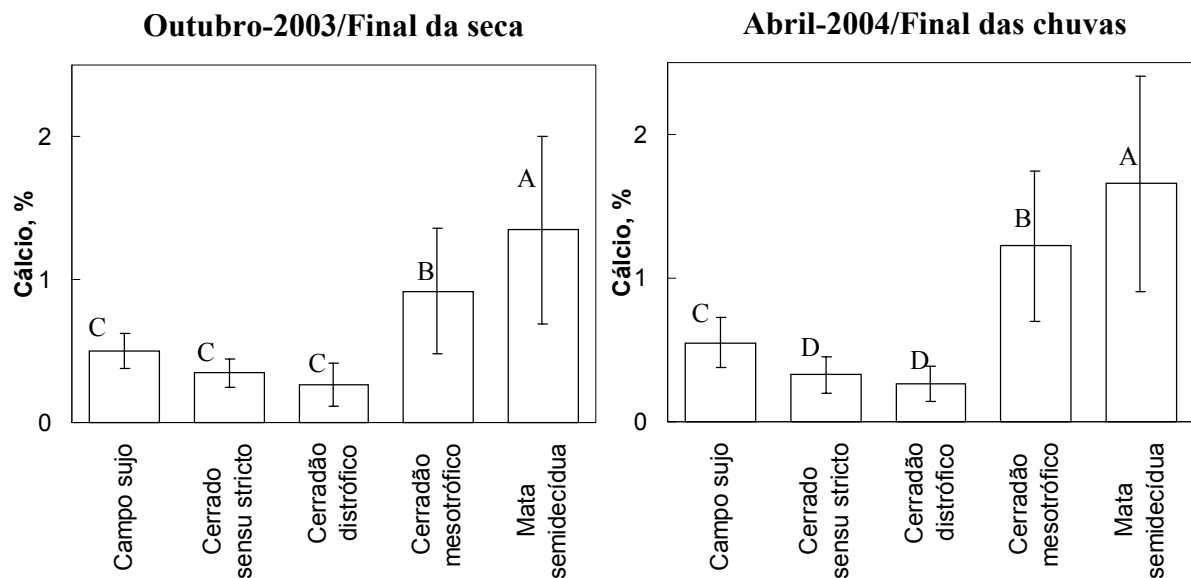
### **3.3. Nutrientes na vegetação**

#### **3.3.1. Cálcio**

Os teores de cálcio nas folhas das principais espécies das comunidades vegetais estudadas mostraram-se significativamente inferiores nos conjuntos de espécies de fitofisionomias sobre solo distrófico em relação a cerradão mesotrófico. A comunidade de mata semidecídua apresentou ainda maiores níveis de Ca nas folhas em relação às demais



fitofisionomias. Quando analisado o conjunto de dados referentes às fitofisionomias sobre solos distróficos, apenas ao final do período de chuvas as concentrações foliares de Ca determinadas em campo sujo são significativamente maiores em relação às de cerrado *sensu stricto* e cerradão distrófico (Figura 9). A vegetação de mata semidecídua apresentou nível médio de Ca foliar até seis vezes maior que o encontrado, por exemplo, em cerradão distrófico (Anexo 6.2.4).



**Figura 9.** Teor de cálcio nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

Segundo classificação das espécies quanto a concentrações de cálcio, citada por Araújo (1992), são encontradas concentrações de 1,57 a 2,27% de Ca nas espécies calcícolas, enquanto que valores no intervalo de até 1,08% são classificados como calcífugas. Assim, com base nas concentrações do nutriente nas folhas das espécies aqui estudadas, ao final do período de chuvas, todas as principais espécies de vegetações sobre solo distrófico são classificadas como calcífugas, enquanto que *Cupania vernalis*, *Hymenaea courbaril*, *Matayba guianensis* e *Casearia sylvestris* o seriam em solo mesotrófico.

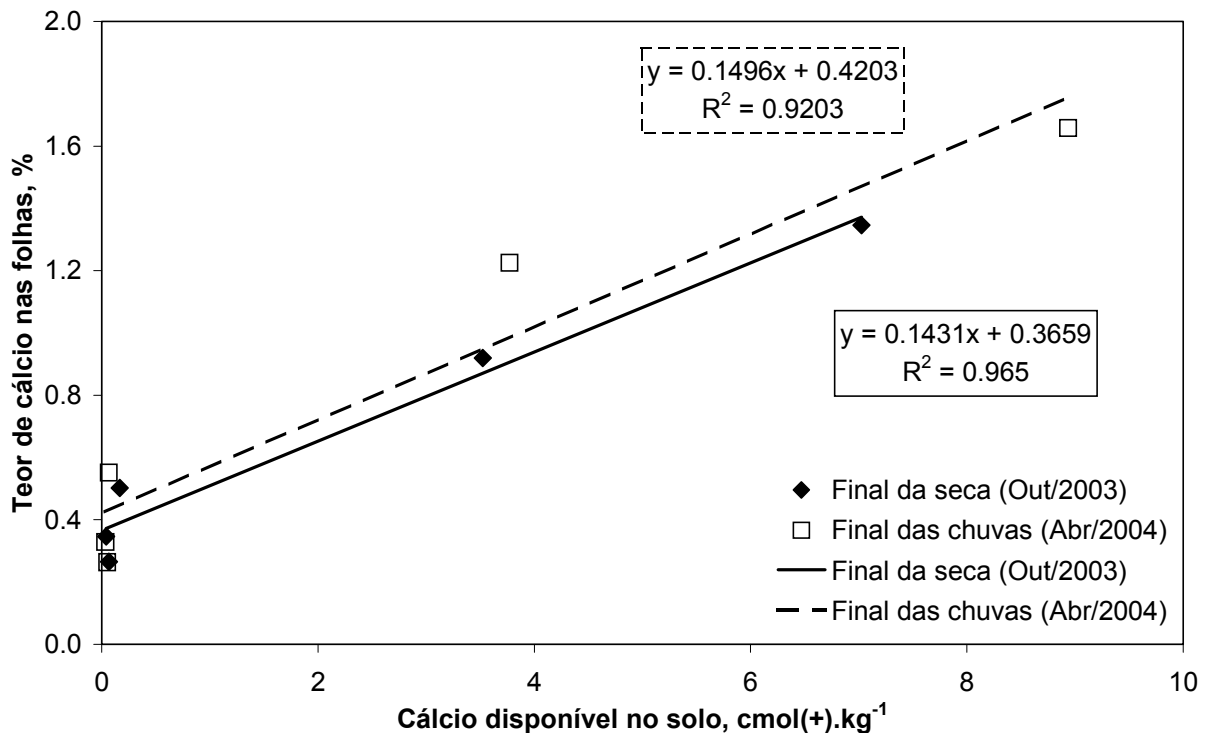
As espécies calcícolas estão presentes apenas em solo mesotrófico, refletindo a

disponibilidade do nutriente no solo. São classificadas como calcícolas *Luehea grandiflora* e *Rhamnidium elaeocarpum*, em cerradão mesotrófico, e *Alibertia sessilis*, *Aspidosperma subincanum*, *Chrysophyllum marginatum*, *L. grandiflora* e *Terminalia brasiliensis* em mata seca. Portanto, *L. grandiflora* seria uma espécie calcícola obrigatória, visto que acumula cálcio em ambas fitofisionomias sobre solos mesotróficos.

Haridasan (1992) encontrou valores médios de Ca de 0,23% em folhas de comunidade de cerradão distrófico, 0,35% em cerrado denso sobre solo distrófico, 1,07% em cerradão mesotrófico e 0,72% em cerrado sobre solo com elevadas concentrações superficiais de Ca, K e Mg. Portanto, os resultados são bastante semelhantes aos aqui obtidos. As características do solo de cerrado denso, em solo rico em Ca, levantado por aquele autor (dados originados de Ribeiro, 1983), assim como as concentrações médias de Ca nas folhas, são semelhantes às determinadas em cerradão mesotrófico aqui estudado. O autor notou que as concentrações de Ca em solos mesotróficos são superiores (cerca de três vezes maior) às encontradas em solos distróficos.

Analisando os dados de concentrações de Ca no solo em relação às folhas, obtidos nos dois períodos do ano, nota-se que não há interação entre as tendências. Assim, não são observadas diferenças expressivas nos teores de Ca na relação entre solo e folhas entre os períodos. O ajuste das linhas de tendências são bastante elevados (92,0 a 96,5 %) mostrando que a relação entre os compartimentos é bastante consistente. A maior variação nas concentrações de Ca entre as fitofisionomias, independente do período analisado, é referente ao solo e em menor proporção às folhas. A maior disponibilidade de Ca nos solos mesotróficos determinaram suas maiores concentrações na vegetação e, certamente, influenciou no estabelecimento de maior biomassa. A influência do Ca nas comunidades florestais ocorrentes em solos mesotróficos é caracterizada por indivíduos arbóreos mais altos,

copas mais densas, além da seleção de espécies de maior exigência nutricional. As comunidades são mais adaptadas ou menos adaptadas ao cálcio disponível no solo.



**Figura 10.** Relação entre cálcio disponível no solo e seus teores nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

Em pelo menos um dos períodos de amostragem, a concentração média de Ca foi superior a 1% de massa seca de folhas. Tal nível foi observado apenas em espécies das fitofisionomias de solos mesotróficos. São incluídas neste grupo todas espécies de mata semidecídua, exceto *C. sylvestris*, que não alcançou tal valor médio ao final das chuvas. Ainda, em cerradão mesotrófico, foram encontradas maiores concentrações de cálcio, ao final do período das chuvas, em *Alibertia sessilis*; em ambos os períodos, *Diospyros hispida*, *Luehea grandiflora*, *Miracrodruon urundeuva* e *Rhamnidium elaeocarpum*, ao final do período de chuvas.

Os menores teores de cálcio obtidos de todas as fitofisionomias são observados em cerrado *sensu stricto* e cerradão distrófico, onde foram determinadas concentrações médias inferiores a 0,2% de Ca por massa seca de folhas, referente às espécies *Q. grandiflora* e *R.*

*montana* (ambas em cerrado *sensu stricto*); *Matayba guianensis*, *Ocotea pulchella* e *O. corymbosa* (em cerradão distrófico), principalmente na amostragem do final do período de chuvas.

Segundo classificação das espécies quanto a concentrações de cálcio, citada por Araújo (1992), espécies calcícolas compreendem o intervalo de concentrações de 1,57 a 2,27% de Ca, enquanto que valores de até 1,08% são classificados como calcífugas. Assim, com base nas concentrações do nutriente nas folhas das espécies aqui estudadas, ao final do período de chuvas, todas as principais espécies de fitofisionomias sobre solo distrófico são classificadas como calcífugas, enquanto que *Cupania vernalis*, *Hymenaea courbaril*, *Matayba guianensis* e *Casearia sylvestris* seriam calcífugas de solo mesotrófico.

As espécies calcícolas estão presentes apenas em solo mesotrófico, refletindo a disponibilidade do nutriente no solo. São elas: *Luehea grandiflora* e *Rhamnidium elaeocarpum*, em cerradão mesotrófico, e *Alibertia sessilis*, *Aspidosperma subincanum*, *Chrysophyllum marginatum*, *L. grandiflora* e *Terminalia brasiliensis* em mata semidecídua. Portanto, *L. grandiflora* seria uma espécie calcícola obrigatória, visto que acumula cálcio em ambas fitofisionomias sobre solos mesotróficos.

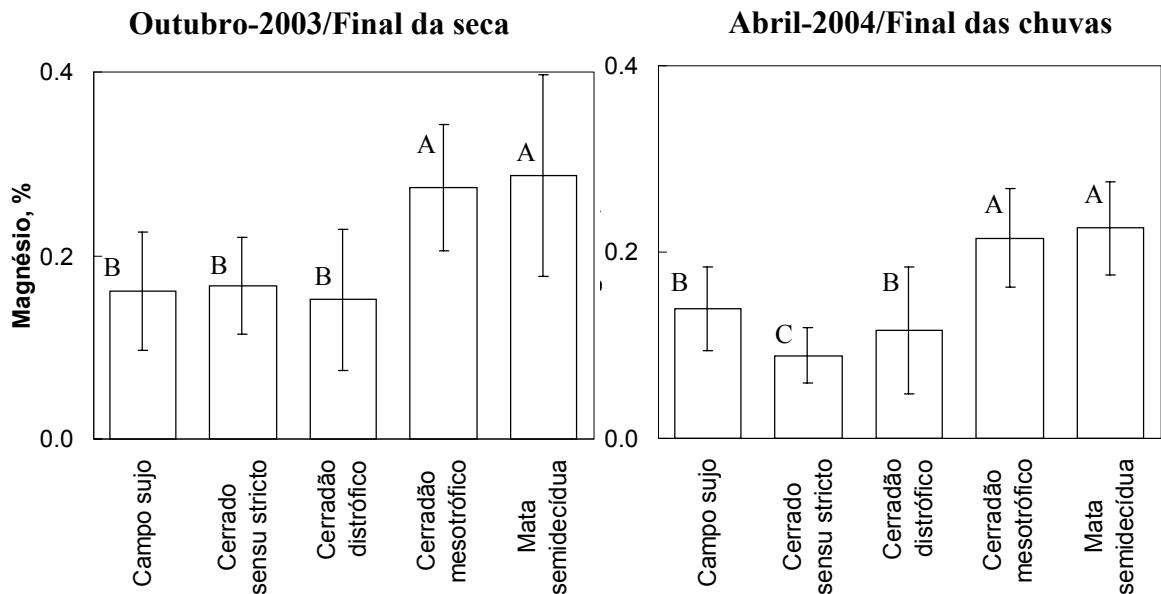
Haridasan (1992) encontrou valores médios de Ca de 0,23% em folhas de comunidade de cerradão distrófico, 0,35% em cerrado denso sobre solo distrófico, 1,07% em cerradão mesotrófico e 0,72% em cerrado sobre solo com elevadas concentrações superficiais de Ca, K e Mg. Portanto, os resultados são bastante semelhantes aos aqui obtidos. As características do solo de cerrado denso, em solo rico em Ca, levantado por aquele autor (dados originados de Ribeiro, 1983), assim como as concentrações médias de Ca nas folhas, são semelhantes às determinadas em cerradão mesotrófico aqui estudado. O autor notou que as concentrações de Ca em solos mesotróficos são superiores (cerca de três vezes maior) às encontradas em solos distróficos.

Quando consideradas as espécies comuns entre as fitofisionomias, notou-se que, independente do período de coleta, *A. sessilis* se encontra com maiores concentrações de Ca em mata semidecídua que em cerradão mesotrófico. Em folhas de *M. guianensis* também foram determinadas maiores concentrações de Ca e Mg nos indivíduos ocorrentes em cerradão mesotrófico em relação aos de cerradão distrófico.

### 3.3.2. Magnésio

As análises foliares de Mg entre as fitofisionomias estudadas indicam a formação de dois grupos estatisticamente diferentes. O primeiro grupo é composto por fitofisionomias sobre solos distróficos, as quais apresentaram concentrações significativamente menores que as encontradas em formações vegetais sobre solos mesotróficos. Ao final do período de chuvas os níveis de Mg nas folhas das principais espécies de cerrado *sensu stricto* foram significativamente inferiores aos encontrados nas demais fitofisionomias. Os teores médios de Mg nas folhas de formações florestais sobre solos mesotróficos são quase duas vezes maiores que os determinados em comunidades sobre solos distróficos (Figura 11, Anexo 6.2.5).

Haridasan (1992) encontrou concentrações médias de Mg, em algumas fitofisionomias correspondentes, superiores às aqui encontradas. Em cerrado denso sobre solo rico em Ca e Mg, foram observados 0,28% de Mg nas folhas, enquanto que em cerradão mesotrófico obteve-se média de 0,27%, cerrado de 0,20% e cerradão distrófico de 0,18%.

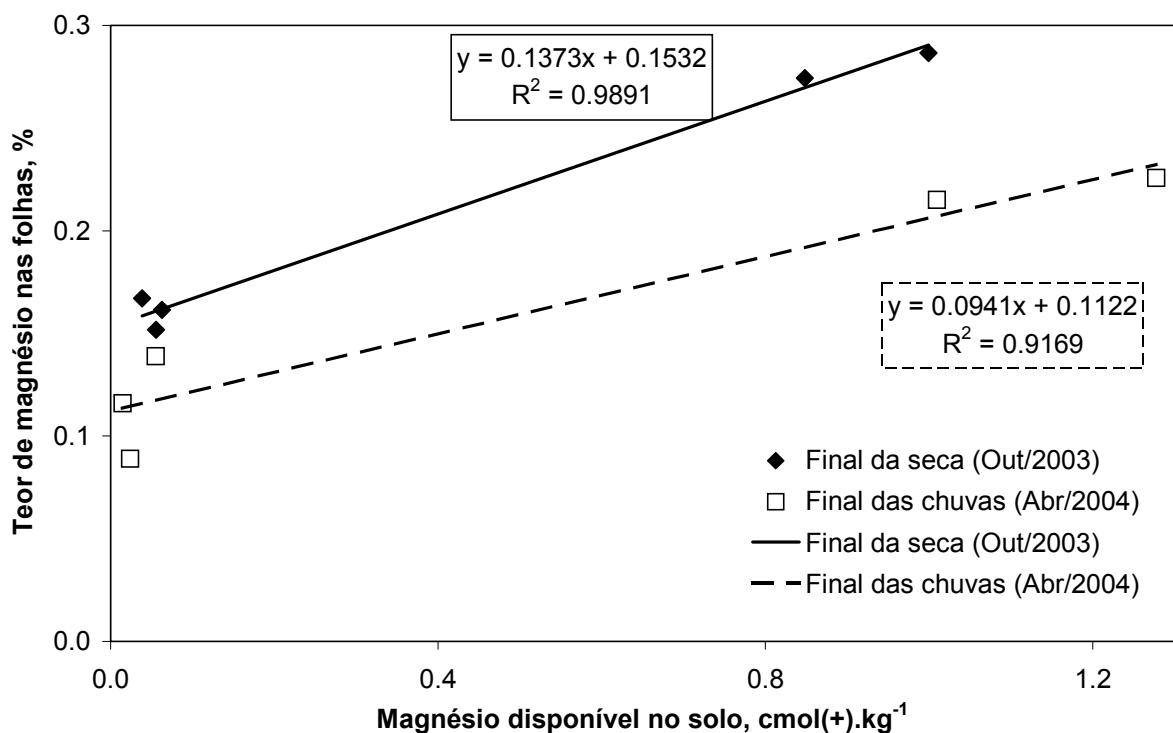


**Figura 11.** Teor de magnésio nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

A relação da concentração de Mg no solo em relação às folhas, entre os períodos estudados, representada na Figura 12, indicam reduzida interação entre as linhas de tendência dos níveis do nutriente ao longo do gradiente vegetal estudado. Os valores médios de Mg nestes compartimentos, referentes ao final do período de seca, são maiores que os encontrados ao final do período de chuvas. A diferença observada indica variação entre períodos do ano, possivelmente dada pela caducifolia por parte dos vegetais e pela sua lixiviação no solo. Os níveis médios de Mg encontrados mostram a formação de dois grupos fitofisionômicos, determinados principalmente por parte do nutriente no solo. Observa-se claramente a relação positiva entre as concentrações dos compartimentos. À medida que o solo apresenta maior disponibilidade de Mg, maior é sua concentração nas folhas.

Para Venturin *et al* (2000), o Ca ministrado em experimento na razão Ca:Mg de 8:1, teria estimulado altas concentrações de N em tecidos de mudas da espécie *Myracrodruon*

*urundeuva*. Em estudo de estoque de nutrientes no solo e em vegetação de cerrado em área próxima a Uberlândia (MG), Lilienfein *et al* (2001) encontraram concentrações de nutrientes cujos intervalos de valores incluem os níveis aqui encontrados, referentes a cerrado típico. Naquele estudo foram determinados de 0,97 a 2,80% de N; 0,05 a 0,16% de P; 0,14 a 0,59% de K; 0,09 a 0,66% de Ca; e, 0,07 a 0,21% de Mg. Portanto, os valores aqui encontrados estão incluídos em faixas equivalentes às de outros estudos realizados no mesmo tipo de vegetação na região.



**Figura 12.** Relação entre magnésio disponível no solo e seus teores nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

Quando consideradas as espécies comuns entre fitofisionomias, apenas duas tiveram as concentrações de magnésio consideravelmente diferentes de uma formação vegetal para outra. São elas *C. brasiliensis*, com  $0,18 \pm 0,01\%$  de magnésio em campo sujo ao final das chuvas e *M. guianensis* em cerradão mesotrófico, com maiores concentrações em ambos os

períodos. Para a última espécie, a concentração de nutrientes nas folhas parece se dar pela disponibilidade do elemento no sistema, sendo portanto uma espécie indiferente a concentrações definidas para sua ocorrência.

Na maioria das espécies aqui estudadas, independente da fitofisionomia, as concentrações médias de magnésio estiveram entre 0,10 e 0,20%. Para algumas poucas espécies, em todas as fitofisionomias, foram encontradas concentrações foliares além ou aquém deste intervalo, principalmente ao final do período de seca. Haridasan (1992) encontrou concentrações foliares de Mg, em algumas fitofisionomias correspondentes, superiores às aqui encontradas. Em cerrado denso sobre solo rico em Ca e Mg, foram observados teores médios de 0,28% de Mg nas folhas, enquanto que em cerradão mesotrófico obteve-se média de 0,27%, cerrado de 0,20% e cerradão distrófico de 0,18%.

No presente estudo, os maiores teores de Mg foram encontrados em folhas de *Byrsonima coccolobifolia*, em campo sujo; *Styrax ferrugineus*, em cerrado *sensu stricto*; *Rudgea viburnoides*, em cerradão distrófico; *Alibertia sessilis*, *Cupania vernalis*, *Matayba guianensis* e *Rhamnidium elaeocarpum*, em cerradão mesotrófico, e *Casearia sylvestris*, *Chrysophyllum marginatum*, *Luehea grandiflora*, *Nectandra sissiflora* e *Aspidosperma subincanum*, em mata semidecídua. Dessas espécies, *R. elaeocarpum* e *A. subincanum* apresentaram os maiores níveis, ao final do período de chuvas, quando foi determinado mais de 0,3% de Mg em suas folhas. Ao final do período de seca foi encontrada a maior concentração de magnésio em folhas de *C. sylvestris*.

Em campo sujo foram encontrados teores reduzidos de Mg em *Miconia albicans*, além de *K. coriacea*, em ambos períodos analisados. Em cerrado *sensu stricto* foram detectados níveis também reduzidos em *M. albicans*, *Qualea grandiflora*, *Q. parviflora*, *R. montana*, *S. convalariaeodora* e *Kielmeyera coriacea*. *Miconia albicans* foi amostrada com tais níveis em ambos os períodos, enquanto que as demais espécies assim o foram apenas ao final do período

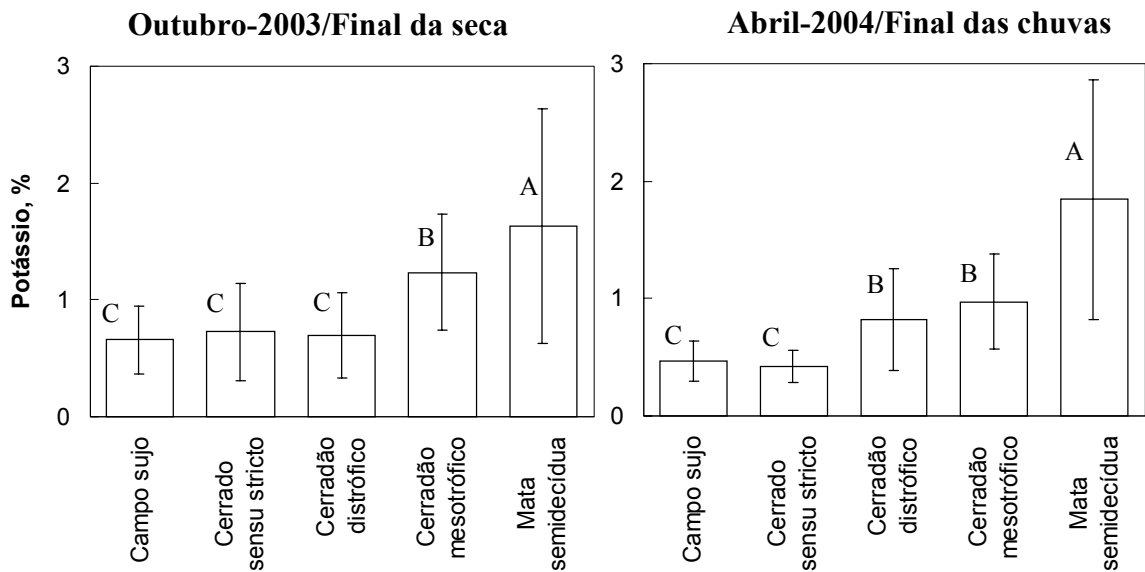


de chuvas. Em cerradão distrófico também foram encontradas concentrações de magnésio menores ou iguais a 0,1% em *M. albicans* e *O. pulchella*, em ambos os períodos, bem como *Q. grandiflora*, *Virola sebifera* e *Vochysia tucanorum*, ao final das chuvas.

No estado de São Paulo, Martinez *et al* (1977), estudando a nutrição mineral de *Byrsonima coccolobifolia* e *Kielmeyera coriacea*, duas das espécies aqui estudadas em campo sujo e cerrado, encontraram concentrações foliares de Ca e Mg semelhantes aos do presente estudo. Com referência à segunda espécie, todas as concentrações de nutrientes determinadas por aqueles autores em análise no mês de janeiro foram equivalentes às aqui determinadas no final do período chuvoso. Portanto, nota-se certa constância nas concentrações destes nutrientes nas folhas da espécie.

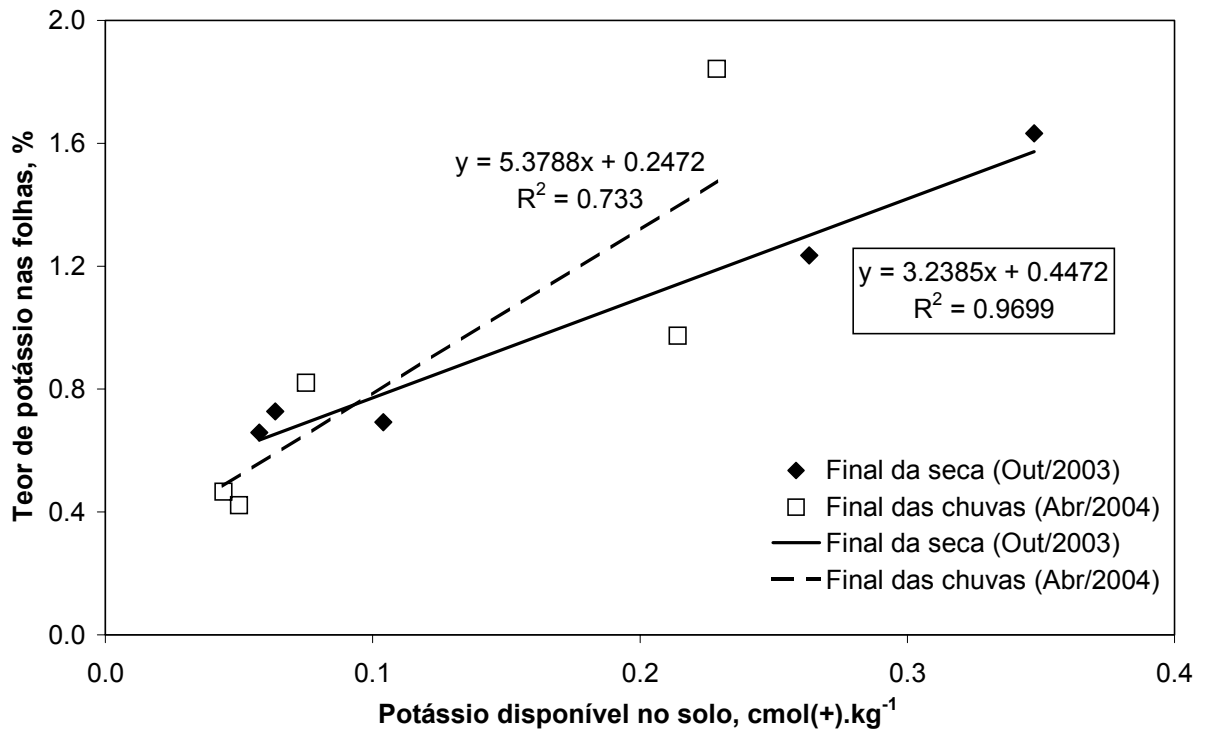
### 3.3.3. Potássio

Os níveis de K, obtidos a partir da coleta do final do período da seca, nas folhas das espécies que representam as comunidades sobre solo distrófico, foram significativamente menores que os valores determinados em cerradão mesotrófico e todas foram menores que mata semidecídua. Ao final do período chuvoso, os teores de K nas folhas das espécies do campo sujo e cerrado *sensu stricto* foram inferiores aos encontrados em cerradões distrófico e mesotrófico, e em todas as comunidades foram determinadas menores concentrações do nutriente em relação aos níveis observados quanto a mata semidecídua (Figura 13, Anexo 6.2.3).



**Figura 13.** Teor de potássio nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

Foi encontrada considerável interação das relações de tendências de concentrações de K entre solo e folhas nos dois períodos analisados. À medida que o solo apresenta maior disponibilidade de K, a vegetação também responde com o aumento nos teores do nutriente nas folhas (Figura 14). Os níveis de K nas folhas das comunidades de campo sujo e de cerrado *sensu stricto* aqui estudadas, mantiveram sempre entre as menores nos dois períodos analisados em relação às demais fitofisionomias (Figura 13). Tal como observado no presente estudo, Batmanian & Haridasan (1985) encontraram, em vegetação rasteira de cerrado sem queimada, resultados indicativos de que as concentrações de P e K foram semelhantes entre estações de seca e de chuva. Ribeiro (1983) encontrou menores níveis de K em outubro, em espécies de cerrado e de cerradão, quando comparados com dados de final do período de chuvas.



**Figura 14.** Relação entre potássio disponível no solo e seus teores nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

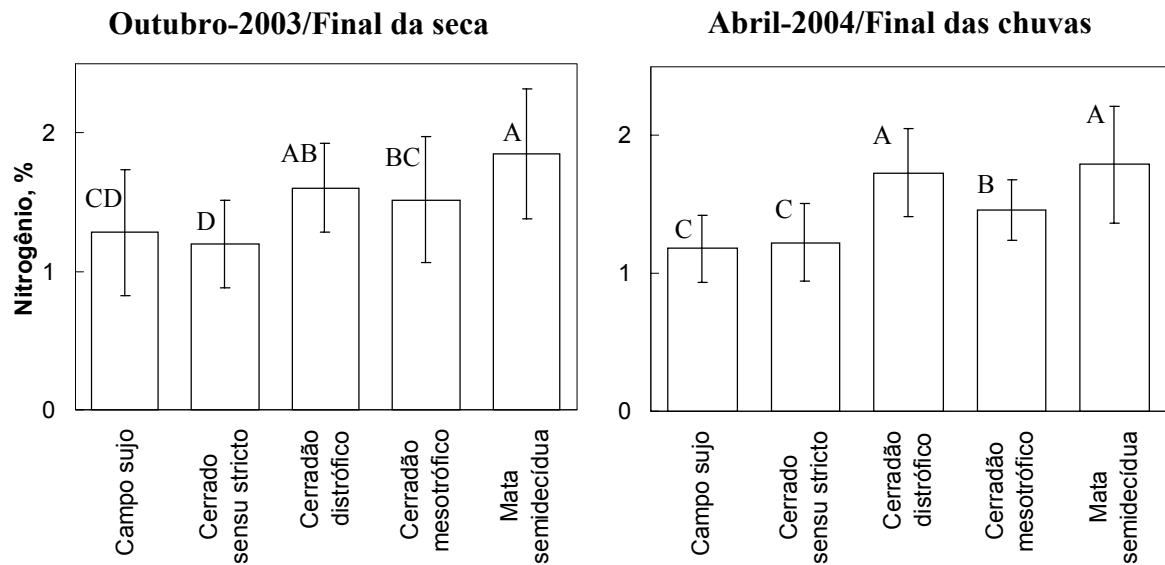
As espécies com as maiores concentrações de K, com níveis médios superiores a 1%, encontram-se principalmente em formações sobre solos mesotróficos. Em cerradão mesotrófico, *Diospyros hispida* apresentou de 0,78 a 1,92% de K ao final do período de seca e 1,39 a 1,75% ao final do período de chuvas. Em mata semidecídua, foram determinadas concentrações de K superiores a 2% em *Casearia sylvestris*, em ambos períodos analisados. Para os indivíduos de *Aspidosperma subincanum* e *Lithrea molleoides* foram observadas concentrações maiores que 2% no final do período de chuvas, e para *Luehea grandiflora* ao final do período de seca. Os menores níveis de K (médias menores que 0,3%) encontrados foram referentes às espécies ocorrentes em solos distróficos, tal como *Davilla elliptica*, ao final do período de seca (0,16 a 0,20 % de K), e *Salvertia convalariaeodora*, ao final do período de chuva (0,25 a 0,28% de K).

### 3.3.4. Nitrogênio

De modo geral, o N tende a apresentar maiores concentrações em formações vegetais sobre solos mesotróficos. O material foliar das comunidades de campo sujo e cerrado *sensu stricto* apresentou teores de N significativamente inferiores aos determinados em mata semidecídua, bem como os valores de cerradão mesotrófico também são menores em relação a mata semidecídua, independente do período analisado. Ao final do período de chuvas o N foliar de campo sujo e cerrado *sensu stricto* são menores que cerradão mesotrófico e todos foram menores que cerradão distrófico e mata semidecídua (Figura 15, Anexo 6.2.1).

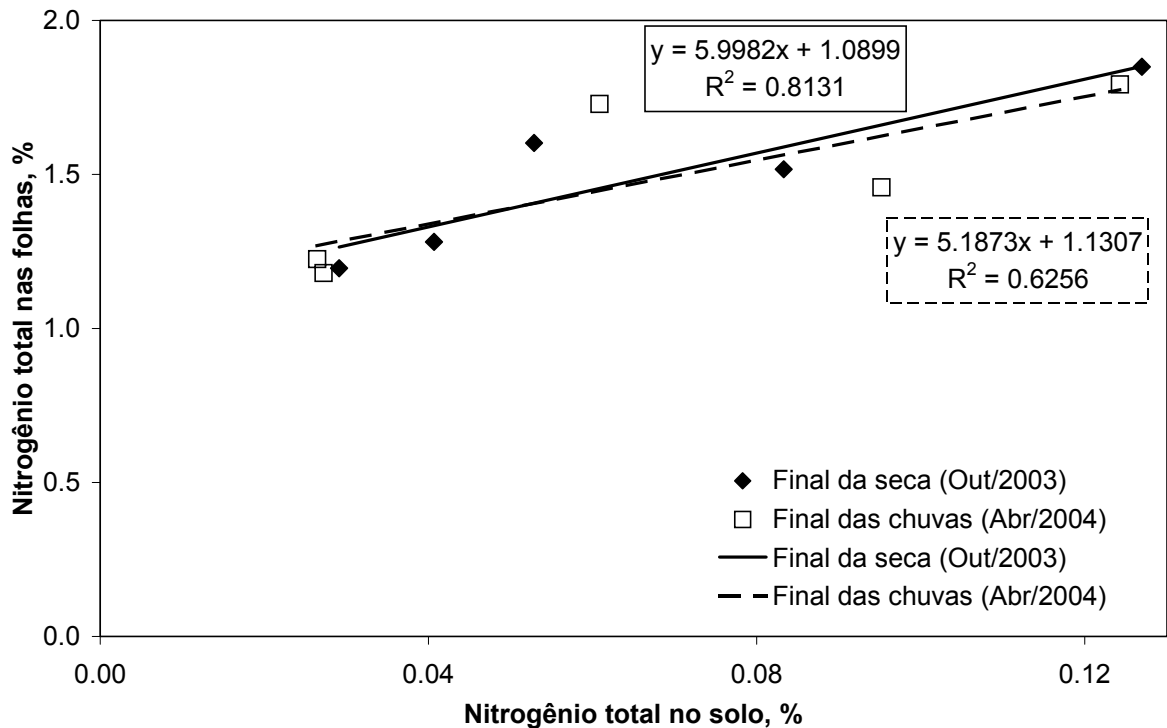
Causin & Bustamante (1997), estudando espécies acumuladoras e não acumuladoras de alumínio e fixadoras ou não de N ocorrentes em cerrado, não detectaram diferenças na concentração de N de três espécies, entre os meses de maio a outubro. No mesmo estudo, os autores encontraram que os níveis de nitrato nas folhas diminuíram com o avanço da seca e aumentaram muito após as primeiras chuvas.

Apenas em cerrado típico não houve espécies da família Leguminosae dentre as mais importantes, enquanto que apenas uma espécie do táxon foi estudada em cada uma das demais fitofisionomias. As espécies de leguminosas foram algumas que continham maiores níveis de N nas folhas. A maior concentração de N em leguminosas era esperado, visto que, segundo Leitão (1997), leguminosas arbóreas nativas, principalmente as de cerrado, têm grande capacidade de associação a alguns tipos de bactérias e fungos micorrízicos que proporcionam maior fixação de nitrogênio.



**Figura 15.** Nitrogênio total nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

A análise das tendências de concentração de N no solo em relação às folhas, no gradiente fitofisionômico, apontam para uma interação fraca entre médias dos conjuntos de dados referentes às épocas do ano estudadas. Assim, há fraca tendência de variação nas concentrações do nutriente entre os períodos analisados (Figura 16). Estes dados mostram que à medida que a vegetação apresenta maiores teores de N em suas folhas, também maiores são suas concentrações no solo. Tal como já observado anteriormente, o solo com maiores disponibilidades de Ca e Mg proporcionam a ocorrência de maior biomassa vegetal, indicado pela presença vegetais mais altos de florestas sobre solo mesotrófico. A maior biomassa acumulada gerou maior fixação de N principalmente na própria biomassa, seguido da serapilheira e do solo em tais ambientes.



**Figura 16.** Relação entre nitrogênio total no solo e nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

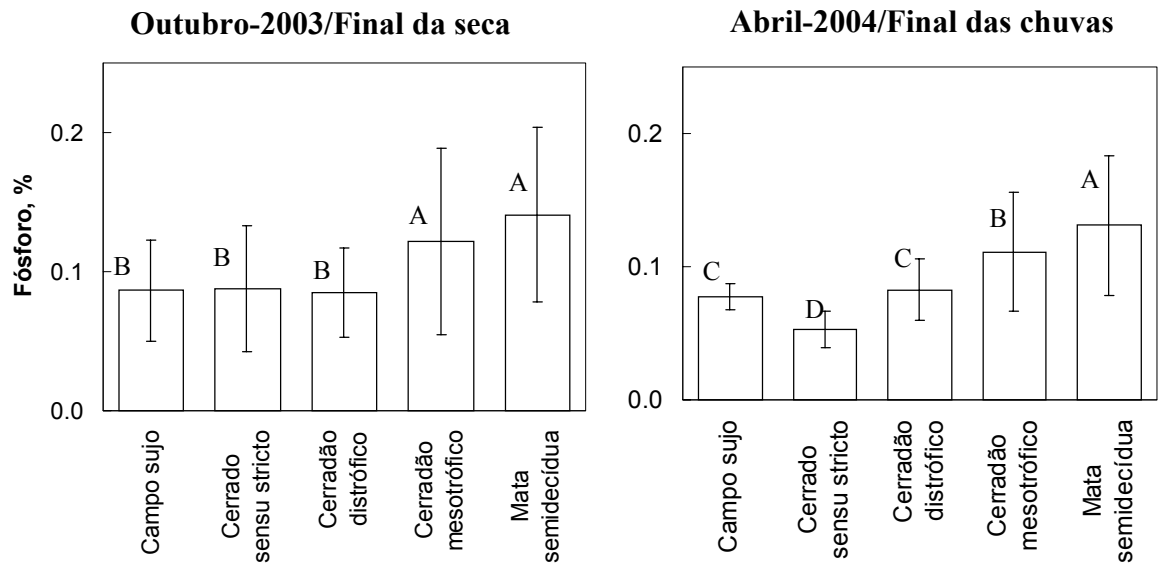
Apenas em cerrado *sensu stricto* não houve espécies da família Leguminosae dentre as mais importantes, enquanto que apenas uma espécie do táxon foi estudada em cada uma das demais fitofisionomias. As espécies de leguminosas foram algumas que continham maiores níveis de N nas folhas. A maior concentração de N em leguminosas era esperado, visto que, segundo Leitão (1997), leguminosas arbóreas nativas, principalmente as de cerrado, têm grande capacidade de associação a alguns tipos de bactérias e fungos micorrízicos que proporcionam maior fixação de nitrogênio.

Ao final do período de chuvas, foram determinadas concentrações do nutriente ainda maiores em folhas de algumas outras espécies, de outras famílias, sendo elas *Miconia albicans* e *Erythroxylum tortuosum* no campo sujo; *Matayba guianensis*, *M. albicans*, *Vochysia tucanorum* e *Xylopia aromatica*, no cerradão distrófico; e, *M. guianensis* e *Rhamnidium elaeocarpum*, no cerradão mesotrófico. Estas espécies pertencem a grupos de pioneiras ou generalistas e outras são acumuladoras de alumínio. Causin & Bustamante

(1997) observaram que a concentração de N total em folhas de três espécies de cerrado, dentre acumuladoras e não acumuladoras de alumínio e fixadoras ou não de N, na forma de nitrato, diminuíram consideravelmente no período de seca, bem como no mesmo período houve diminuição da concentração de nitrato.

### 3.3.5. Fósforo

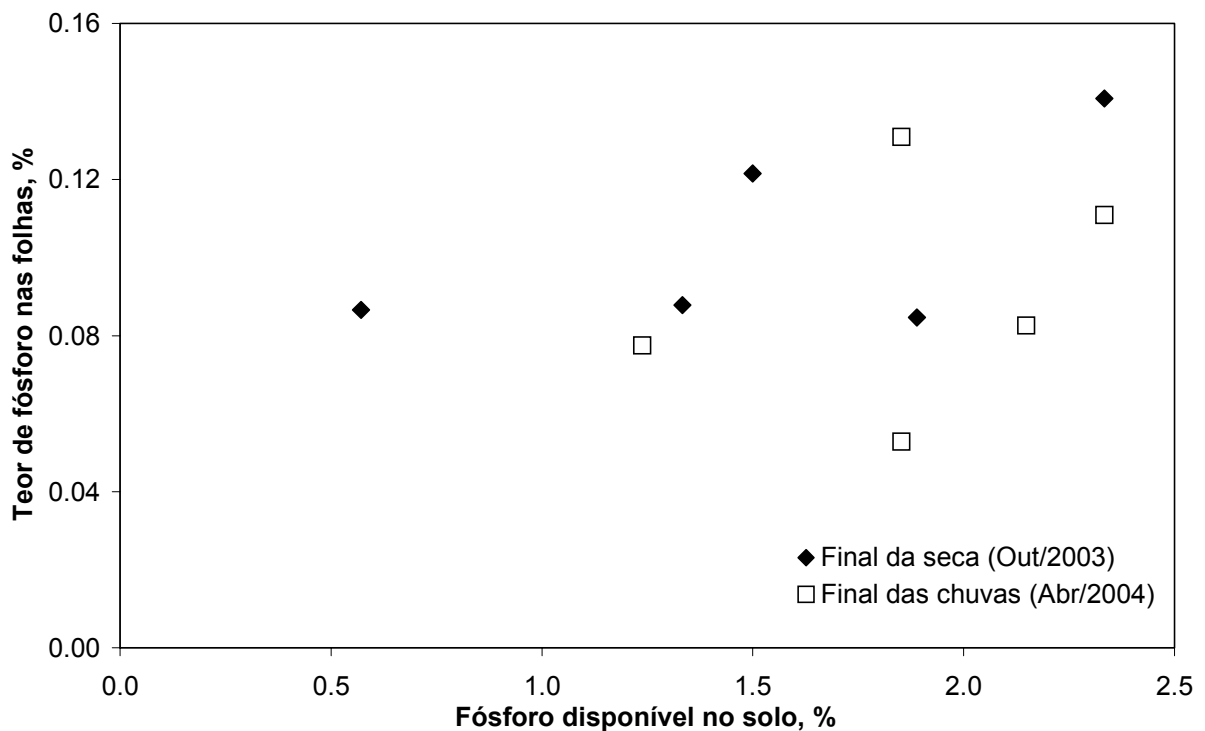
Ao final do período de seca, as concentrações de fósforo nas folhas das principais espécies das fitofisionomias estudadas foram menores nas comunidades sobre solo distrófico em relação às de solos mesotrófico (Anexo 6.2.2). As análises referentes ao final do período de chuvas indicam várias diferenças entre as fitofisionomias. Neste período os níveis de P nas folhas de cerrado *sensu stricto* são significativamente inferiores aos encontrados em campo sujo e cerradão distrófico. Todo este conjunto, por sua vez apresentou-se com menores concentrações de P foliar em relação a cerradão mesotrófico e todos foram inferiores aos de mata semidecídua (Figura 17).



**Figura 17.** Teor de fósforo nas folhas das principais espécies de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

A relação das concentrações de P entre solo e folhas das fitofisionomias mostra que ao final do período de seca os valores médios dos teores do nutriente são menos variados entre as fitofisionomias e tendem a ser maiores quando comparados com os teores determinados ao final do período de chuvas. Os reduzidos índices de ajustes dos dados às retas de tendência (9,3%) indicam grande variação nos valores médios de P nos compartimentos (Figura 18). De modo geral, não há indicações de que P influencia em diferenciações entre fitofisionomias, tanto que não foram encontradas correlações entre os compartimentos.





**Figura 18.** Relação entre fósforo disponível no solo e seus teores nas folhas, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

*Lithrea molleoides* e *Luehea grandiflora*, amostradas em mata semidecídua, foram as espécies com as maiores concentrações de fósforo, cujos valores chegaram a mais de 0,15% em ambos períodos estudados. As menores concentrações foliares do nutriente foram observadas em indivíduos de *Davilla elliptica* e *M. albicans* em campo sujo, *Roupala montana*, *M. albicans* e *Salvertia convalariaeodora*, em cerrado *sensu stricto*, e *Byrsonima verbacifolia*, em cerrado *sensu stricto*, principalmente no final do período de chuvas. As menores concentrações de P, dentre outros macronutrientes, determinadas no presente estudo confirmaram os dados encontrados por Araújo (1992), Araújo *et al* (1997), Ribeiro (1983), bem como Moreno (2005), que analisou as mesmas fitofisionomias aqui estudadas.

Na maioria das espécies as menores concentrações de nutrientes encontradas foram referentes a P. Silva (1981), Medeiros (1983) e Ribeiro (1983) também encontraram menores concentrações de P, dentre os nutrientes por ele estudados, em espécies de cerrado no Distrito

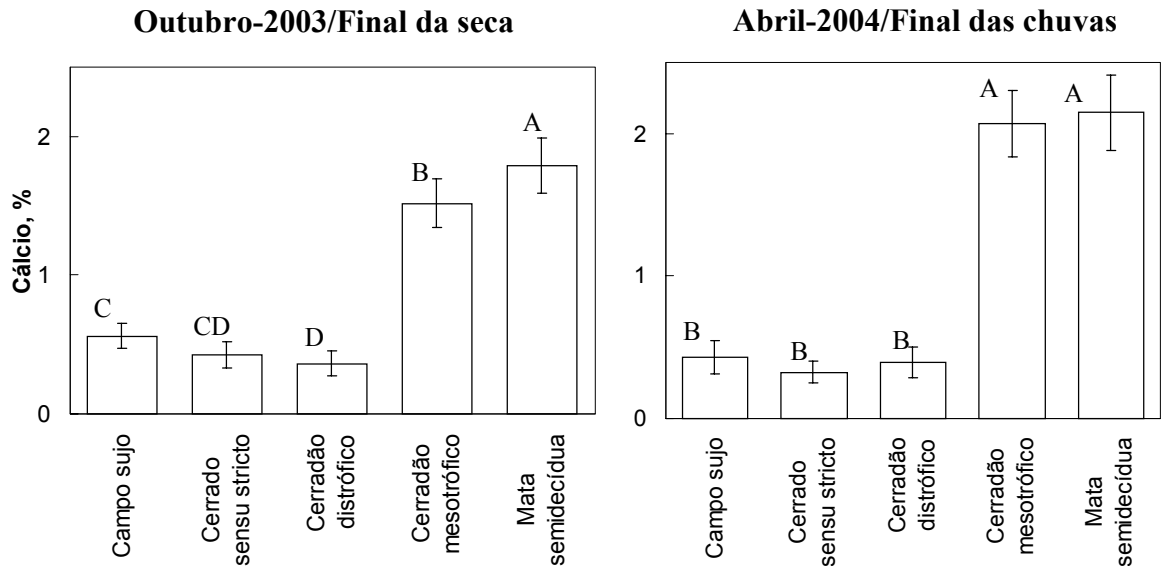
Federal. A bibliografia indica que a seqüência decrescente de concentrações N>Ca>K>Mg>P é comum em formações vegetais ocorrentes no domínio dos cerrados. Araújo (1992) determinou níveis de P menores que todos os nutrientes analisados, visto que variaram de 0,05 a 0,15% em folhas das espécies de maior importância. Em sua pesquisa, o autor observou que espécies exclusivas continham maiores concentrações de P que espécies comuns às duas florestas.

### **3.4. Nutrientes na serapilheira**

#### **3.4.1. Cálcio**

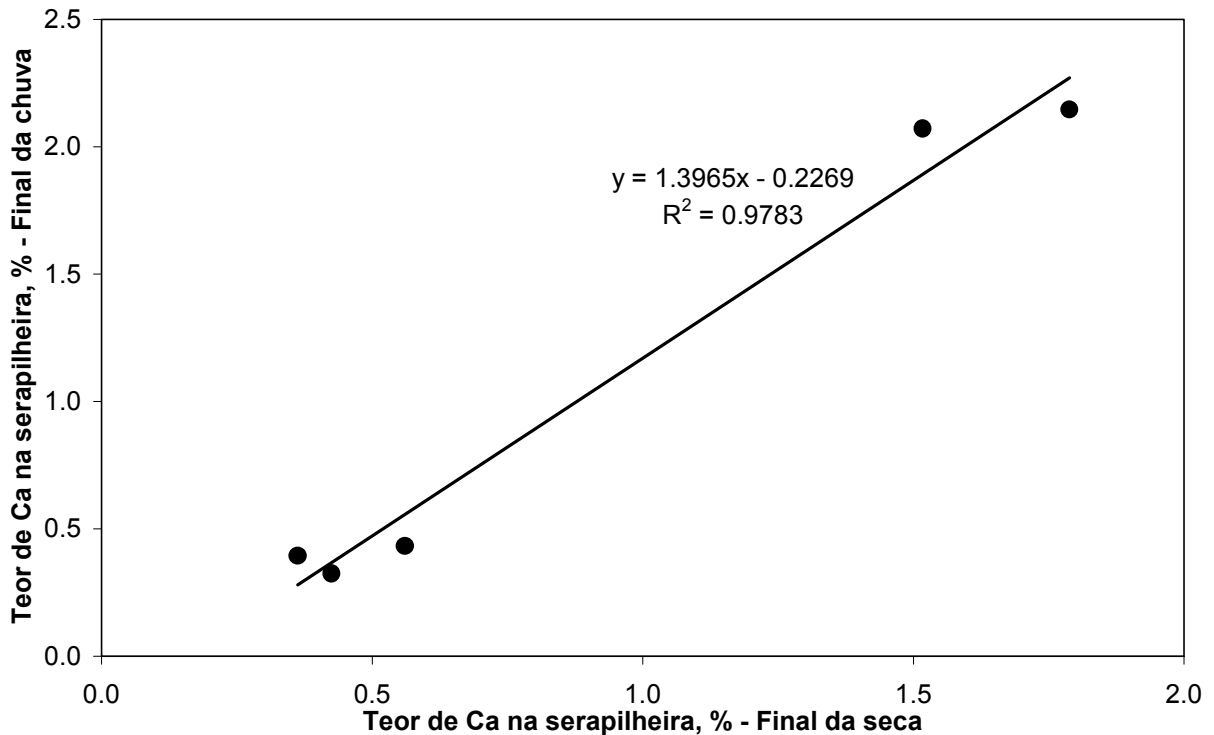
O Ca mostrou-se em maiores teores na serapilheira de mata semidecídua, independente do período analisado, em relação aos valores das fitofisionomias encontradas em solos distróficos. Ao final do período de seca foram encontrados valores crescentes de concentração de Ca na serapilheira no gradiente formado entre campo sujo e mata semidecídua. Ao final do período de chuvas, as fitofisionomias de solos distróficos apresentaram níveis de Ca significativamente menores em relação às fitofisionomias de solos mesotróficos. Os teores médios de Ca na serapilheira depositada sobre solos mesotróficos são da ordem de três a cinco vezes maiores que os valores encontrados em comunidades de solos distróficos (Figura 19, Anexo 6.3.4).

Moreno (2005), em amostragem ao período de chuvas anterior ao aqui estudado, encontrou níveis médios de Ca pouco inferiores aos encontrados no presente estudo. No entanto ainda foram observadas grandes diferenças dos teores do nutriente entre serapilheira de fitofisionomias produzida sobre solos mesotróficos e distróficos que são aqui confirmadas.



**Figura 19.** Teor de cálcio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

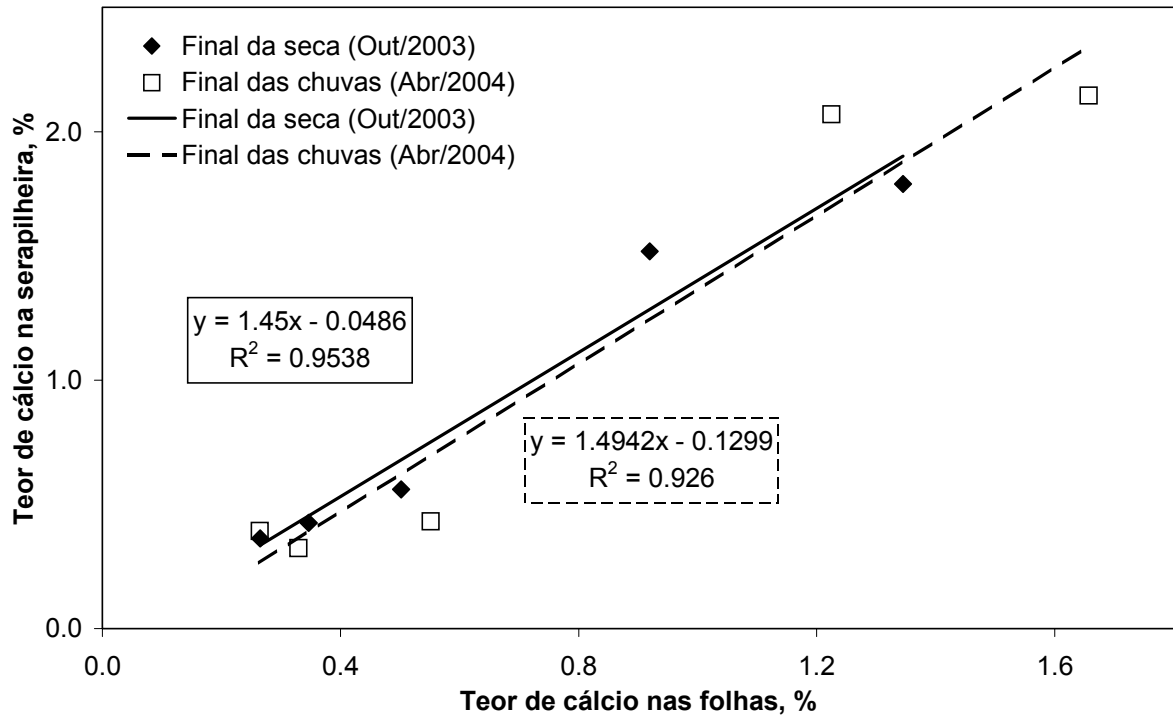
As maiores diferenças dos teores médios de Ca na serapilheira entre os períodos são encontradas nas fitofisionomias de solos mesotróficos, sendo maiores ao final do período de chuvas em relação aos valores encontrados ao final do período de seca. Entretanto, as fitofisionomias de solos distróficos, principalmente campo sujo e cerrado *sensu stricto*, apresentaram teores de Ca na serapilheira pouco menores ao final do período de seca em relação ao de chuvas. Assim, de modo geral, os valores médios de Ca na serapilheira, tenderam a ser semelhantes entre o final das estações de seca e de chuvas. Foi encontrada correlação positiva entre os valores médios dos teores de Ca entre os períodos, valores estes que apresentaram coeficiente de ajuste à reta de tendência na ordem de 97,8%. Tal resultado indica que as concentrações do nutriente na serapilheira tendem a permanecer constantes em qualquer período considerado, independente da fitofisionomia estudada (Figura 20). Portanto, notou-se que o nutriente é pouco susceptível de lixiviação a partir da serapilheira, visto que sua concentração é mantida, ou até aumentada, em qualquer período analisado.



**Figura 20.** Relação dos teores de cálcio, ao final dos períodos de seca e de chuvas, na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

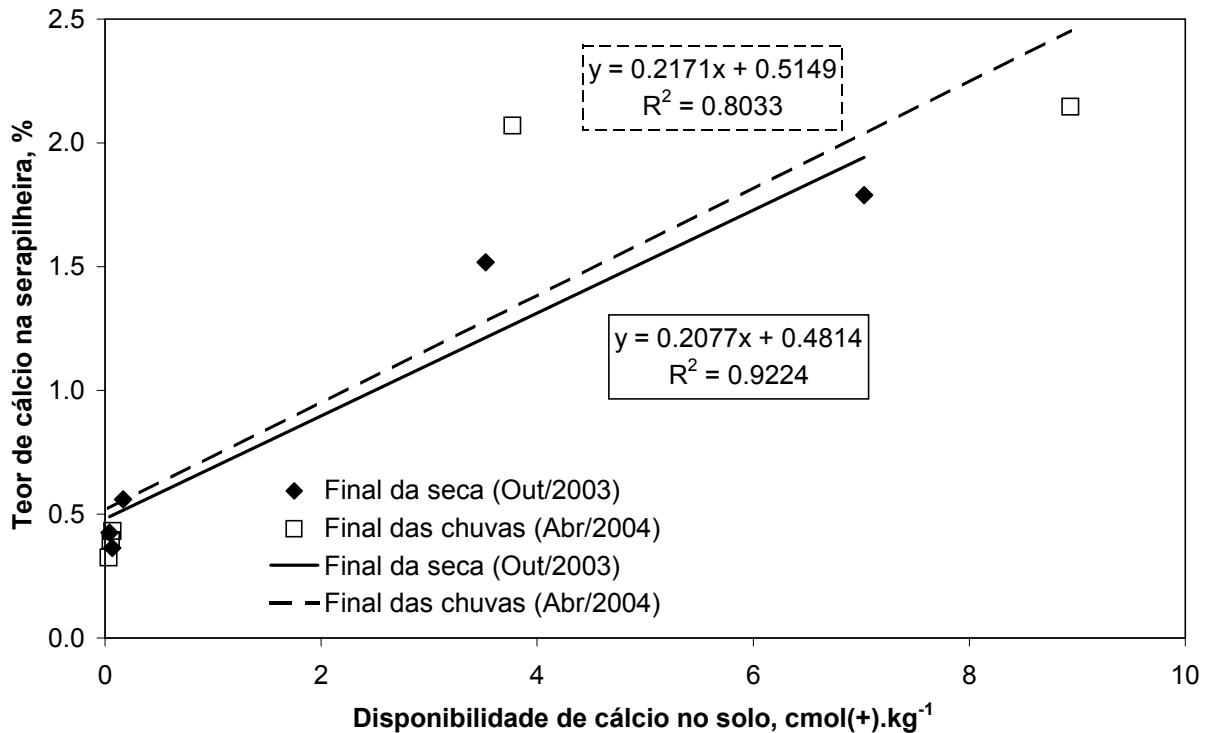
A comparação das tendências de distribuição dos teores médios de Ca no gradiente vegetal, relacionando folhas e serapilheira, em ambos períodos do ano estudados (Figura 21), indicou que suas concentrações não apresentaram variação entre os períodos. Assim, as diferenças dos níveis de Ca mantêm-se em qualquer período do ano entre as fitofisionomias. A partir dos dados expressos nas mesmas unidades, notou-se que são mantidas suas concentrações médias entre os compartimentos comparados. Por ser um elemento estrutural, praticamente não há retranslocação de Ca dos tecidos foliares anterior à sua senescência. O aumento da concentração de nutrientes fixos no material foliar da serapilheira é esperado, visto que outros tantos nutrientes são removidos do tecido vegetal, assim aumentando a concentração dos elementos fixos e elementos pouco móveis. Isto é observado principalmente na serapilheira produzida em comunidades sobre solos mesotróficos, onde o nutriente é abundante no solo e disponível às plantas. Teores de aproximadamente 2% de Ca na serapilheira de florestas de solos mesotróficos correspondem a cerca de 1,5% nas folhas das

mesmas fitofisionomias. Desta forma, o solo rico em nutriente possibilita que a vegetação apresente mais nutrientes em seus tecidos foliares e, por conseguinte, mais nutrientes na serapilheira.



**Figura 21.** Relação dos teores de cálcio nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

Resultado semelhante, encontrado na comparação dos teores de Ca na serapilheira em relação a folhas entre os períodos, foi também obtido comparando-se seus teores na serapilheira em relação a sua disponibilidade no solo. Sendo assim, as diferenças nos valores de Ca na serapilheira e solo de diferentes comunidades são mantidas em qualquer época analisada. Os dados indicam que os maiores teores de Ca na serapilheira de fitofisionomias em solos abundantes do nutriente são devidos à sua maior disponibilidade no solo (Figura 22). Desta forma, quando a biomassa é constituída por espécies vegetais que acumulam Ca, a serapilheira também apresenta mais Ca (Figura 21).



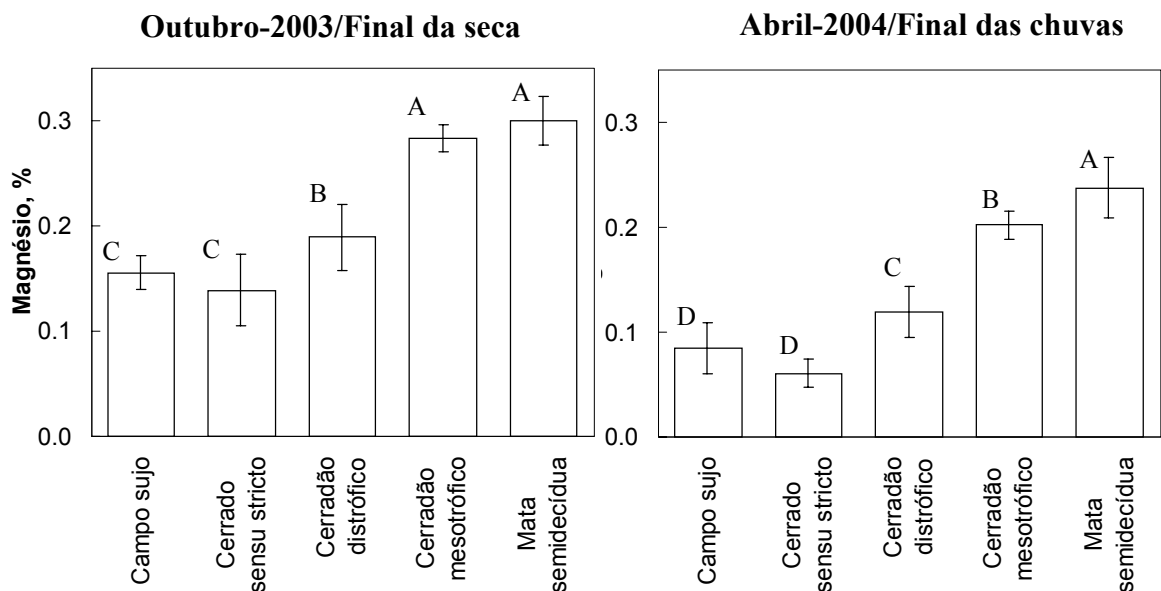
**Figura 22.** Relação dos teores de cálcio no solo e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

### 3.4.2. Magnésio

Assim como observado nos resultados de concentrações dos demais nutrientes na serapilheira, também foram encontrados maiores níveis de Mg na serapilheira de mata semidecídua, em um extremo, e menores em campo sujo e cerrado *sensu stricto* no outro extremo. A diferença entre tais fitofisionomias chega a ser, em média, duas vezes maior em mata semidecídua. O material de cerradão distrófico apresentou níveis intermediários, significativamente diferentes, em relação às demais fitofisionomias, independente do período de coleta estudado. Ao final do período de chuvas os teores de Mg na serapilheira de cerradão mesotrófico e do cerradão distrófico, diferem significativamente entre si e dos demais grupos fitofisionômicos extremos, formados pela mata semidecídua, num limite superior, e demais comunidades, com menores concentrações (Figura 23, Anexo 6.3.5).

König *et al* (2002) encontraram K, Ca e Mg em maior concentração nas folhas

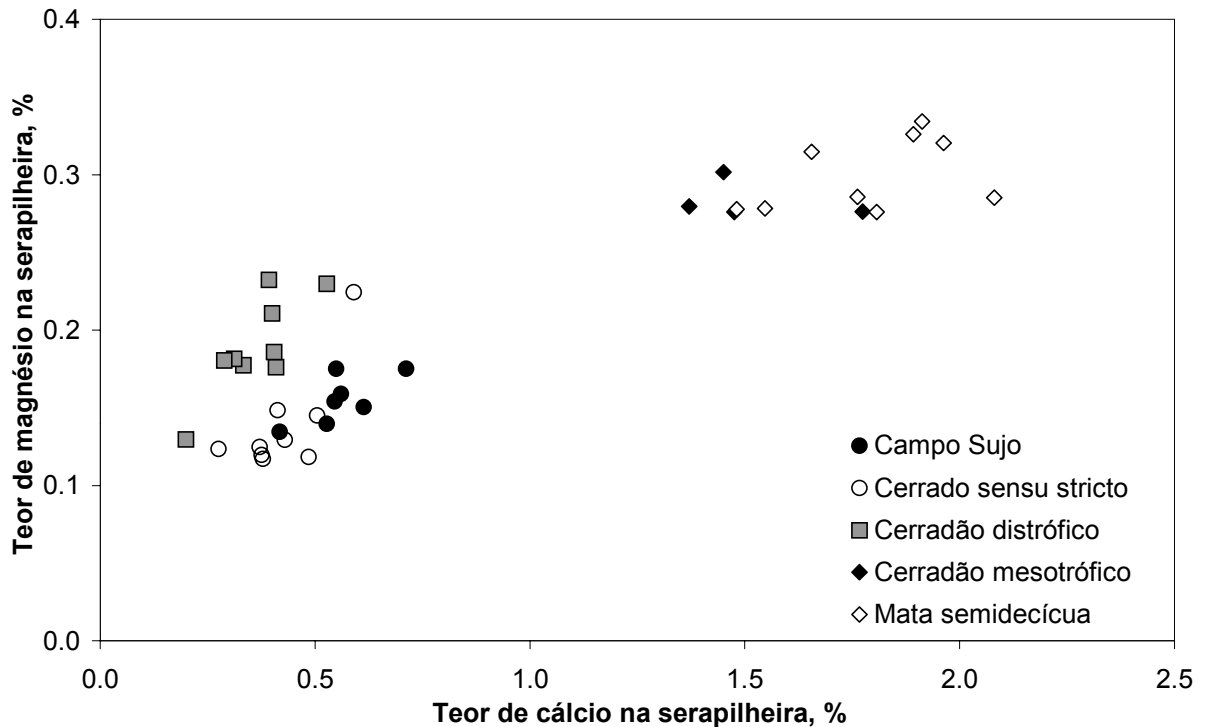
presentes na serapilheira, em relação às demais frações por eles estudadas. Estes autores mencionam ainda que as folhas são a maior parte da serapilheira. Também, são responsáveis pelo retorno de muitos nutrientes ao solo. Em estudo do estado nutricional na mesma área e fitofisionomias, dentre outras além das aqui estudadas, Moreno (2005) também encontrou diferenças de concentrações de Mg na serapilheira entre as fitofisionomias, sendo que nas formações florestais foram determinadas maiores teores do nutriente que nas demais fitofisionomias.



**Figura 23.** Teor de magnésio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

Analisando a relação entre a concentração de cálcio e magnésio na serapilheira coletada nas parcelas representativas de cada comunidade vegetal estudada, notou-se correlação positiva entre tais nutrientes. Tal correlação é evidente principalmente quando comparados os dados referentes a fitofisionomias de solos mesotróficos em relação às de solos distróficos. A serapilheira destes dois grupos de parcelas são muito bem distintas quanto ao teor de Mg. O grupo de amostras originados de comunidades sobre solos mesotróficos têm

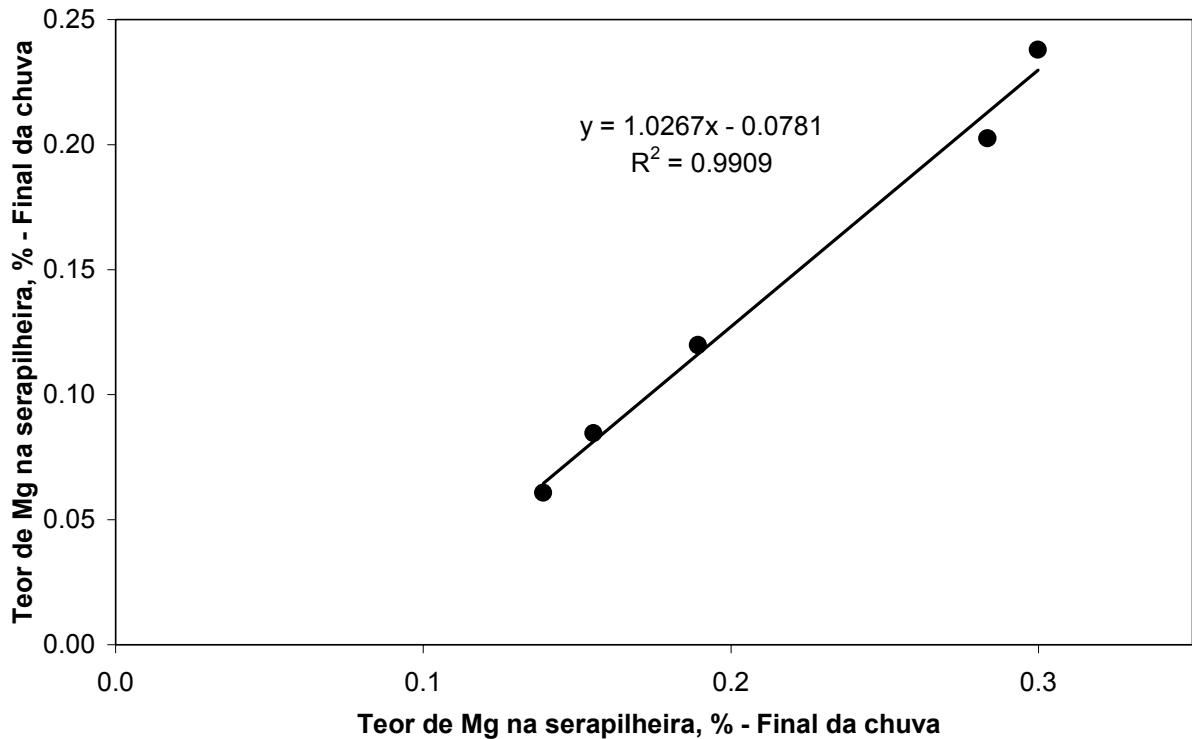
maiores concentrações de ambos nutrientes em relação às amostras das demais fitofisionomias (Figura 24).



**Figura 24.** Relação entre teores de cálcio e magnésio na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

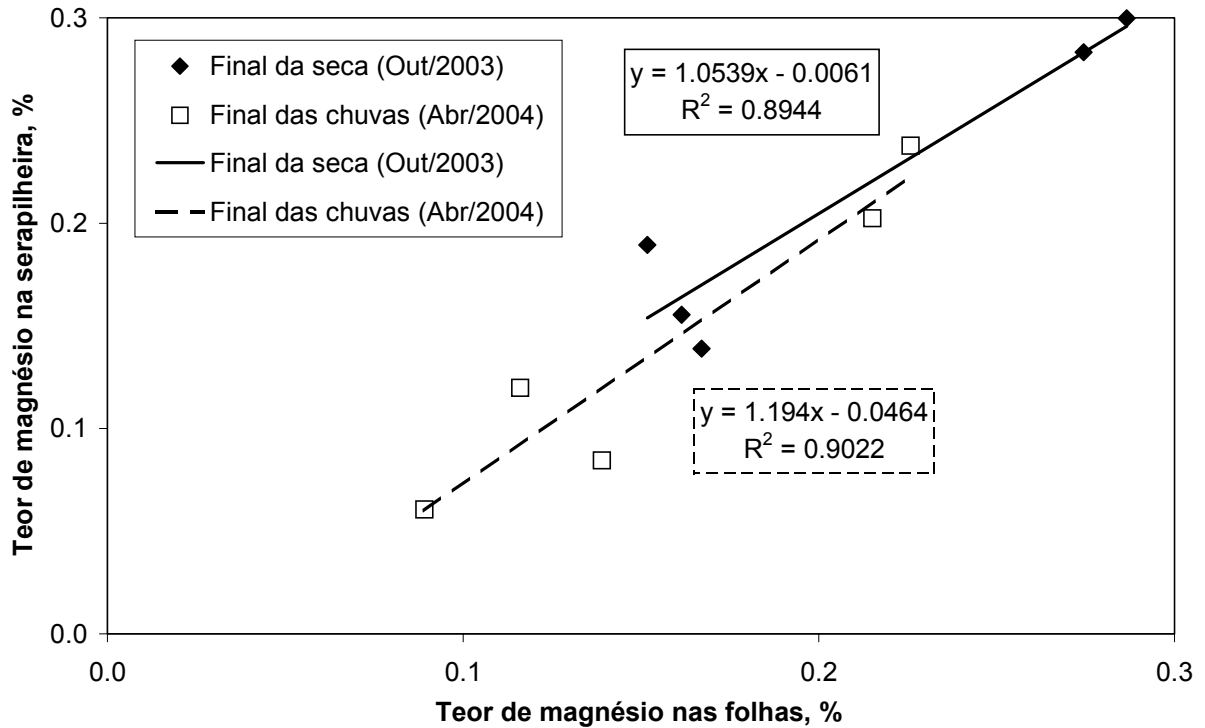
Foram encontradas maiores concentrações médias de Mg na serapilheira ao final do período de seca em relação ao final do período chuvoso. Os valores médios de concentração do nutriente na serapilheira, de cada uma das fitofisionomias, entre tais períodos apresentou elevado coeficiente de ajuste à reta de tendência (99,09%). Deste modo, independente do período amostrado e da fitofisionomia considerada, existe tendência de aumento dos teores de Mg na serapilheira de todas as fitofisionomias ao final do período de seca. As diferenças de teores entre as fitofisionomias mantêm-se entre os períodos. Assim, em ambos períodos estudados são encontradas maiores teores de Mg na serapilheira de mata semidecídua e cerradão mesotrófico que nas demais fitofisionomias (Figura 25).





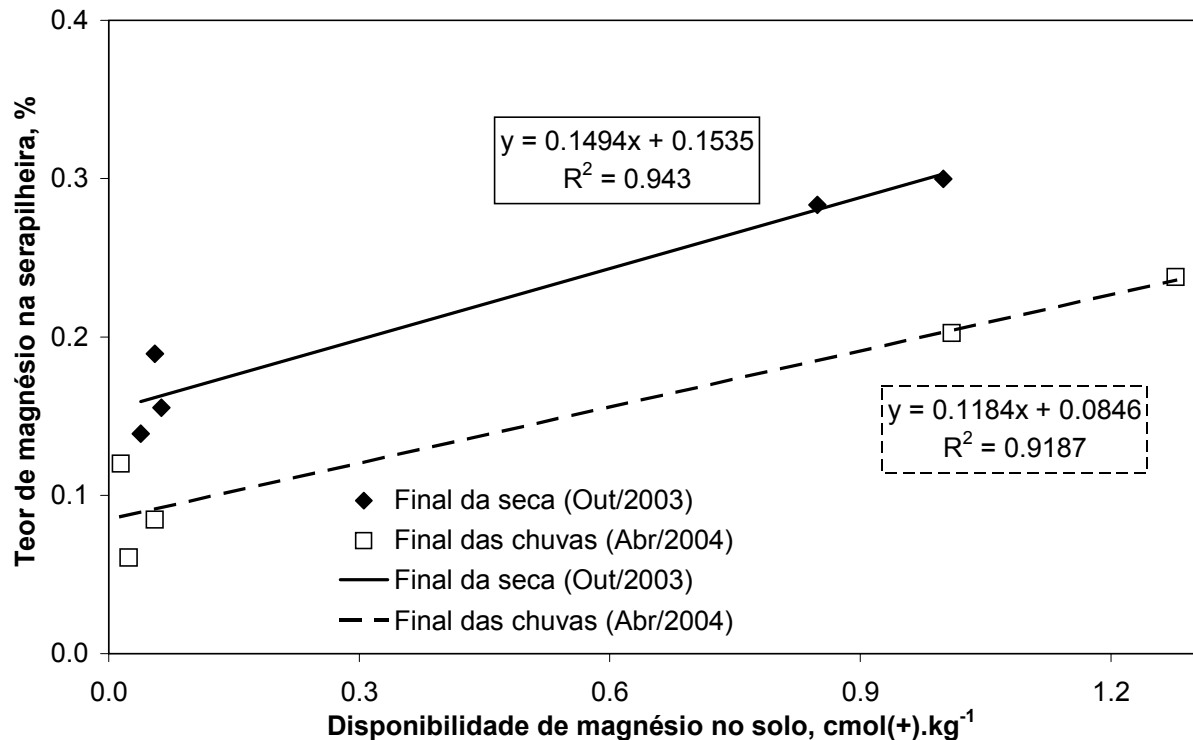
**Figura 25.** Relação dos teores de magnésio, ao final dos períodos de seca e de chuvas, na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

Independente do período de amostragem, os teores de Mg nas folhas das principais espécies de fitofisionomias estudadas têm relação positiva com seus teores observados em serapilheira. Isto é, tanto a serapilheira produzida quanto as folhas das principais espécies de comunidades sobre solos distróficos apresentam níveis de Mg relativamente menores que os determinados também tanto na serapilheira quanto nas folhas de fitofisionomias ocorrentes em solos mesotróficos, independente do período analisado. Ao final do período de chuvas, os teores de Mg, tanto da serapilheira quanto as folhas de todas as fitofisionomias, tendem a ser menores em relação ao período de seca (Figura 26).



**Figura 26.** Relação dos teores de magnésio nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

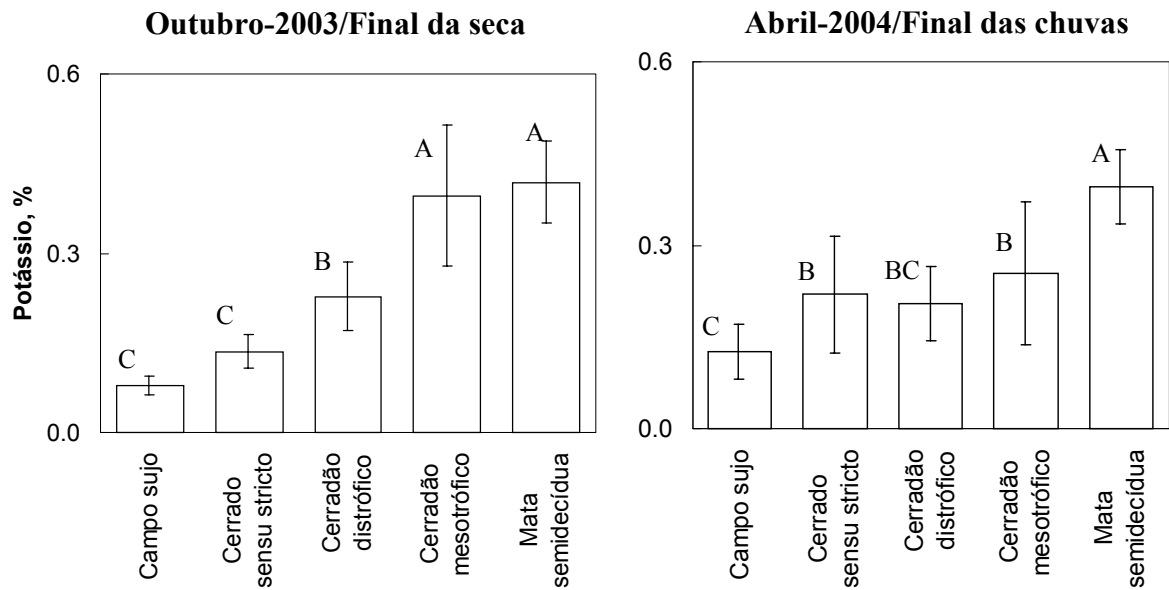
Foi encontrada diminuição dos teores médios de Mg na serapilheira de todas as fitofisionomias, ao final do período de chuvas (Figura 27). Ainda assim foram mantidas as diferenças nas concentrações do nutrientes entre as fitofisionomias. A correlação dos valores médios de Mg entre solo e serapilheira mostrou-se positiva nos dois períodos analisados. Sendo assim, solos mesotróficos apresentam maior disponibilidade de Mg. A comunidade vegetal florestal formada, por sua vez, produz serapilheira mais rica no nutriente nestes ambientes em que não é limitante.



**Figura 27.** Relação dos teores de magnésio no solo e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

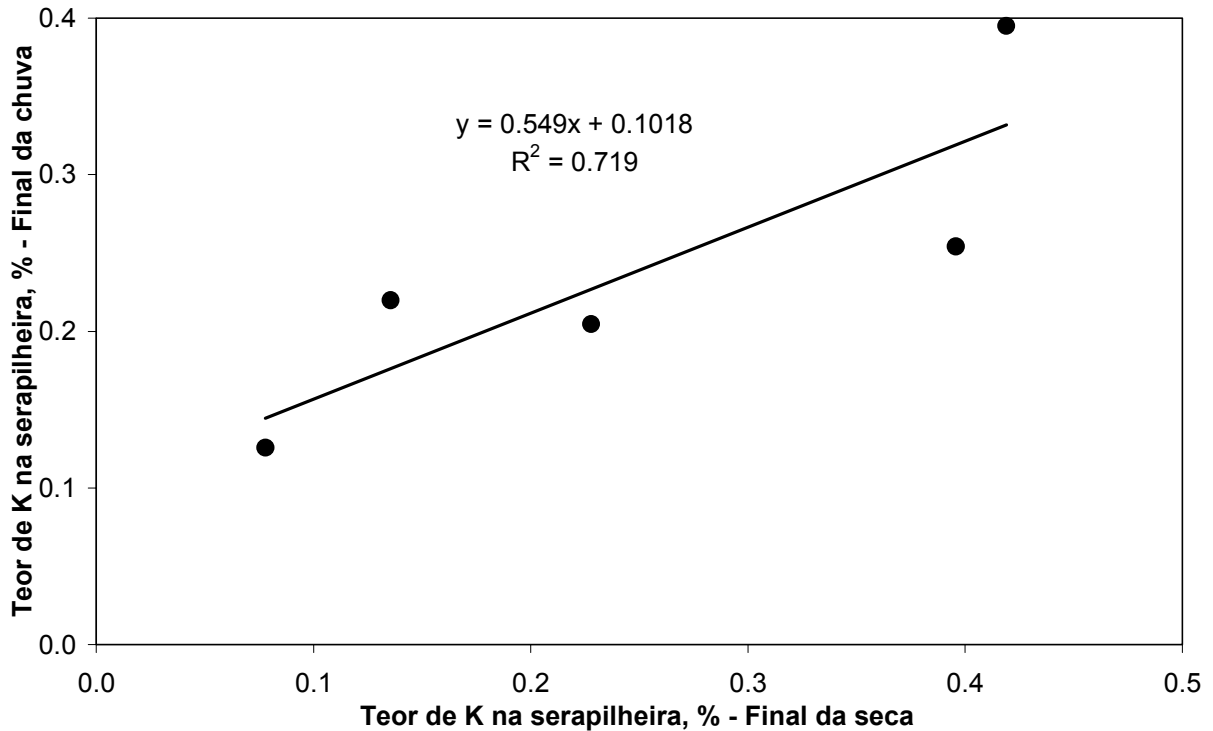
### 3.4.3. Potássio

Potássio na serapilheira mostrou-se com maiores concentrações em ambiente de mata semidecídua, independente do período analisado. Ao final do período de seca, foram encontrados valores significativamente menores de K na serapilheira de cerradão distrófico e, ainda menores, em campo sujo e cerrado *sensu stricto*. Ao final do período de chuvas os níveis de K na serapilheira de cerradão mesotrófico e cerrado *sensu stricto* são significativamente menores que mata semidecídua e, junto com cerradão distrófico, maiores que os encontrados em campo sujo para este período (Figura 28, Anexo 6.3.3).



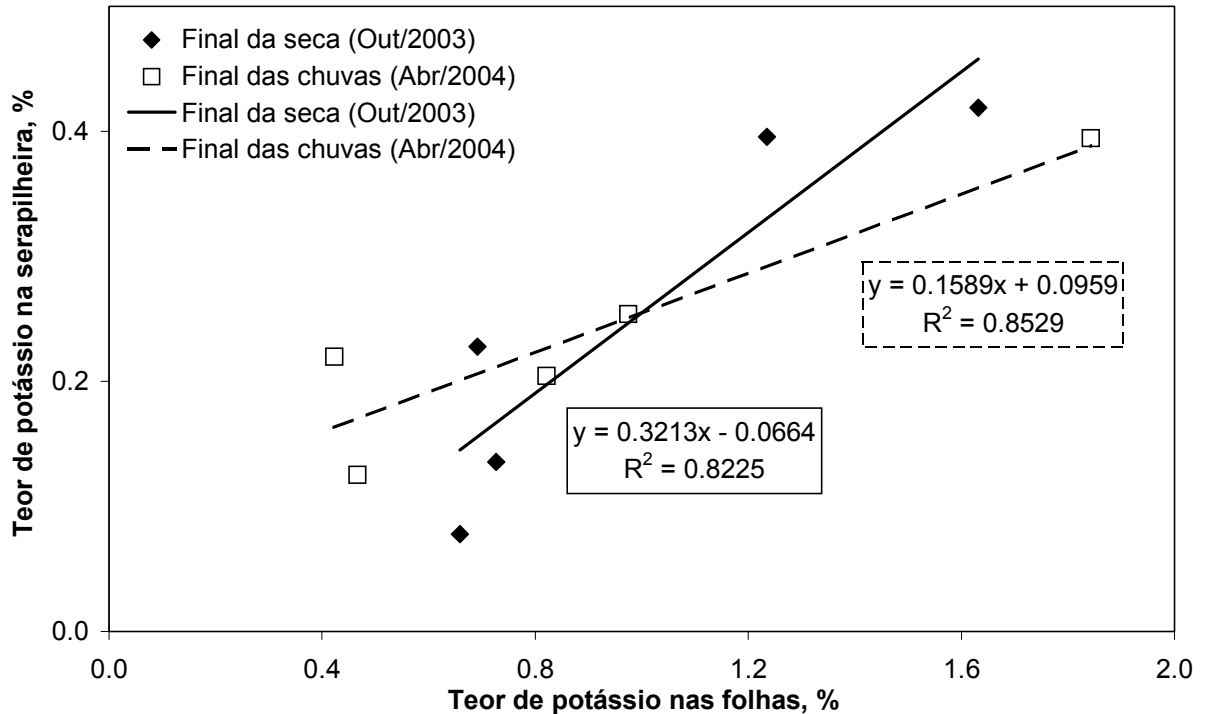
**Figura 28.** Teor de potássio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

Apesar de ter sido coletado material para análise em períodos distintos, final das estações de seca e de chuva, os teores de K das fitofisionomias ocorrentes em solos distróficos, principalmente campo sujo e cerrado *sensu stricto*, mostraram-se maiores ao final do período de chuvas. No entanto, nas fitofisionomias de solos mesotróficos, principalmente em cerradão, foram determinados níveis maiores ao final do período de seca. Assim, de um modo geral, nestes períodos não foi encontrada tendência de diferenciação dos teores médios de K na serapilheira entre as fitofisionomias estudadas (Figura 29).



**Figura 29.** Relação dos teores de potássio na serapilheira ao final dos períodos de seca e de chuva em fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

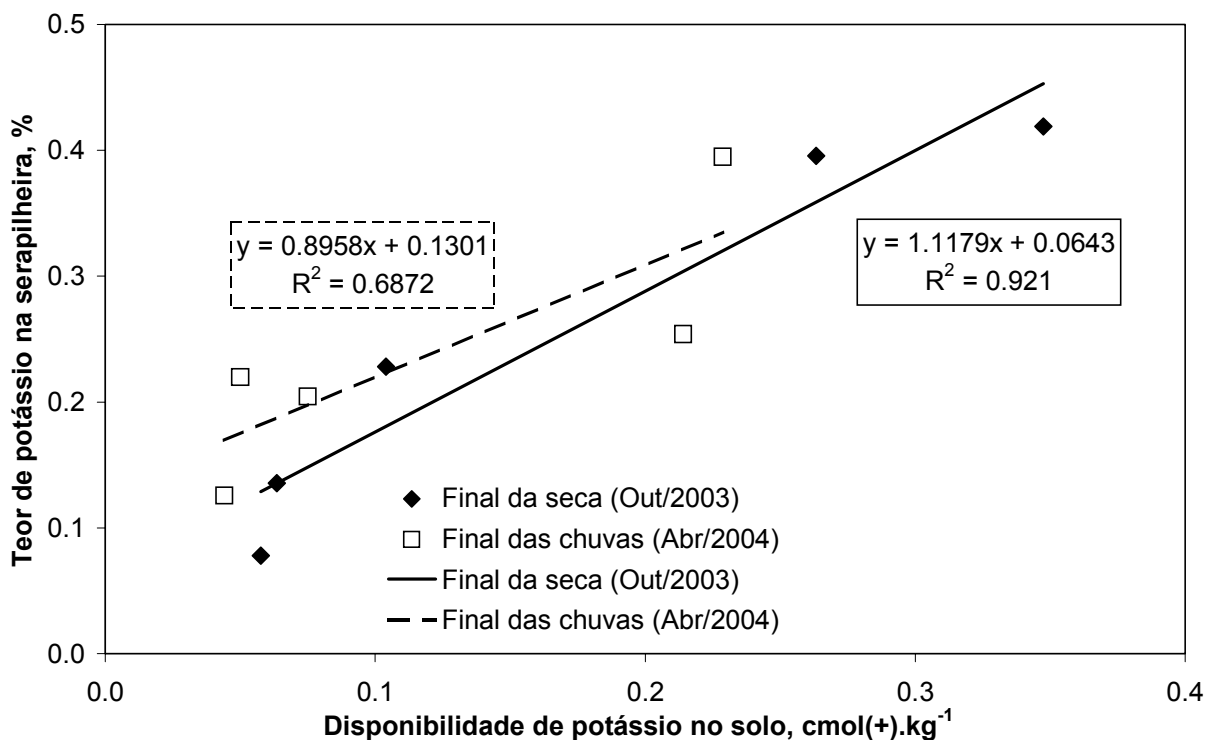
Através da avaliação da relação das concentrações de potássio nas folhas e na serapilheira nas fitofisionomias e entre as épocas do ano analisadas (Figura 30), são notadas diferenças entre os compartimentos, porém não entre os períodos. Assim, as diferenças tendem a ser mantidas entre as fitofisionomias em qualquer período analisado. Nota-se também que a vegetação apresenta maiores e mais variados teores médios de K em relação à serapilheira. Os valores mínimos de níveis médios de K (cerca de 0,4%) determinados nas folhas, de comunidades de solos distróficos, foram equivalentes aos valores máximos observados em material foliar da serapilheira produzida em comunidades sobre solos mesotróficos. Assim, sendo o K um nutriente solúvel em água, portanto móvel nos tecidos vegetais e facilmente lixiviável quando na serapilheira, seu conteúdo se torna mínimo na serapilheira, enquanto que nos vegetais pode estar, em média, quatro vezes mais concentrado. Apesar da lixiviação na serapilheira, em qualquer época do ano as diferenças entre fitofisionomias são mantidas.



**Figura 30.** Relação dos teores de potássio nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

Comparando-se solo e serapilheira (Figura 31), as diferenças entre fitofisionomias são mantidas entre os períodos analisados, observado pela correlação positiva dos valores médios. Desta forma, fitofisionomias cujo solo apresentam maiores teores de K, também apresentam maiores níveis do nutriente na serapilheira. Da mesma forma, em comunidades sobre solos pobres no nutriente também têm baixos teores na serapilheira. Outro aspecto notado nesta relação entre compartimentos é sua menor variação ao final do período de chuvas no solo e na serapilheira de ambientes nos quais são obtidas maiores concentrações médias. Neste conjunto de fitofisionomias a precipitação é a mesma ao longo do ano. Assim, a variável que pode estar influenciando na dinâmica de K no sistema de cada comunidade seria a umidade do solo e serapilheira. A maior umidade em floresta propicia decomposição mais rápida e maior movimentação do nutriente que retorna ao solo ou aos vegetais a partir da decomposição da

serapilheira. Ainda, além da maior disponibilidade no solo, o sistema radicular superficial das formações florestais absorvem rapidamente o nutriente liberado da serapilheira. Em fitofisionomias de estrato arbóreo menos denso, sobre solo distrófico, o nutriente se encontra em menor disponibilidade, a serapilheira tem níveis mínimos e a superfície do solo e a serapilheira estão sujeitos a maior insolação e evapotranspiração.

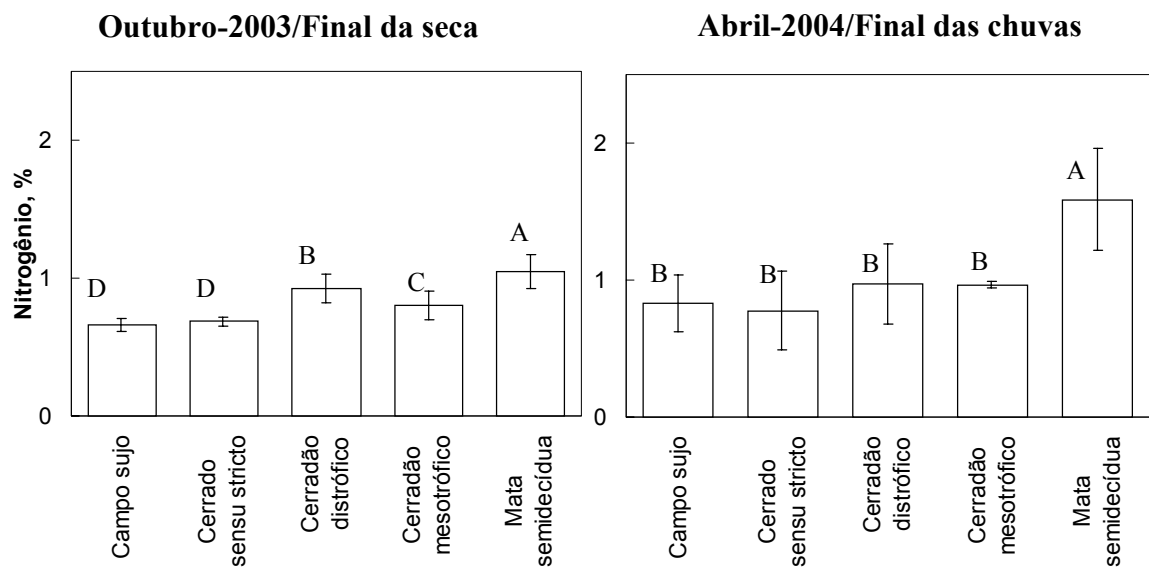


**Figura 31.** Relação de potássio disponível no solo e seus teores na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

#### 3.4.4. Nitrogênio

Os resultados obtidos indicam maiores concentrações de nitrogênio na serapilheira de mata semidecídua em relação às demais comunidades vegetais estudadas, independente do período estudado. Ao final do período de seca, diferenças significativas são também encontradas nos teores do nutriente na serapilheira entre outras fitofisionomias. Campo sujo e

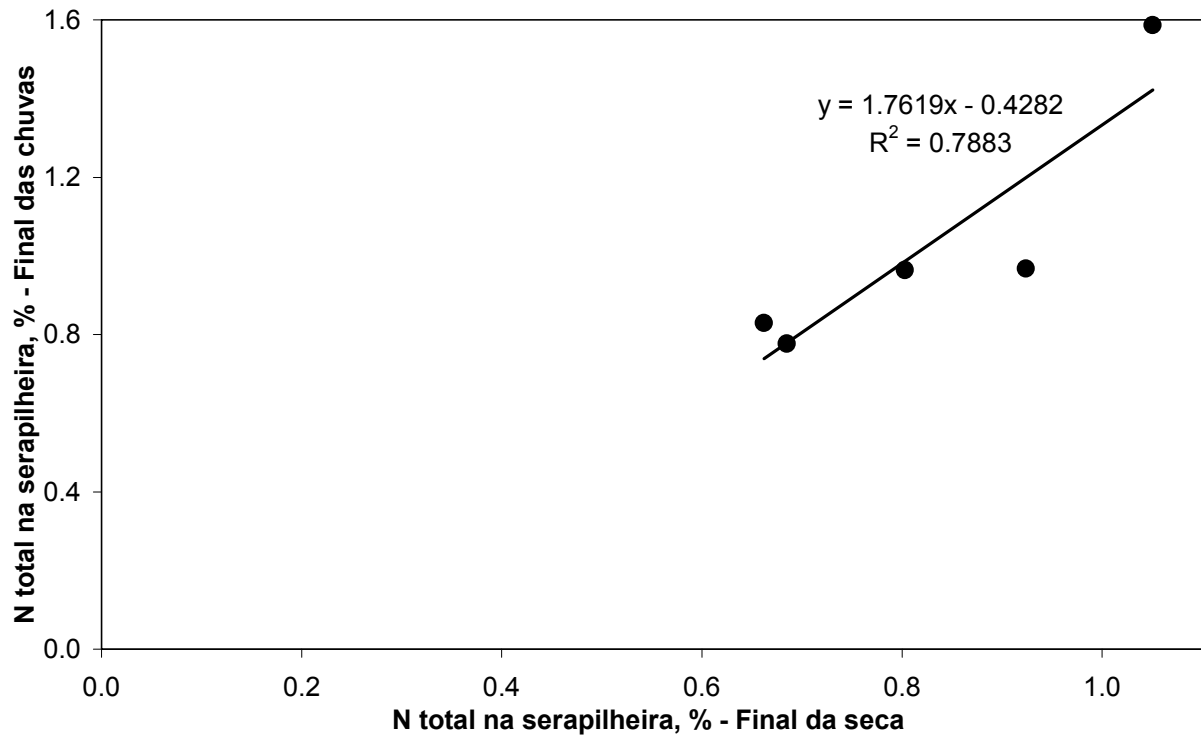
cerrado *sensu stricto* tem os menores níveis de N na serapilheira, seguido de cerrado mesotrófico que por sua vez apresenta menor concentração que cerrado distrófico, e todos significativamente menores aos valores encontrados para mata semidecídua (Figura 32, Anexo 6.3.1). Moreno (2005) também encontrou níveis de N na serapilheira bastante semelhantes aos do presente estudo, tanto quanto a concentração do nutriente na serapilheira quanto de variações entre fitofisionomias.



**Figura 32.** Nitrogênio total na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

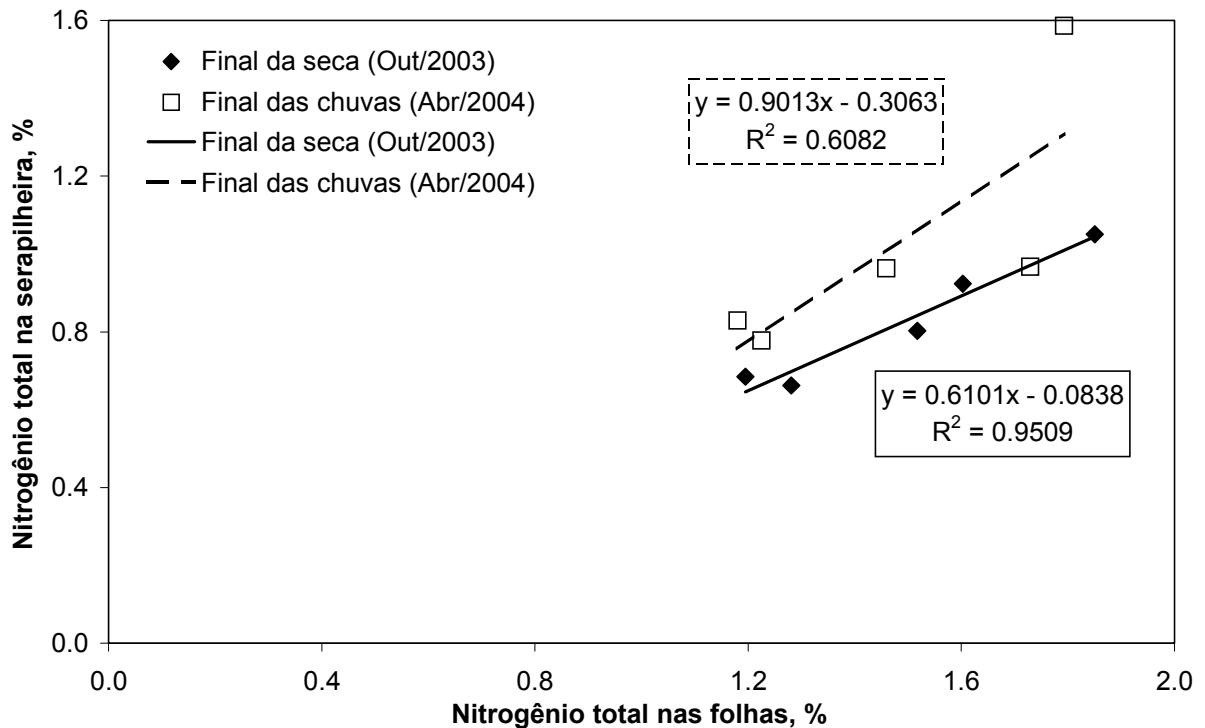
Os teores de N determinados na serapilheira apresentaram tendência de serem maiores ao final do período de chuvas em relação ao final do período de seca. A maior diferença encontrada nos valores médios entre os períodos estudados refere-se a mata semidecídua (Figura 33).





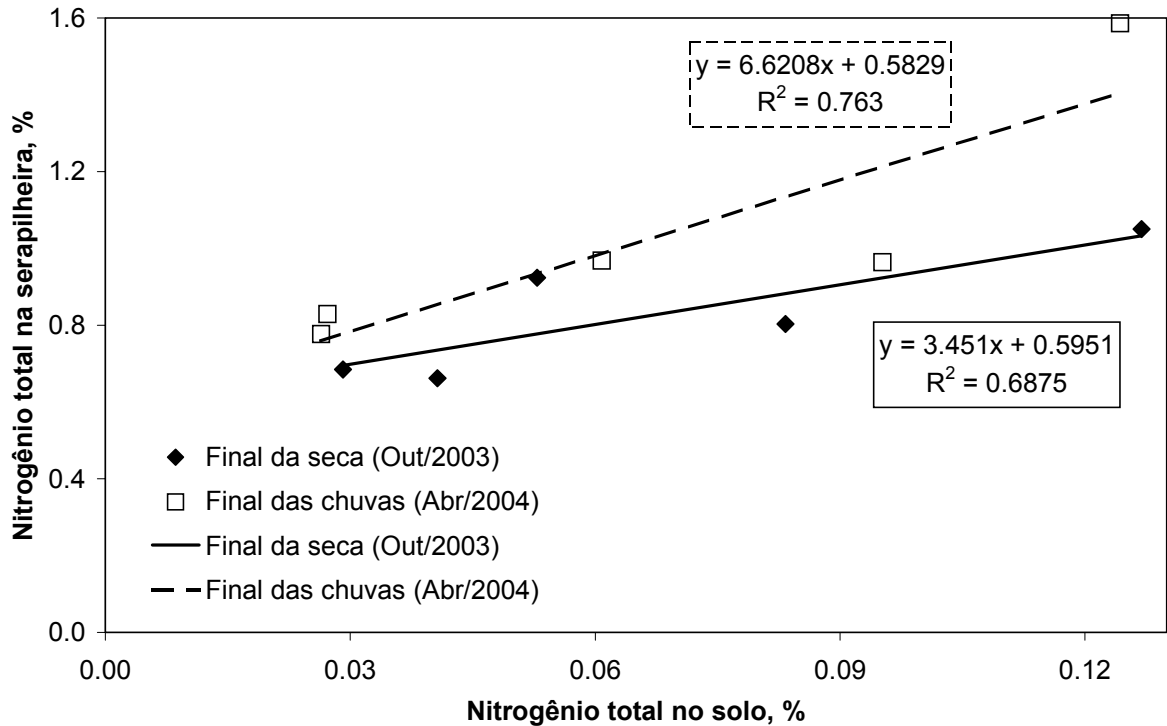
**Figura 33.** Relação de nitrogênio total, ao final dos períodos de seca e de chuvas, na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

Comparando-se os teores de N nas folhas e na serapilheira, ao longo do gradiente vegetal e nos períodos estudados, demonstra-se que o nutriente está presente em maiores concentrações nas folhas, além de que as diferenças de teores existentes no gradiente mantêm-se em qualquer época do ano. Ainda, observa-se relação positiva dos teores do nutriente entre os compartimento, ou seja, fitofisionomias cujo material foliar apresenta maiores concentrações de N geram serapilheira também rica no nutriente (Figura 34).



**Figura 34.** Relação de nitrogênio total nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

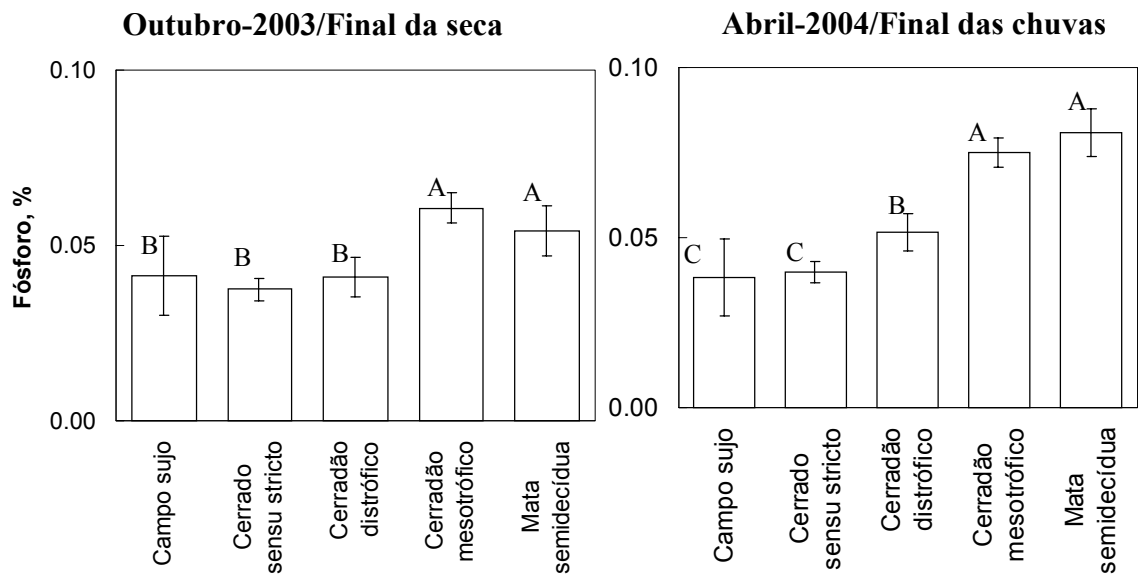
As relações positivas e interações observadas entre serapilheira e folhas (Figura 34) são encontradas também entre a serapilheira e o solo (Figura 35), bem como foi encontrado entre folhas e solo (Figura 16). Os níveis médios de N na serapilheira são consideravelmente maiores que no solo e menores que em folhas, provavelmente devido à retranslocação anterior à senescência foliar. As diferenças dos teores de N entre as fitofisionomias são mantidas entre os períodos e, mesmo após retranslocação, também entre os compartimentos estudados. Assim, em fitofisionomias com maiores níveis foliares do nutriente há produção de serapilheira com maiores níveis que em outras comunidades. Devido a melhores condições de ação de decompositores (temperaturas amenas, maior umidade, menor insolação, maior oferta de nutrientes, etc) nas fitofisionomias florestais, ocorre maior disponibilização de N ao solo através de processos de decomposição. As mesmas condições seriam desfavoráveis em fitofisionomias sobre solos distróficos ou de vegetação menos densa.



**Figura 35.** Relação de nitrogênio total no solo e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

### 3.4.5. Fósforo

Os níveis de fósforo na serapilheira, independente do período amostrado, apresentam maiores concentrações nas formações florestais de solos mesotróficos (mata semidecídua e cerradão mesotrófico) em relação às demais fitofisionomias estudadas. Ao final do período de chuvas, níveis de P na serapilheira do campo sujo e cerrado *sensu stricto* apresentam os menores valores, seguido de cerradão distrófico e este, por sua vez, apresenta níveis significativamente menores que as demais florestas, em solos mesotróficos (Figura 36, Anexo 6.3.2).



**Figura 36.** Teor de fósforo na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG, em duas épocas do ano (final da seca e de chuva). Linhas verticais indicam o desvio-padrão. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa entre fitofisionomias pelo teste de Duncan,  $p < 0,05$ .

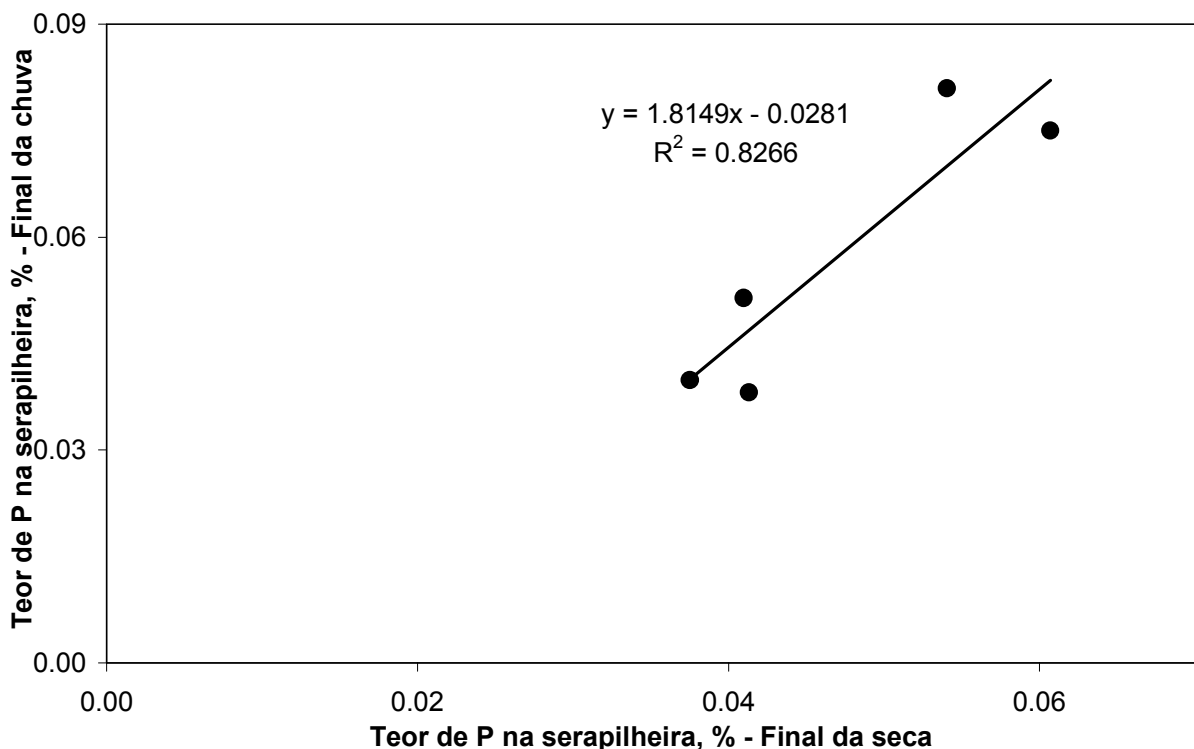
Moreno (2005), em estudo na EEP, realizou coletas de serapilheira ao final do período chuvoso de 2003 em algumas outras parcelas e encontrou que os teores de P na serapilheira são semelhantes em fitofisionomias florestais, enquanto que nas demais formações vegetais equivalentes às aqui estudadas os valores são menores que os encontrados em florestas.

Segundo Silva & Resck (1997), os mecanismos de liberação de N e P, dentre outros nutrientes presentes na matéria orgânica, são diferenciados. O N pode estar ligado ao carbono, exigindo uma reação de oxidação. O P é ligado ao carbono por uma ponte oxídica, o que requer hidrólise ácida, neutra ou alcalina para sua liberação.

Para König *et al* (2002), estudando floresta estacional decidual no estado do Rio Grande do Sul, encontraram que N e P na serapilheira têm níveis muito variáveis ao longo do ano. Para o caso do presente estudo, as variações destes nutrientes na serapilheira, entre épocas do ano, foram melhor observadas apenas na mata seca, enquanto que nas demais fitofisionomias as concentrações permaneceram bastante semelhantes.

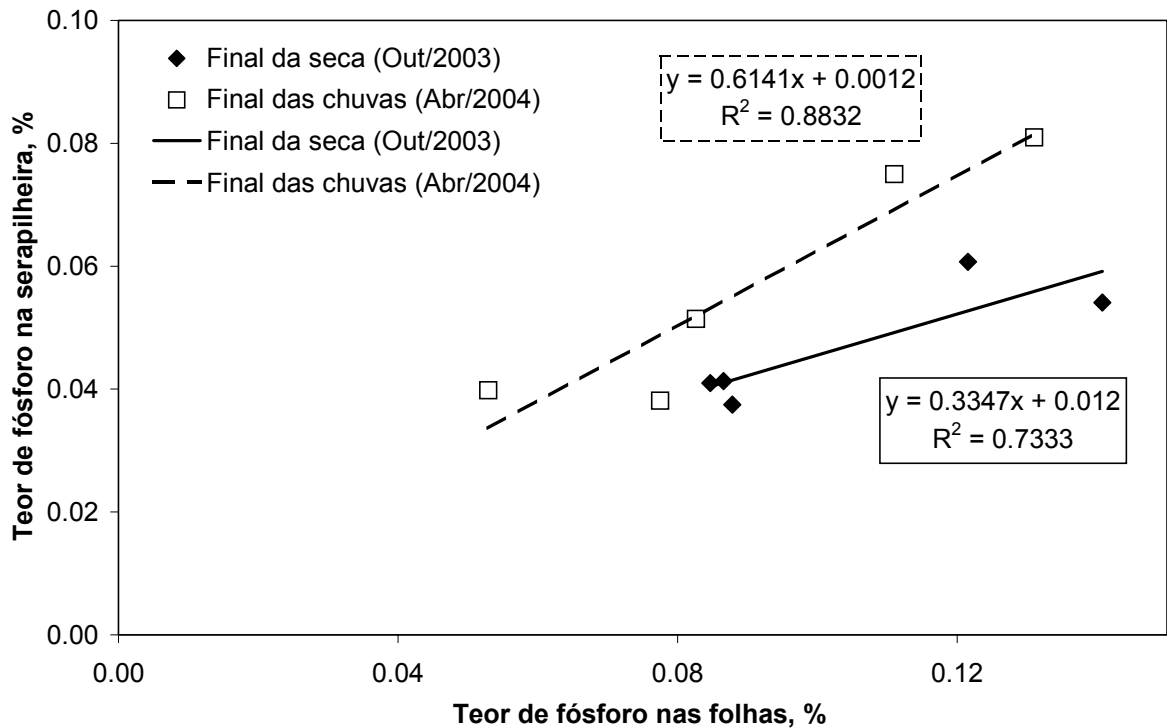
Em campo sujo e cerrado *sensu stricto* as concentrações médias de P na serapilheira são aproximadamente equivalentes entre os períodos amostrados. A serapilheira das demais comunidades tendem a apresentar maiores níveis de P ao final do período de chuvas em relação ao período de seca (Figura 37).

A decomposição da serapilheira, com conseqüente mineralização de seus nutrientes, pode ser acelerada pelo aumento do metabolismo dos organismos decompositores, diante do aumento da umidade relativa e da temperatura (Rugani *et al*, 1997). Sendo assim, a variação de microambientes em cada fitofisionomia aqui estudada, tais como a umidade do solo, e a oscilação pluviométrica entre os períodos, facilitariam a ação de microorganismos ativos em formações florestais. A presença de material vegetal rico em nutrientes, auxiliando e recompensando a atividade de decompositores, seriam fatores decisivos no aumento da disponibilização de nutrientes para uma maior produção vegetal, o que é notado na variação estrutural das formações vegetais.



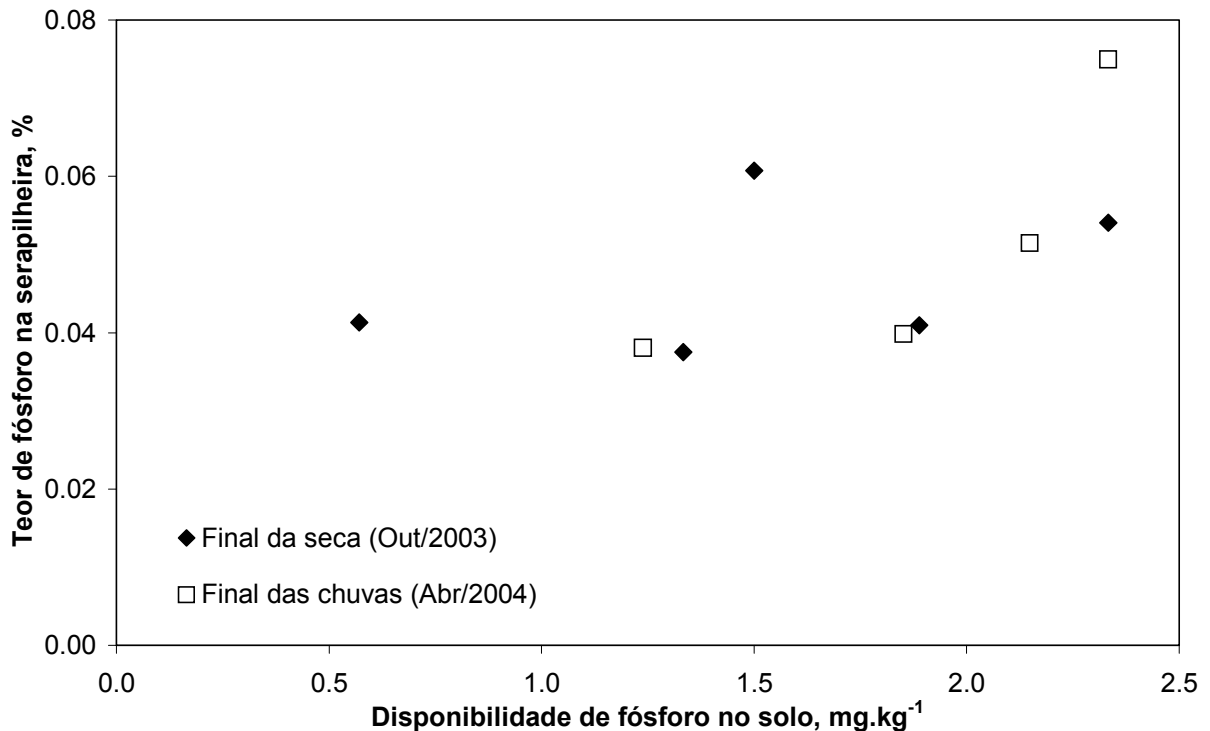
**Figura 37.** Relação dos teores de fósforo, ao final dos períodos de seca e de chuvas, na serapilheira de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

A partir da análise das concentrações de fósforo nas folhas em relação à serapilheira das fitofisionomias estudadas (Figura 38), ao final dos períodos de seca e de chuvas, observou-se que os níveis médios de P, tanto na serapilheira quanto nas folhas, tendem a ser mais variáveis ao final do período de chuvas em relação ao final da seca. Interação fraca é observada na tendência de distribuição ao longo do gradiente fitofisionômico entre os períodos estudados. Ao final do período de seca, considerando-se as fitofisionomias, os teores médios de P foram mais variados nas folhas que na serapilheira. Tais dados indicam que a serapilheira, ao final do período de seca, tendem a apresentar níveis mínimos de P independente do tipo fitofisionômico. Ao final do período chuvoso, maiores teores médios de P foram determinados na serapilheira de comunidades sobre solos mesotróficos em relação às de solos distróficos. No mesmo período são encontradas menores concentrações do nutriente nas folhas de fitofisionomias sobre solos distróficos em relação às de solos mesotróficos. A relação positiva do teores de P entre folha e serapilheira, foi sempre positiva, ou seja, fitofisionomias sobre solos distróficos têm menor concentração de P nas folhas e na serapilheira quando comparado com os valores médios obtidos em vegetação sobre solo mesotrófico.



**Figura 38.** Relação de teores de fósforo nas folhas e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

Houve relativa interação entre os períodos estudados na tendência de concentrações médias de P do gradiente fitofisionômico (Figura 39). Estes resultados mostram que ao final do período de chuvas a serapilheira apresenta maior variação nos teores de P em relação ao período de seca. Os dados médios apresentaram coeficientes de ajustes reduzidos (máximo de 31,7% para o final do período de chuvas) o que confirma ainda mais a variabilidade dos dados de P entre os períodos e ao longo do gradiente vegetal. Apesar da variação dos valores médios do nutriente, mantém-se a relação positiva entre os compartimentos. Assim, quanto maior é a concentração de P no solo, maior o é na vegetação (Figura 18). No entanto, a relação de P entre solo e serapilheira não é expressiva, indicando que a vegetação apresenta processos que alteram sua ciclagem, assim retendo-o de forma que seu retorno ao solo seja mínimo.



**Figura 39.** Relação de teores de fósforo no solo e na serapilheira, ao final dos períodos de seca e de chuvas, de fitofisionomias da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG.

### 3.5. Os nutrientes nos compartimentos e fitofisionomias

A partir das duas amostragens, em cada período do ano considerados, determinaram-se que coletas de qualquer época apresentam diferenças existentes entre fitofisionomias. Assim, não há uma data própria para encontrar as diferenças de concentrações de nutrientes, nos compartimentos estudados, entre fitofisionomias.

Apenas alguns dos conjuntos de dados nutricionais das fitofisionomias apresentaram variações entre os períodos estudados. Isto sugere que as variações encontradas são influenciadas por características do nutriente, tal como sua susceptibilidade à lixiviação, no solo ou da serapilheira, ou a capacidade de ser retranslocado ou descartado pelos vegetais.

Ocorrências de diferentes materiais de origem do solo sob as fitofisionomias estudadas indicam que o solo com maior fertilidade natural propicia a sustentação de vegetação mais robusta, com maior biomassa, tais como mata semidecídua e cerradão mesotrófico. Em



ambientes de solos mesotróficos são encontrados maiores teores de nutrientes na serapilheira, oriunda de uma vegetação de limitações nutricionais reduzidas. Por outro lado, sedimentos nutricionalmente pobres permitem o desenvolvimento de vegetação com menores teores de macronutrientes e, por sua vez, produzem serapilheira também pobre em nutrientes.

Na maioria das espécies os maiores teores de nutrientes encontrados foram referentes a nitrogênio, seguido do cálcio, potássio, magnésio e fósforo. Algumas poucas espécies de fitofisionomias de solos mesotróficos continham concentrações foliares de Ca e/ou Mg maiores que de N. A citada seqüência decrescente de concentrações é comum em formações vegetais ocorrentes no domínio dos cerrados. Silva (1981), Medeiros (1983) e Ribeiro (1983) também encontraram maiores concentrações de N, dentre os nutrientes por ele estudados, em espécies de cerrado no Distrito Federal. Apenas em algumas espécies como *L. molleoides*, em mata semidecídua, dentre várias outras nas fitofisionomias sobre solo distrófico, fósforo esteve em concentrações maiores ou próximas à de magnésio. Araújo (1992) também determinou níveis de P menores que todos os nutrientes analisados, visto que variou de 0,05 a 0,15% em folhas das espécies de maior importância. Em sua pesquisa, o autor observou que espécies exclusivas continham maiores concentrações de P que espécies comuns às duas florestas.

Em estudo de estoque de nutrientes no solo e em vegetação de cerrado em área próxima a Uberlândia (MG), Lilienfein *et al* (2001) encontraram concentrações de nutrientes cujos intervalos de valores incluem os níveis aqui obtidos, referentes a cerrado *sensu stricto*. Portanto, os valores aqui encontrados estão incluídos em faixas equivalentes às de outros estudos realizados no mesmo tipo de vegetação na região.

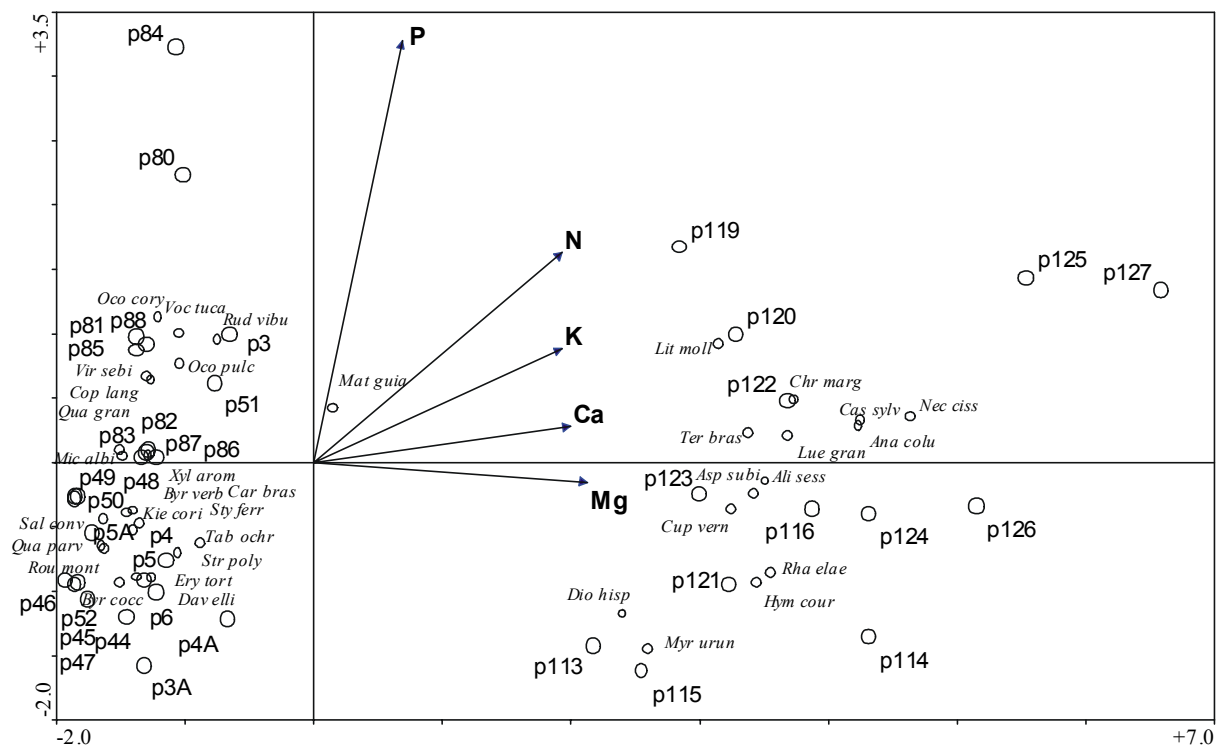
### 3.6. Análises multivariadas

Os diagramas de ordenação obtidos da análise multivariada, referentes a vegetação em relação a macronutrientes na profundidade de 0 a 10 cm do solo e na serapilheira, relativos aos finais dos períodos de seca e de chuvas, estão representados a seguir. Visto que dados dos intervalos de profundidades inferiores não causaram grandes mudanças no padrão de ordenação, os demais diagramas obtidos foram dispostos no Anexo 6.4. Também, na maioria das vezes é na superfície do solo que ocorrem diferenças entre fitofisionomias, visto que é onde se distribui a maior parte do sistema radicular. Ruggiero e Pivello (2005) indicam que as maiores correlações entre solo e vegetação devem se dar nas camadas superficiais, devido à sua interação com as comunidades biológicas. Assim, além de que os solos aqui estudados apresentam as mesmas diferenças qualitativas mesmo em profundidade, foram analisados principalmente os dados da camada superficial.

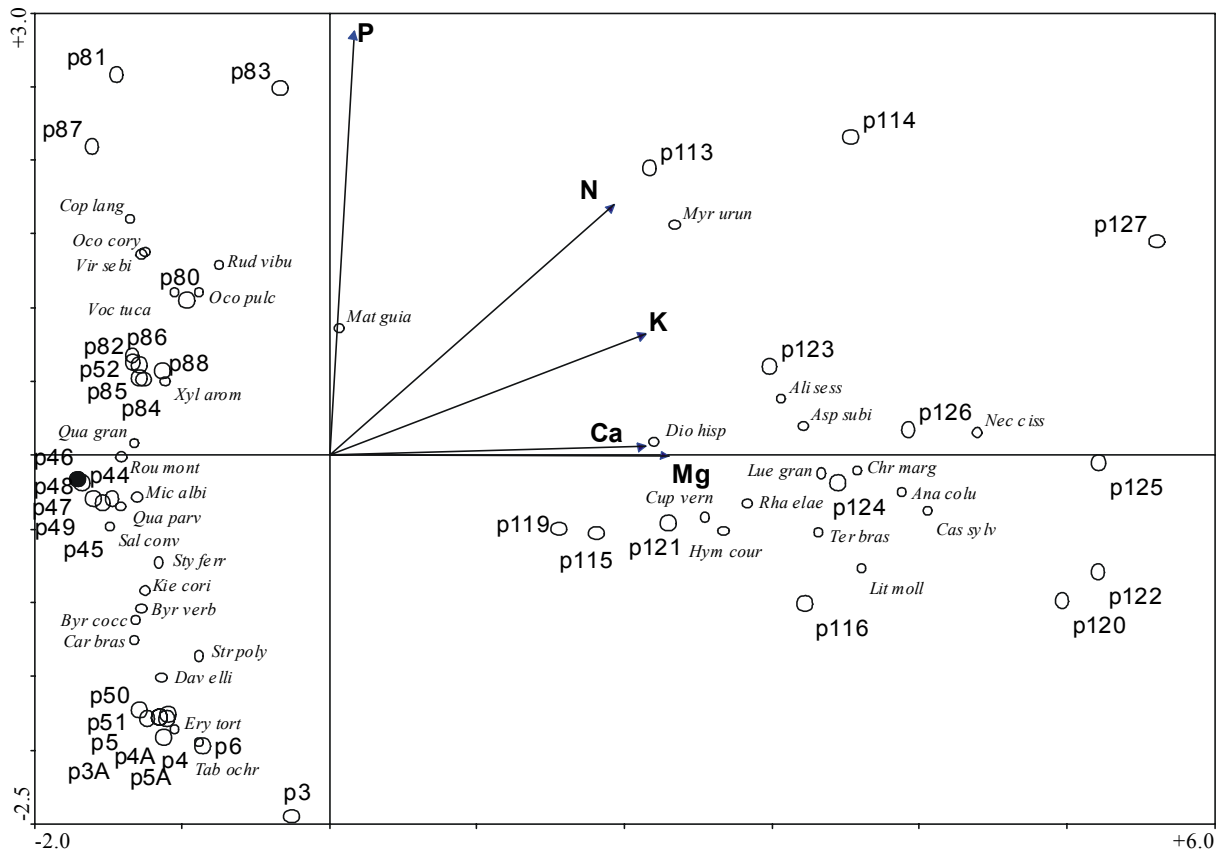
A análise de correspondência canônica mostra correlações da vegetação com os nutrientes no primeiro eixo de ordenação. De modo geral, cálcio e magnésio, seguido por potássio e nitrogênio, determinados tanto na serapilheira quanto no solo foram os nutrientes que mais se relacionaram com a vegetação e parcelas de solos mesotróficos. Fósforo foi o nutriente que apresentou as menores correlações com qualquer fitofisionomia. Da mesma forma, as comunidades de solos distróficos mostraram-se correlacionadas a menores teores destes nutrientes. O primeiro eixo dos diagramas de ordenação mostra clara separação de dois grandes grupos de dados. Um primeiro grupo é formado pelas espécies e parcelas de campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão distrófico, em solos distróficos, e o outro grupo é formado por cerradão mesotrófico e mata semidecídua, em solos mesotróficos.

Em qualquer período do ano analisados, o primeiro eixo de ordenação indica que maiores disponibilidades de cálcio e magnésio no solo correlacionam com espécies em

parcelas de mata semidecídua, portanto mostrando-se como nutrientes determinantes da vegetação. A menor disponibilidade destes nutrientes correlacionam principalmente com a ocorrência de espécies de cerradão distrófico e cerrado *sensu stricto*. No segundo eixo de ordenação, a maior disponibilidade de P no solo, e em menor intensidade o N, correlacionou com espécies de cerradão distrófico e sua menor disponibilidade foi correlacionada com espécies e parcelas de campo sujo (Figura 40 e Figura 41).



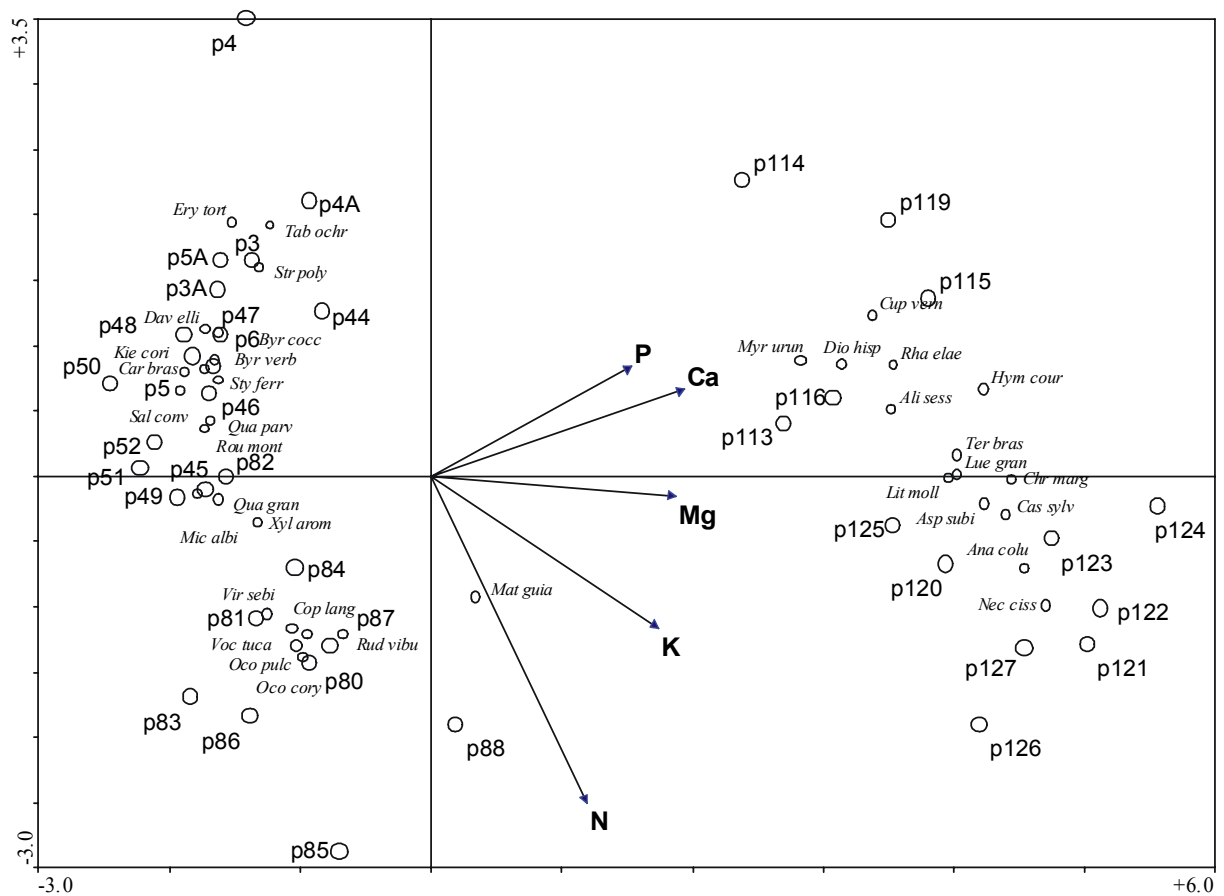
**Figura 40.** Diagrama de ordenação, por DCCA, usando dados de densidade absoluta das principais espécies arbóreas e macronutrientes no solo, no intervalo de profundidade de 0 a 10 cm, ao final do período de seca (outubro/2003), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Parcelas P3, P3A, P4, P4A, P5, P5A e P6 - campo sujo; P44 a P52 - cerrado *sensu stricto*; P80 a P88 - cerradão distrófico; P113 a P116 - cerradão mesotrófico; P119 a P127 - mata semidecídua. Auto-valor do eixo 1 = 0,815; auto-valor do eixo 2 = 0,262. Os nomes das espécies estão abreviados (ver Tabela 1).



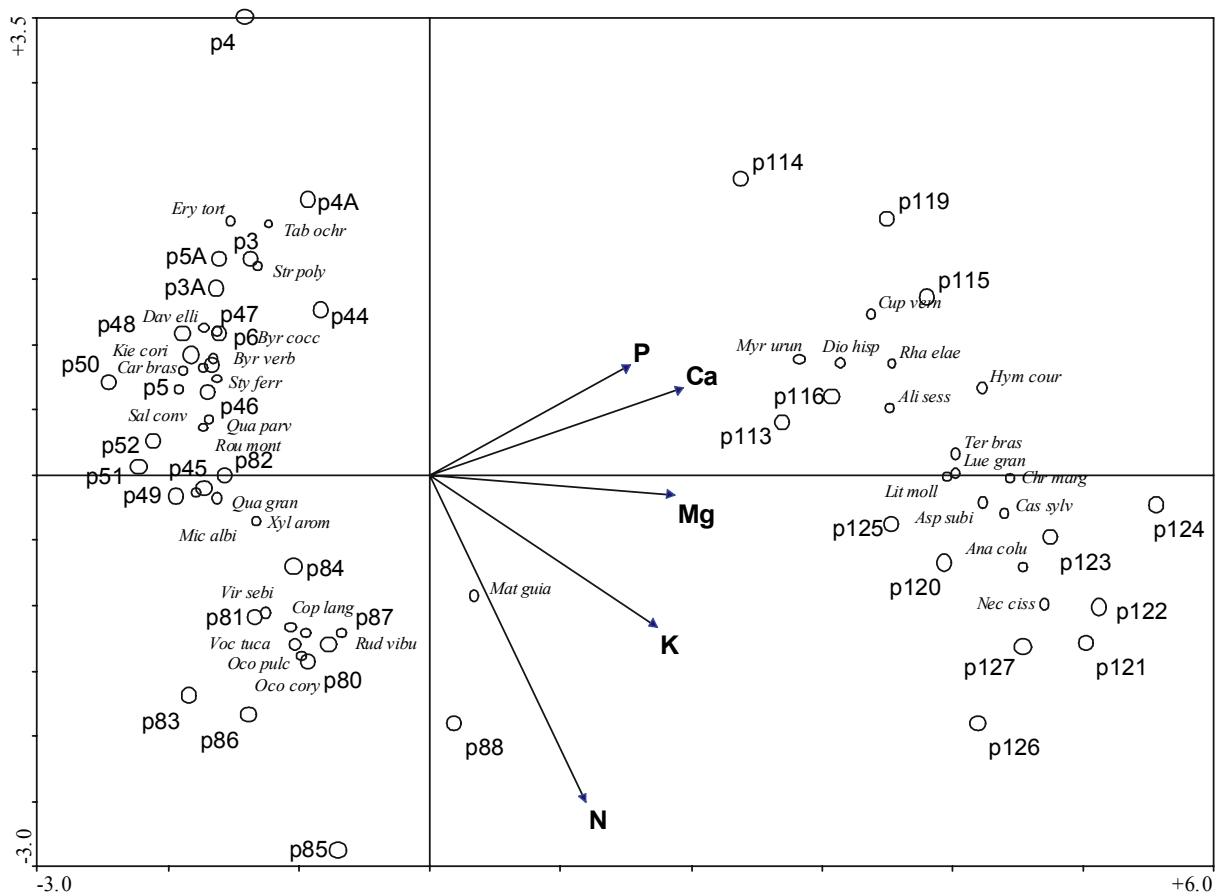
**Figura 41.** Diagrama de ordenação, por DCCA, usando dados de densidade absoluta das principais espécies arbóreas e macronutrientes no solo, no intervalo de profundidade de 0 a 10 cm, ao final do período de chuvas (abril/2004), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Parcelas P3, P3A, P4, P4A, P5, P5A e P6 - campo sujo; P44 a P52 - cerrado *sensu stricto*; P80 a P88 - cerradão distrófico; P113 a P116 - cerradão mesotrófico; P119 a P127 - mata semidecídua. Auto-valor do eixo 1 = 0,783; auto-valor do eixo 2 = 0,446. Os nomes das espécies estão abreviados (ver Tabela 1).

Assim como observado nos diagramas de ordenação dos dados de solo, o primeiro eixo de ordenação da análise multivariada, indica que ao final do período de seca os maiores teores de Ca e Mg, além de P na serapilheira mostram correlação com as principais espécies ocorrentes em cerradão mesotrófico e mata semidecídua. Por outro lado, as principais espécies ocorrentes em cerrado *sensu stricto* foram correlacionadas com menores teores de Ca, Mg e K. As espécies e parcelas de campo sujo foram associadas a baixos teores de N na serapilheira. As parcelas de cerradão distrófico associaram-se a reduzidos teores de P na serapilheira em relação ao primeiro eixo, e a maiores teores de N considerando-se o segundo eixo (Figura 42). O diagrama de ordenação referente ao final do período de chuvas (Figura

43) aponta para correlações de maiores teores de Ca e Mg com fitofisionomias de solos mesotróficos. Assim como observado ao final do período de seca, os menores níveis de Ca e Mg na serapilheira ao final do período de chuvas foram correlacionados com as principais espécies de cerrado *sensu stricto* e cerradão distrófico. Espécies em parcelas de campo sujo foram associadas com baixos teores de N e P na serapilheira, tanto no primeiro quanto no segundo eixo de ordenação.



**Figura 42.** Diagrama de ordenação, por DCCA, usando dados de densidade absoluta das principais espécies arbóreas e macronutrientes na serapilheira, ao final do período de seca (outubro/2003), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Parcelas P3, P3A, P4, P4A, P5, P5A e P6 - campo sujo; P44 a P52 - cerrado *sensu stricto*; P80 a P88 - cerradão distrófico; P113 a P116 - cerradão mesotrófico; P119 a P127 - mata semidecídua. Auto-valor do eixo 1 = 0,842; auto-valor do eixo 2 = 0,441. Os nomes das espécies estão abreviados (ver Tabela 1).



**Figura 43.** Diagrama de ordenação, por DCCA, usando dados de densidade absoluta das principais espécies arbóreas e macronutrientes na serapilheira, ao final do período de chuvas (abril/2004), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Parcelas P3, P3A, P4, P4A, P5, P5A e P6 - campo sujo; P44 a P52 - cerrado *sensu stricto*; P80 a P88 - cerradão distrófico; P113 a P116 - cerradão mesotrófico; P119 a P127 - mata semidecídua. Auto-valor do eixo 1 = 0,857; auto-valor do eixo 2 = 0,176. Os nomes das espécies estão abreviados (ver Tabela 1).

Ruggiero & Pivello (2005), estudando fitofisionomias florestais e savânicas no estado de São Paulo, observaram que as bases trocáveis ou a disponibilidade de nutrientes não foi suficiente para determinar diferenças entre fitofisionomias savânicas. Neste contexto, apenas a floresta semidecidual por elas estudadas se diferenciou das formações de cerrado sentido amplo. Resultado semelhante foi encontrado no presente estudo, tal como mostram os diagramas de ordenação em que os grupos de parcelas e espécies das formações savânicas não são perfeitamente distintas entre si, porém são diferenciadas dos dados de formações florestais.

A avaliação em duas épocas foi realizada para avaliar se diferenças entre fitofisionomias, encontradas em um período do ano, repetiam-se no outro período. Serviu, assim, para caracterizar o período, pois não se sabia qual época seriam encontradas as diferenças. Ainda, deve ser indicativo a futuras pesquisas, de qual é a melhor época para detectar diferenças nutricionais entre as comunidades.

#### 4. CONCLUSÕES

Cálcio, magnésio e potássio foram os nutrientes analisados que se mostraram mais influentes na determinação de diferenças entre fitofisionomias. A maior disponibilidade de tais nutrientes nos solos mesotróficos foi relacionada a maiores concentrações dos mesmos na vegetação e, por conseguinte, na serapilheira.

A mata semidecídua, seguida por cerradão mesotrófico, foram as fitofisionomias com as maiores concentrações de nutrientes nas folhas e na serapilheira, além de maior disponibilidade no solo, indicando que o material de origem do solo proporciona maior disponibilidade de nutrientes no solo e a vegetação responde pela presença de espécies que acumulam estes nutrientes nos tecidos foliares e também não tem a necessidade de retê-los na vegetação, liberando-os para o sistema através da serapilheira.

De modo geral, as diferenças nutricionais de qualquer compartimento estudado mantiveram-se entre as fitofisionomias nos dois períodos estudados. Sugere-se que em qualquer período do ano podem ser encontradas as diferenças nutricionais entre as comunidades vegetais, não havendo assim período definido para observação das mesmas.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S.E. **Chemical analysis of ecological materials**. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 1974. 565p.
- ARAÚJO, G.M. **Comparação da estrutura e do teor de nutrientes nos solos e nas folhas de espécies arbóreas de duas matas mesófilas semidecíduas no Triângulo Mineiro**. Campinas: Unicamp, 1992. Tese de doutorado.
- ARAÚJO, G.M. & HARIDASAN, M. A comparison of the nutritional status of two forest communities on mesotrophic and dystrophic soils in central Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Anals**. 19: 1075-1089. 1988.
- ARAÚJO, G.M. & HARIDASAN, M. Estrutura fitossociológica de duas matas mesófilas semidecíduas, em Uberlândia, Triângulo Mineiro. **Naturalia**. 22: 115-129, 1997.
- ARAÚJO, G.M.; RODRIGUES, L.A. & IVIZI, L. Estrutura fitossociológica e fenologia de espécies lenhosas de mata decídua em Uberlândia-MG. In: LEITE, L.L. & SAITO, C.H. (Editores). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, 1997. 326p., p.22-28.
- BACCARO, C.A.D. Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. **Sociedade & Natureza**. 1: 17-21, 1989.
- BATMANIAN, G.J. & HARIDASAN, M. Primary production and accumulation of nutrients by the ground layer community of cerrado vegetation of central Brazil. **Plant and Soil**. 88: 437-440. 1985.
- CARDOSO, E. & SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**. 25: 277-289. 2002.
- CAUSIN, H.F. & BUSTAMANTE, M.M.C. A comparative study of different nitrogen

- fractions in three woody species of the cerrado. In: LEITE, L.L. & SAITO, C.H. (Editores). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, 1997. 326p., p.41-48.
- CSIRO. **The Australian Soil Classification**: Glossary of Terms. Disponível em: [http://www.clw.csiro.au/aclep/asc\\_re\\_on\\_line/soilglos.htm](http://www.clw.csiro.au/aclep/asc_re_on_line/soilglos.htm). Acesso em: 07/05/2006.
- DELITTI, W.B.C. & BURGER, D.M. Carbon and mineral nutrient pools in a gallery forest at Mogi Guaçu river, Southeast Brazil. **Annals of Forest Science**. 57: 30-47. 2000.
- DROZDOWICS, A. Bactérias do solo. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 1999.
- FELFILI, J.M. & SILVA-JÚNIOR, M.C. Principais fisionomias do Espigão Mestre do São Francisco. In: FELFILI, J.M. & SILVA-JÚNIOR, M.C. (Ed.) **Biogeografia do bioma Cerrado**: estudo fitofisionômico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, 2001. 152 p.
- GÓES-JÚNIOR, C.D. **Nutrição mineral de espécies arbóreas e disponibilidade de nutrientes na serapilheira e no solo de quatro matas de galeria no Distrito Federal**. Brasília: Universidade de Brasília, 1996. Dissertação de mestrado.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I. & DUEVER, M.J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: EPU, Editora da Universidade de São Paulo, 1978. 256p.
- GOODLAND, R. & FERRI, M.G. **Ecologia do cerrado**. AMADO, E. (tradutor). Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Editora de Universidade de São Paulo, 1979.
- HARIDASAN, M. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic

- composition of cerrado *sensu stricto* and cerradão communities in central Brazil. In FURLEY, P.A.; PROCTOR, J. & RATTER, J.A. (Eds.) **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman and Hall, 1992. p. 171-184.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. 12: 54-64. 2000a.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral das plantas nativas do cerrado: Grupos funcionais. In: CAVALCANTI, T.B. & WALTER, B.M.T. (orgs.) **Tópicos atuais em botânica**. Brasília: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia/sociedade Botânica do Brasil, 2000b. p. 159-164.
- HARIDASAN, M. Nutrient cycling as a function of landscape and biotic characteristics in the cerrado of central Brazil. p. 68-83. In: McCLAIN, M.E.; VICTORIA, R.L. & RICHEY, J.E. (ed.). **Biogeochemistry of the Amazon basin and its role in a changing world**. New York: Oxford University Press, 2001.
- HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C. & FELFILI, J.M. (Organizadores). **Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 439 p., p. 167-178.
- HARIDASAN, M. & ARAÚJO, G.M. Aluminium-accumulating species in two forest communities in the cerrado region of Central Brasil. In: **Forest Ecology and Management**. 24: 15-26, 1988.
- KAUFFMAN, J.B.; SANFORD-JUNIOR, R.L.; CUMMINGS, D.L.; SALCEDO, I.H. & SAMPAIO, V.S.B. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. **Ecology**. 74: 140-151. 1993.
- KELLMAN, M. Nutrient retention by tropical ecosystems: soil adsorption and plant absorption as synergistic processes. **Journal of Tropical Ecology**. 18: 877-895. 2002.

- KELLMAN, M. & SANMUGADAS, K. Nutrient retention by tropical ecosystems: I. Retention in the Absence of Fire. **Journal of Ecology**. 73: 935-951. 1985.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W.A.; BRUNIG, E. & FITTKAU, E.J. Biomass and structure in a Central Amazonian Rain forest. In: GOLLEY, F.B. & MEDINA, E. **Tropical Ecological Systems: Trends in Terrestrial and Aquatic Research**. Berlin: Springer, 1975. p. 115-122.
- KÖNIG, F.G., BRUN, E.J., SCHUMACHER, M.V. & LONGHI, S.J. Devolução de nutrientes via serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual no município de Santa Maria, RS. **Brasil Florestal**. 74: 45-52, 2002.
- LEITÃO, M.R.S.M.M. Fixação biológica do nitrogênio por espécies arbóreas. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.
- LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; ZIMMERMANN, R.; GERSTBERGER, P.; ARAÚJO, G.M. & ZECH, W. Nutrient storage in soil and biomass of native Brazilian Cerrado. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. 164: 487-493. 2001.
- LORANGER, G.; PONGE, J.F.; IMBERT, D. & LAVELLE, P. Leaf decomposition in two semi-evergreen tropical forests: influence of litter quality. **Biology and Fertility of Soils**. 35: 247-252. 2002.
- MARTINEZ, H.E.; PITELLI, R.A. & HAAG, H.P. Nutrição mineral de espécies do cerrado. I. Composição Química de *Byrsonima coccolobifolia* (Sp) Kunth e *Kielmeyera coriacea* (Sp) Mart. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. XXXIV: 415-426. 1977.
- MARTINS, O. & BRAGA, J.M. Caracterização da fertilidade de cinco latossolos sob vegetação de cerrado, no Triângulo Mineiro. **Revista Ceres**. 24: 596-607. 1977.
- MARTINS, S.V. & RODRIGUES, R.R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**.

22: 405-412. 1999.

MEDEIROS, R.A. **Comparação do estado nutricional de algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado.** Brasília: Universidade de Brasília, 1983. Dissertação de mestrado.

MORENO, M.I.C. **Estado nutricional de espécies lenhosas e disponibilidade de nutrientes no solo e na serapilheira em diferentes fitofisionomias do cerrado na região do Triângulo Mineiro.** Brasília: Universidade de Brasília, 2005. Tese de doutorado.

MORENO, M.I.C. & CARDOSO, E. Utilização do método TWINSPAN na delimitação de formações vegetacionais do cerrado. **Caminhos de Geografia.** 11:108-116. 2005.

MORENO, M.I.C. & SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica.** 24: 537-544, 2001.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CURI, N.; VILELA, E.A. & CARVALHO, D.A. Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody species in a central brazilian Deciduous Dry Forest. **Biotropica.** 30: 362-375. 1998.

PINTO, M.T.C.; MOZETO, A.A. & TOLENTINO, M. Dinâmica de nutrientes na mata ripária à Lagoa do Diogo no sistema planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu. In: SANTOS, J.E. & PIRES, J.S.R. (Eds.). **Estudos integrados em ecossistemas:** Estação Ecológica de Jataí. São Carlos: Ed. Rima, 2000. p. 267-284.

RANAL, M.A. Soil spore bank of ferns in a Gallery Forest of the Ecological Station of Panga, Uberlândia, MG, Brazil. **American Fern Journal.** 93: 97-115. 2003.

RATTER, J. A. Some notes on two types of Cerradão occurring in north eastern Mato Grosso. In: FERRI, M. G. **III Simpósio sobre o Cerrado.** São Paulo: EDUSP/ Edgard Blucher. p. 101-102. 1971.

RATTER, J.A.; ASKEW, G.P.; MONTGOMERY, R.F. & GIFFORD, D.R. Observations on

- forests of some mesotrophic soils in central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. 1: 47-58, 1978.
- RHEINHEIMER, D.S. & ANGHINONI, I. Distribuição de fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 36: 151-160. 2001.
- RIBEIRO, J.F. **Comparação da concentração de nutrientes na vegetação arbórea e nos solos de um cerrado e um cerradão no Distrito Federal, Brasil**. Brasília: Universidade de Brasília, 1983. Dissertação de mestrado.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. (ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-166.
- RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 470 p.
- ROSA, R., LIMA, S.C. & ASSUNÇÃO, W.L. Abordagem Preliminar das Condições Climáticas de Uberlândia (M.G.). **Sociedade & Natureza**. 3: 91-108, 1991.
- RUGANI, C.A., SCHLITTLER, F.H.M. & CARVALHO, J.B. Biomassa e estoque de nutrientes nos vários compartimentos de uma floresta secundária de terra firme em Manaus - AM. **Naturalia**. 22:103-113, 1997.
- RUGGIERO, P.G.C. & PIVELLO, V.R. O solo e a comunidade vegetal. In: PIVELLO, V.R. & VARANDA, E.M. (Editoras). **O cerrado Pé-de-Gigante: Parque Estadual de Vassununga - Ecologia e Conservação**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2005. 310 p., p. 173-188.
- RUGGIERO, P.G.C.; BATALHA, M.A.; PIVELLO, V.R. & MEIRELLES, S.T. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**. 160: 1-16. 2002.
- SARIYILDIZ, T. & ANDERSON, J.M. Decomposition of sun and shade leaves from three deciduous tree species, as affected by their chemical composition. **Biology and Fertility of**

- Soils.** 37: 137-146. 2003.
- SCHIAVINI, I. **Estrutura das comunidades arbóreas de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG).** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1992. Tese de doutorado.
- SCHIAVINI, I. & ARAUJO, G.M. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). **Sociedade & Natureza.** 1: 61-65. 1989.
- SILVA, F.C. **Compartilhamento de nutrientes em diferentes componentes da biomassa aérea em espécies arbóreas de um cerrado.** Brasília: Universidade de Brasília, 1990. Dissertação de mestrado.
- SILVA, J.G.M. **Relações solo-vegetação como instrumento para o manejo da vegetação do cerrado no Triângulo Mineiro.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. Tese de Doutorado.
- SILVA, M.E.F. **Efeitos a longo prazo da calagem e adubação sobre a disponibilidade de nutrientes no solo, a concentração de nutrientes na serapilheira e a nutrição mineral de três espécies lenhosas nativas de um cerrado *sensu stricto*.** Brasília: Universidade de Brasília, 2001. Dissertação de mestrado.
- SILVA, O.A. **Variação sazonal na composição mineral de algumas espécies da vegetação do cerrado e possíveis implicações alelopáticas do lavado foliar.** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 1981. Dissertação de mestrado.
- SILVA, J.E. & RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.
- SILVA, I.R.; FURTINI-NETO; A.E.; FERNANDES, L.A.; CURI, N. & VALE, F.R. Formas, relação quantidade/intensidade e biodisponibilidade de potássio em diferentes latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** 35: 2065-2073. 2000.

- SILVA-JÚNIOR, M.C.; BARROS, N.F. & CÂNDIDO, F. Relações entre parâmetros do solo e da vegetação de cerrado na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba - MG. **Revista Brasileira de Botânica**. 10: 125-137. 1987.
- SOUZA, J.P. **Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em uma floresta estacional decidual no Triângulo Mineiro**. Uberlândia: UFU, 2005. Dissertação de mestrado.
- STARK, N. The nutrient content of plants and soils from Brazil and Surinam. **Biotropica**. 2: 51-60. 1970.
- TARAFDAR, J.C. & CLAASEN, N. Organic phosphorus utilization by wheat plants under sterile conditions. **Biology and Fertility of Soils**. 39: 25-29. 2003.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. SANTARÉM, E.R. *et al* (trad.). Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TER BRAAK, C.J.F. & SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows User's guide**: Software for canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca: Microcomputer Power, 2002. 500 p.
- TER BRAAK, C.J.F. Ordination. In: TER BRAAK, C.J.F. & VAN TOGEREN, O.F.R. (Eds.). **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 91-173.
- VENTURIN, R.P.; BASTOS, A.R.R.; MENDONÇA, A.V.R. & CARVALHO, J.G. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Cerne**. 6: 30-39. 2000.
- WERNECK, M.S.; PEDRALLI, G. & GIESEKE, L.F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**. 24: 195-198. 2001.
- WIJESINGHE, D.K.; HOHN, E.A. & HUTCHINGS, M.J. Does pattern of soil resource



heterogeneity determine plant community structure? An experimental investigation.

**Journal of Ecology**. 93: 99-112. 2005.

WILCKE, W. & LILIENFEIN, J. Element storage in native, agri-, and silvicultural ecosystems of the Brazilian savanna. II. Metals. **Plant and Soil**. 258: 31-41. 2004.

YADAV, R.S. & TARAFDAR, J.C. Influence of organic and inorganic phosphorus supply on the maximum secretion of acid phosphatase by plants. **Biology and Fertility of Soils**. 34: 140-143. 2001.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Englewood cliffs: Prentice Hall. 4 ed. 620p. 1998.

## 6. ANEXOS

### 6.1. Tabelas de dados de solo

**Anexo 6.1.1.** Concentração de nitrogênio no solo sob fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio-padrão).

Fitofisionomia	n	Profundidade (cm)					
		0-10		10-20		20-40	
		Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas
Campo sujo	7	0,0407 (0,0204)	0,0272 (0,0090)	0,0481 (0,0483)	0,0306 (0,0180)	0,0296 (0,0098)	0,0238 (0,0000)
Cerrado típico	9	0,0291 (0,0159)	0,0264 (0,0079)	0,0264 (0,0079)	0,0238 (0,0000)	0,0238 (0,0000)	0,0238 (0,0000)
Cerradão distrófico	9	0,0529 (0,0105)	0,0608 (0,0241)	0,0423 (0,0159)	0,0529 (0,0372)	0,0317 (0,0119)	0,0317 (0,0119)
Cerradão mesotrófico	4	0,0833 (0,0137)	0,0952 (0,0337)	0,0833 (0,0137)	0,1012 (0,0762)	0,0655 (0,0119)	0,0774 (0,0451)
Mata seca	9	0,1269 (0,0238)	0,1243 (0,0231)	0,1111 (0,0168)	0,0952 (0,0168)	0,0952 (0,0206)	0,0820 (0,0125)

n = número de parcelas

**Anexo 6.1.2.** Concentração de fósforo no solo sob fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio-padrão).

Fitofisionomia	n	Profundidade (cm)					
		0-10		10-20		20-40	
		Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas
Campo sujo	7	0,571 (0,535)	1,238 (0,252)	0,714 (0,488)	1,238 (0,252)	0,429 (0,535)	1,143 (0,325)
Cerrado típico	9	1,333 (0,500)	1,852 (0,294)	1,222 (0,441)	1,407 (0,222)	0,556 (0,527)	1,481 (0,294)
Cerradão distrófico	9	1,889 (1,054)	2,148 (0,294)	1,556 (1,333)	1,704 (0,351)	1,889 (1,054)	1,556 (0,333)
Cerradão mesotrófico	4	1,500 (0,577)	2,333 (0,385)	3,250 (0,500)	2,500 (1,478)	3,250 (1,708)	1,667 (0,385)
Mata seca	9	2,333 (0,866)	1,852 (0,444)	2,667 (0,866)	1,704 (0,484)	2,333 (0,866)	1,407 (0,222)

n = número de parcelas

**Anexo 6.1.3.** Concentração de potássio no solo sob fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio-padrão).

Fitofisionomia	n	Profundidade (cm)					
		0-10		10-20		20-40	
		Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas
Campo sujo	7	0,0577 (0,0093)	0,0441 (0,0131)	0,0458 (0,0092)	0,0345 (0,0067)	0,0367 (0,0094)	0,0245 (0,0057)
Cerrado típico	9	0,0636 (0,0099)	0,0499 (0,0089)	0,0476 (0,0157)	0,0378 (0,0066)	0,0414 (0,0111)	0,0328 (0,0099)
Cerradão distrófico	9	0,1040 (0,0434)	0,0751 (0,0160)	0,0764 (0,0492)	0,0617 (0,0348)	0,0682 (0,0434)	0,0427 (0,0115)
Cerradão mesotrófico	4	0,2633 (0,0609)	0,2142 (0,0405)	0,2741 (0,0444)	0,2183 (0,0364)	0,2378 (0,0698)	0,1921 (0,0367)
Mata seca	9	0,3475 (0,1574)	0,2288 (0,0941)	0,3472 (0,1758)	0,2227 (0,1049)	0,3127 (0,1607)	0,2247 (0,1175)

n = número de parcelas

**Anexo 6.1.4.** Concentração de cálcio no solo sob fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio-padrão).

Fitofisionomia	n	Profundidade (cm)					
		0-10		10-20		20-40	
		Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas
Campo sujo	7	0,1669 (0,1875)	0,0663 (0,0617)	0,0604 (0,0342)	0,0192 (0,0149)	0,0342 (0,0149)	0,0191 (0,0093)
Cerrado típico	9	0,0401 (0,0165)	0,0341 (0,0238)	0,0516 (0,0604)	0,0114 (0,0096)	0,0377 (0,0169)	0,0073 (0,0059)
Cerradão distrófico	9	0,0656 (0,0491)	0,0510 (0,0188)	0,0448 (0,0362)	0,0235 (0,0233)	0,0386 (0,0343)	0,0114 (0,0130)
Cerradão mesotrófico	4	3,5230 (2,4228)	3,7720 (2,5112)	3,9169 (2,4629)	2,4392 (2,1542)	1,4127 (0,6530)	1,3000 (0,7585)
Mata seca	9	7,0255 (2,5258)	8,9366 (3,3483)	5,4938 (3,1169)	5,0731 (2,4591)	4,5525 (3,4195)	2,9751 (2,0221)

n = número de parcelas

**Anexo 6.1.5.** Concentrações de magnésio ( $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ ) no solo sob fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio-padrão).

Fitofisionomia	n	Profundidade (cm)					
		0-10		10-20		20-40	
		Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas	Final da seca	Final das chuvas
Campo sujo	7	0,0628 (0,0310)	0,0550 (0,0266)	0,0338 (0,0123)	0,0204 (0,0114)	0,0228 (0,0109)	0,0155 (0,0046)
Cerrado típico	9	0,0385 (0,0235)	0,0239 (0,0209)	0,0260 (0,0081)	0,0174 (0,0112)	0,0270 (0,0136)	0,0104 (0,0062)
Cerradão distrófico	9	0,0555 (0,0329)	0,0146 (0,0197)	0,0399 (0,0283)	0,0416 (0,0177)	0,0302 (0,0233)	0,0166 (0,0124)
Cerradão mesotrófico	4	0,8484 (0,1889)	1,0095 (0,2082)	0,8372 (0,2754)	0,6432 (0,2509)	0,3346 (0,1230)	0,3989 (0,1862)
Mata seca	9	0,9995 (0,2949)	1,2777 (0,4234)	0,8959 (0,3623)	0,8708 (0,2644)	0,6642 (0,3889)	0,5873 (0,2374)

n = número de parcelas

## 6.2. Tabelas de dados foliares

**Anexo 6.2.1.** Concentração foliar de nitrogênio em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

N, %	n	Final da seca	n	Final da chuva
Campo sujo	15	1,281 (0,457)	27	1,180 (0,243)
Cerrado típico	24	1,195 (0,317)	30	1,225 (0,280)
Cerradão distrófico	27	1,603 (0,319)	30	1,729 (0,321)
Cerradão mesotrófico	12	1,517 (0,459)	24	1,459 (0,216)
Mata seca	21	1,850 (0,467)	27	1,793 (0,425)

n = número de indivíduos

**Anexo 6.2.2.** Concentração foliar de fósforo em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

P, %	n	Final da seca	n	Final da chuva
Campo sujo	15	0,0866 (0,0363)	27	0,0775 (0,0102)
Cerrado típico	24	0,0878 (0,0452)	30	0,0529 (0,0142)
Cerradão distrófico	27	0,0847 (0,0320)	30	0,0826 (0,0230)
Cerradão mesotrófico	12	0,1215 (0,0669)	24	0,1110 (0,0445)
Mata seca	21	0,1408 (0,0627)	27	0,1310 (0,0525)

n = número de indivíduos

**Anexo 6.2.3.** Concentração foliar de potássio em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

K, %	n	Final da seca	n	Final da chuva
Campo sujo	15	0,658 (0,290)	27	0,466 (0,168)
Cerrado típico	24	0,727 (0,417)	30	0,423 (0,133)
Cerradão distrófico	27	0,692 (0,365)	30	0,821 (0,438)
Cerradão mesotrófico	12	1,235 (0,497)	24	0,975 (0,405)
Mata seca	21	1,632 (1,008)	27	1,843 (1,016)

n = número de indivíduos

**Anexo 6.2.4.** Concentração foliar de cálcio em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

Ca, %	n	Final da seca	n	Final da chuva
Campo sujo	15	0,5021 (0,1250)	27	0,5516 (0,1720)
Cerrado típico	24	0,3468 (0,0973)	30	0,3290 (0,1271)
Cerradão distrófico	27	0,2648 (0,1492)	30	0,2643 (0,1214)
Cerradão mesotrófico	12	0,9193 (0,4400)	24	1,2243 (0,5233)
Mata seca	21	1,3452 (0,6521)	27	1,6570 (0,7467)

n = número de indivíduos

**Anexo 6.2.5.** Concentração foliar de magnésio em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

Mg, %	n	Final da seca	n	Final da chuva
Campo sujo	15	0,1615 (0,0646)	27	0,1390 (0,0450)
Cerrado típico	24	0,1670 (0,0526)	30	0,0891 (0,0302)
Cerradão distrófico	27	0,1518 (0,0767)	30	0,1161 (0,0676)
Cerradão mesotrófico	12	0,2745 (0,0691)	24	0,2150 (0,0527)
Mata seca	21	0,2866 (0,1098)	27	0,2258 (0,0503)

n = número de indivíduos

### 6.3. Tabelas de dados de serapilheira

**Anexo 6.3.1.** Concentração de nitrogênio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

N, %	n	Final da seca	Final da chuva
Campo sujo	7	0,662 (0,047)	0,830 (0,205)
Cerrado típico	9	0,685 (0,032)	0,777 (0,288)
Cerradão distrófico	9	0,924 (0,104)	0,968 (0,292)
Cerradão mesotrófico	4	0,803 (0,106)	0,964 (0,024)
Mata seca	9	1,050 (0,122)	1,587 (0,372)

n = número de parcelas

**Anexo 6.3.2.** Concentração de fósforo na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

P, %	n	Final da seca	Final da chuva
Campo sujo	7	0,0414 (0,0113)	0,0381 (0,0045)
Cerrado típico	9	0,0375 (0,0031)	0,0398 (0,0056)
Cerradão distrófico	9	0,0410 (0,0055)	0,0514 (0,0050)
Cerradão mesotrófico	4	0,0607 (0,0042)	0,0750 (0,0072)
Mata seca	9	0,0541 (0,0071)	0,0810 (0,0080)

n = número de parcelas

**Anexo 6.3.3.** Concentração de potássio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

K, %	n	Final da seca	Final da chuva
Campo sujo	7	0,0779 (0,0160)	0,1255 (0,0455)
Cerrado típico	9	0,1356 (0,0282)	0,2198 (0,0951)
Cerradão distrófico	9	0,2279 (0,0574)	0,2044 (0,0599)
Cerradão mesotrófico	4	0,3957 (0,1180)	0,2541 (0,1165)
Mata seca	9	0,4189 (0,0693)	0,3948 (0,0606)

n = número de parcelas

**Anexo 6.3.4.** Concentração de cálcio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

Ca, %	n	Final da seca	Final da chuva
Campo sujo	7	0,561 (0,089)	0,431 (0,116)
Cerrado típico	9	0,425 (0,092)	0,324 (0,076)
Cerradão distrófico	9	0,363 (0,093)	0,394 (0,104)
Cerradão mesotrófico	4	1,518 (0,177)	2,070 (0,230)
Mata seca	9	1,789 (0,198)	2,146 (0,267)

n = número de parcelas

**Anexo 6.3.5.** Concentração de magnésio na serapilheira de fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. Média (desvio padrão).

Mg, %	n	Final da seca	Final da chuva
Campo sujo	7	0,1554 (0,0158)	0,0845 (0,0242)
Cerrado típico	9	0,1390 (0,0340)	0,0607 (0,0138)
Cerradão distrófico	9	0,1894 (0,0316)	0,1198 (0,0243)
Cerradão mesotrófico	4	0,2834 (0,0124)	0,2024 (0,0136)
Mata seca	9	0,2999 (0,0236)	0,2378 (0,0283)

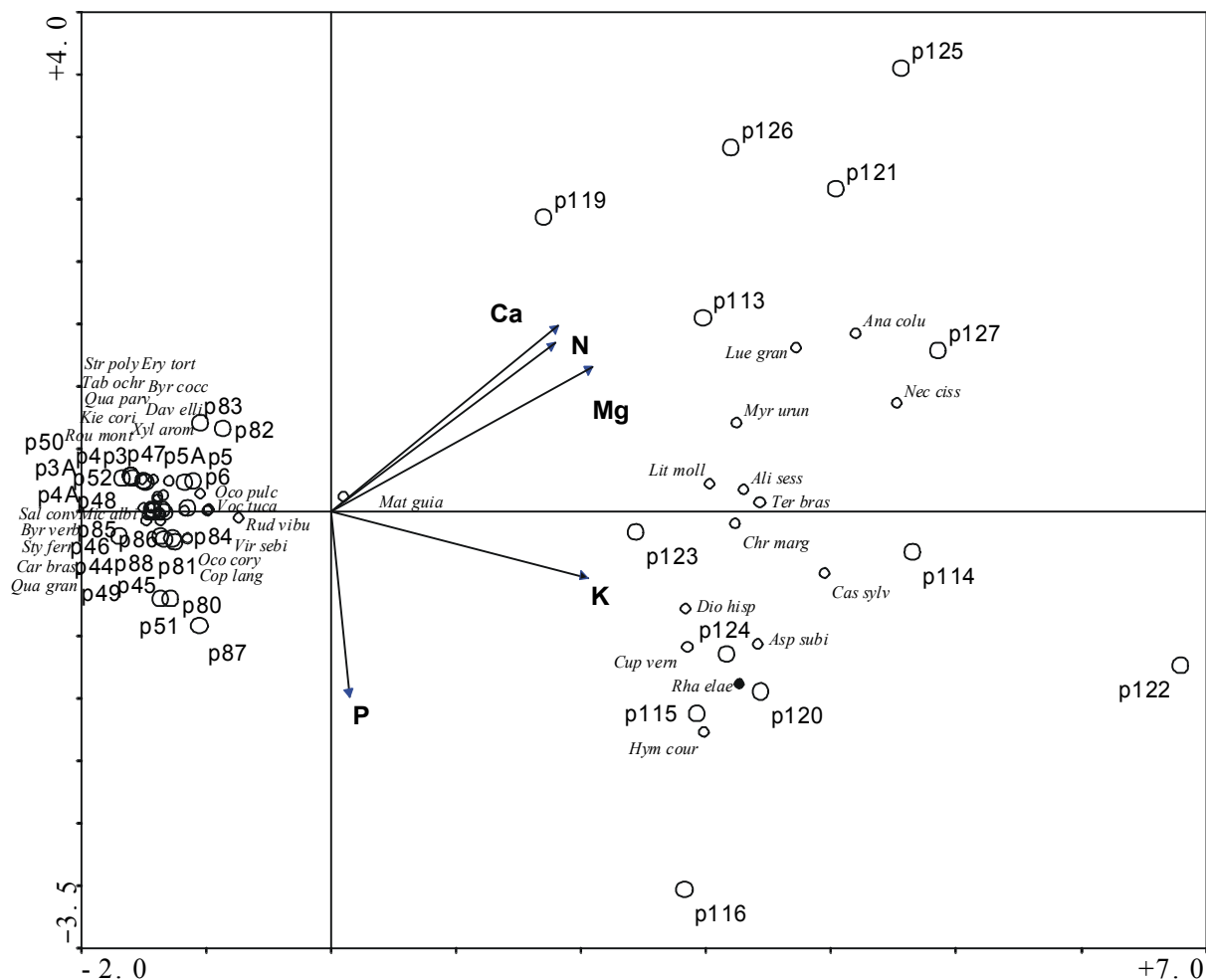
n = número de parcelas











**Anexo 6.4.4.** Diagrama de ordenação, por DCCA, usando dados de densidade absoluta das principais espécies arbóreas e macronutrientes no solo, no intervalo de profundidade de 20 a 40 cm, referente ao final do período de chuvas (abril/2004), em fitofisionomias na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Parcelas P3, P3A, P4, P4A, P5, P5A e P6 - campo sujo; P44 a P52 - cerrado típico; P80 a P88 - cerradão distrófico; P113 a P116 - cerradão mesotrófico; P119 a P127 - mata seca. Auto-valor do eixo 1 = 0,803; auto-valor do eixo 2 = 0,181. Os nomes das espécies estão abreviados (ver Tabela 1).