

GLÁUCIA SOARES TOLENTINO

COMPOSIÇÃO E PARTIÇÃO DE NICHOS EM GRADIENTES DE SOLO E LUZ NO CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011**

GLÁUCIA SOARES TOLENTINO

COMPOSIÇÃO E PARTIÇÃO DE NICHOS EM GRADIENTES DE SOLO E LUZ NO CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de fevereiro de 2011.

Prof. Ds. Agostinho Lopes de Souza

Prof^a. Ds. Flávia Monteiro Coelho Ferreira

Prof. Ds. João Augusto Alves Meira-Neto
(Orientador)

A quem se enamora por natureza,

Dedico.

As histórias contadas pela ciência devem fazer com que os questionamentos reapareçam,
desvelando as incoerências acomodadas e quase já imperceptíveis porque estão cobertas por
olhos preguiçosos.

(como Amélia Lacombe escreve sobre *O Pequeno Príncipe*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo heroísmo, amor, serenidade, dedicação e alegria. Só posso admirar sua sabedoria e sua relação com *plantas, bichos e coisas*. Isso me dá a certeza de que a ciência é o entendimento, que tem a ciência quem vive e busca.

Aos meus avós e tios, pelos exemplos de honestidade, perseverança e alegria. Desde sempre, vivemos muitos, muitos momentos bons.

A Joice, Glauber e Fau agradeço pelos mais de 20 anos juntos. Sou certa que, se pudesse trocar de irmãos, jamais o faria. Tantas histórias!

A Bruno, alvo dos meus amores, sou agradecida pela dedicação com a minha vida, mesmo estando quase sempre longe. São apaixonantes a inteligência, honestidade e amor com que participa das minhas decisões.

Gratidão a Diego, Serapião, Vito, Batata, Gladson e Daniel, que compartilharam e compartilham comigo momentos únicos, que não saem da memória e fazem com que minha vontade de reviver aqueles bons tempos só aumente. Estivemos separados nesses dois anos, mas jamais distantes uns dos outros. Nossas discussões, histórias e ideais em comum me tornam muito feliz, e fazem da distância um mero detalhe.

Agradeço a Victor, Rolim, Luiz, Moranguinho e a grande turma que fez a disciplina no Cerrado acontecer, colaborando para que eu tenha bons sentimentos e lembranças da área onde trabalhamos. Na FLONA, colaboraram de modo inestimável a Rosângela e o Zé Vicente, como exemplos de funcionários receptivos e de boa vontade. A Carol, Márcia, Luís Benevides, Pezão e Vanessa agradeço pelo compartilhamento do trabalho de campo, que aconteceu às vezes em dias difíceis, mas não por isso menos recompensadores.

Sobre Lorena e Carol, poderia dispensar agradecimentos por escrito, porque sabem o tamanho da importância que têm em minha vida. A vida longe de casa é mais feliz com vocês.

Agradeço aos colegas com quem compartilhei as dificuldades e conquistas nas disciplinas, assim como aos professores, que têm fundamental papel na minha formação. Ao Ângelo, deveria escrever um agradecimento proporcional à sua boa vontade, mas não haveria espaço que bastasse.

Aos companheiros do Setor de Ecologia Vegetal, pelo bom-humor e presença, fazendo do lugar um ambiente de trabalho agradável.

Ao João, não há como não agradecer. Pela sua vontade de ensinar e pela paciência em me fazer aprender, os conhecimentos da ecologia e a experiência que adquiri são, sem nenhuma dúvida, de enorme valor.

Ao Gilmar Valente, pela dedicação e boa vontade com a identificação das espécies, e pela graça com que apresentou muitas das plantas do Cerrado.

Agradeço ao José Martins Fernandes pela identificação de muitas espécies de Fabaceae, ao Thiago Prates Rolim pela identificação de Melastomataceae e ao Pedro Paulo de Souza pela identificação de *Ficus obtusifolia*.

À Universidade Federal de Viçosa, por oferecer as boas condições de aprendizado e de desenvolvimento pessoal e profissional. À FAPEMIG, pela concessão de auxílio financeiro durante o curso de mestrado.

Agradeço, ainda, à Flávia Coelho pelos ensinamentos de estatística e pelas considerações feitas durante a arguição. Também ao professor Agostinho Souza, por aceitar o convite para compor a banca de defesa. Certamente todas essas colaborações foram de grande importância para o enriquecimento do trabalho.

Ao Cerrado, pela *(a)diversidade* que abriga. Por ser torto e certo, pobre e rico, sempre singular, poético e fascinante.

BIOGRAFIA

Gláucia Soares Tolentino, filha de Flaudísio Tolentino e Cleunice Soares Tolentino, nasceu em 22 de junho de 1987, em Licínio de Almeida, BA.

Estudou no Centro Educacional Monteiro Lobato, Brumado, BA, até o ano de 1995.

Em 2004 concluiu o Ensino Médio no Centro Educacional Ímpar, em Montes Claros, MG.

Graduou-se pela Universidade Estadual de Montes Claros, no período de 2005 a 2008, quando obteve o título de Bióloga.

Em março de 2009 ingressou no curso de Mestrado em Botânica, pela Universidade Federal de Viçosa, MG.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3

CAPÍTULO I

FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA EM CINCO FITOFISIONOMIAS DE CERRADO

1. INTRODUÇÃO	5
2. MÉTODOS	
2.1. Área de estudo.....	7
2.2. Florística e fitossociologia	8
2.3. Variáveis ambientais	9
2.3.1. Solos	9
2.3.2. Regime de luz	10
3. RESULTADOS	
3.1. Florística e fitossociologia	11
3.2. Variáveis ambientais	21
4. DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

CAPÍTULO II

PARTIÇÃO DE NICHOS ENTRE GRUPOS FUNCIONAIS NO CERRADO

1. INTRODUÇÃO	48
2. MÉTODOS	
2.1. Área de estudo	50
2.2. Florística e fitossociologia	51
2.3. Variáveis ambientais	52
2.3.1. Solos	52
2.3.2. Regime de luz	52
2.4. Definição dos grupos funcionais	53
2.5. Análise da distribuição dos grupos funcionais	53
3. RESULTADOS	
3.1. Definição dos grupos funcionais	55
3.2. Consistência dos grupos funcionais e partição de nicho	56
4. DISCUSSÃO	69
5. CONCLUSÕES	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

RESUMO

TOLENTINO, Gláucia Soares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Composição e partição de nicho em gradientes de solo e luz no Cerrado.** Orientador: João Augusto Alves Meira-Neto.

O Cerrado se distribui sob fitofisionomias que variam de campos abertos com arbustos dispersos a fisionomias de mata fechada, em um gradiente crescente de fertilidade e de decrescente acidez do solo. Considerando que é esperada a maior similaridade entre áreas de condições estruturais e de solo semelhantes, este estudo foi realizado em cinco fitofisionomias de Cerrado que se distinguem pelo tipo de solo e vegetação. Na área de Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG, a vegetação foi amostrada em 25 parcelas de 20 x 20 m, distribuídas em um transecto em cada uma das seguintes associações: cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo Amarelo; cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Amarelo, cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo; cerradão distrófico sobre Latossolo Vermelho; e cerradão mesotrófico sobre Latossolo Vermelho. Em todas as parcelas fez-se a coleta de solos, para quantificação de N, Ca^{2+} , Fe, Al^{3+} , P, K, Mg^{2+} e matéria orgânica. A ordenação das parcelas pela análise de componentes principais e a análise de similaridade demonstraram que unidades amostrais de uma mesma fitofisionomia são mais próximas entre si, sendo os cerrados *sensu stricto* florística e estruturalmente semelhantes, constituindo um grupo mais próximo do cerradão mesotrófico e mais distante do cerradão distrófico. Os cerrados *sensu stricto* apresentaram a menor disponibilidade de P, matéria orgânica e N. O cerradão mesotrófico apresentou os maiores teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e K. O cerradão distrófico apresentou a maior média de Al^{3+} , e sua peculiaridade florística provavelmente reside na adaptação das plantas ao estresse da alta disponibilidade de Al^{3+} , ao mesmo tempo em que têm o seu crescimento beneficiado pela alta disponibilidade de nitrogênio. As espécies vegetais do Cerrado provavelmente apresentam atributos comuns de especialização a uma faixa do gradiente ambiental, sendo sua distribuição limitada de acordo com o nível mínimo de recursos necessários para sua persistência (R^*). Assim, objetivou-se definir a partição de nicho entre grupos funcionais, ao invés de entre espécies, a partir da análise do comportamento de plantas lenhosas em resposta à variação dos recursos nutricionais do solo e de luz. A disponibilidade de luz foi mensurada por meio de fotografias hemisféricas. Os nomes dos grupos funcionais foram atribuídos conforme a capacidade das espécies em tolerar o estresse derivado da alta disponibilidade de Al^{3+} no solo ou pela capacidade de competir pela luz e nutrientes. As espécies com pelo menos 20 indivíduos foram incluídas no grupo funcional cujo modelo linear apresentou melhor ajuste. A distribuição dos grupos funcionais em resposta às condições ambientais (N, Ca^{2+} , Fe, Al^{3+} , P, K, Mg^{2+} , matéria orgânica e luz) foi verificada pelo método de análise espacial por índices de distância. O grupo das espécies tolerantes ao alumínio (AT) consistiu de quatro espécies e prevaleceu em condições

de alta disponibilidade de Al^{3+} , Fe e luz, e baixa concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, matéria orgânica e N. As espécies deste grupo apresentam mecanismos de resistência ao alumínio como estratégia adaptativa à sua alta saturação, mas o investimento na manutenção destes processos metabólicos implica em prejuízo ao crescimento das plantas. O grupo AT foi determinado principalmente pelo N, sendo sua distribuição negativamente relacionada à disponibilidade deste mineral. O grupo das espécies competidoras-calcícolas (CC) consistiu de seis espécies, e apresentou alto adensamento em condições de baixa disponibilidade de Al^{3+} , Fe e luz, e alta concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K e matéria orgânica, sugerindo melhor definição do R^* . Essas espécies não apresentam mecanismos de resistência e sofrem os efeitos tóxicos do Al^{3+} , mas têm suprimento nutricional para o investimento em estruturas fotossintéticas que asseguram maior capacidade de competição pela luz. Assim, é destacada a existência de um *trade-off* para as espécies do Cerrado, entre a capacidade de tolerância ao alumínio e a habilidade competitiva. Os grupos que apresentam associação de características adaptativas (ATC 1, ATC 2 e ASC) apresentam distribuição mais ampla e R^* menos definido, possivelmente porque consistem de espécies com maior plasticidade fenotípica. As espécies alumínio-tolerantes-competidoras (ATC 2) podem ser consideradas adaptadas a condições adversas mais intensas, pelo simultâneo estresse da alta concentração de Al^{3+} e da baixa disponibilidade de luz. As espécies semicompetidoras (ASC) apresentam comportamento semelhante às CC, mas com menor restrição de ocorrência. O grupo ATC 1 se mostrou o menos consistente, uma vez que sua agregação foi determinada apenas pela disponibilidade de luz e Fe no solo. Podem ser necessários ajustes ao modelo que determina as espécies que compõem este grupo.

ABSTRACT

TOLENTINO, Gláucia Soares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011.
Composition and niche partitioning in relation to soil and light gradients in Cerrado.
Advisor: João Augusto Alves Meira-Neto.

The Cerrado distribution occurs under vegetation types ranging from open fields with scattered shrubs to forest physiognomies, in a gradient of increasing fertility and decreasing soil acidity. Whereas it is expected the greatest similarity between areas with structural conditions and of similar land, this study was conducted in five Cerrado vegetation types which are distinguished by the type of soil and vegetation. At FLONA de Paraopeba, MG, plant species were sampled in 25 plots of 20 x 20 m, distributed in a transect in each of the following associations: cerrado *sensu stricto* on Yellow Cambisol; cerrado *sensu stricto* on Yellow Latosol; cerrado *sensu stricto* on Red-Yellow Latosol; dystrophic cerrado on Red-Latosol; mesotrophic cerrado on Red-Latosol. In all plots soils were sampled to quantify N, Ca²⁺, Fe, Al³⁺, P, K, Mg²⁺ and organic matter. The ordination by principal component analysis and similarity analysis showed that samples of the same vegetation type are closer to each other, and all the cerrado *sensu stricto* are floristically and structurally similar, constituting a group closest to the mesotrophic cerrado and farther dystrophic cerrado. The lowest P, organic matter and N availability were found in cerrado *sensu stricto*. Mesotrophic cerrado showed the highest levels of Ca²⁺, Mg²⁺, P and K. The dystrophic cerrado had the highest average of Al³⁺, and its floristic peculiarity probably lies in the adaptation of plants to stress from high availability of Al³⁺, while its growth that have benefited from the high nitrogen availability. The Cerrado plant species are likely to have common attributes of specialization to a range of environmental gradients, whose distribution is limited in accordance with the minimum resources necessary for their persistence (*R**). The objective was to define the niche partitioning between functional groups, rather than between species, from the analysis of the behavior of woody plants in response to the variation of soil nutrient and light resources. The availability of light was measured using hemispherical photographs. The names of functional groups were assigned according to the species ability to tolerate stress derived from the high availability of Al³⁺ in the soil or the ability to compete for light and nutrients. Species with $N_i \geq 20$ were included in the functional group whose linear model showed better fit. Distribution of functional groups in response to environmental conditions (N, Ca²⁺, Fe, Al³⁺, P, K, Mg²⁺, organic matter and light) was measured by the method of spatial analysis by distance indices. The group of species Al tolerant (AT) consisted of four species and prevailed in high availability of Al³⁺, Fe and light, and low concentrations of Ca²⁺, Mg²⁺, P, organic matter and N. The species of this group have mechanisms of resistance to aluminum as adaptive strategy to their high saturation, but the investment in the maintenance of metabolic processes results in damage to plant growth. The AT group was mainly determined by

N, and its distribution is negatively related to the availability of this mineral. The group of competing species-calicoles (CC) consisted of six species, and showed high density in low availability of Al^{3+} , Fe and light, and high concentration of Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K and organic matter, suggesting a better definition of R^* . These species lack mechanisms of resistance and suffering the toxic effects of Al^{3+} , but have nutritional supply for investment in photosynthetic structures that ensure greater capacity to compete for light. Thus, it is emphasized that there is a *trade-off* for the Cerrado species, in relation to the ability of aluminum tolerance and competitive ability. The groups that have adaptive traits in association (ATC 1, ATC 2 and ASC) are most widely distributed and their R^* was less defined, possibly because they consist of species with greater phenotypic plasticity. The species-aluminum-tolerant competitors (ATC 2) can be considered adapted to more intense adverse conditions, because support the stress from high concentration of Al^{3+} and the low availability of light at the same time. The semi-competitors species (ASC) showed similar distribution to CC, but with less restriction from occurring. The ATC 1 group was weakly defined, since its aggregation was determined only by relation between light availability and Fe. Adjustments may be necessary to model that determines the species which compose this group.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os estudos ecológicos atuais demonstram crescente interesse na classificação de espécies vegetais em função de características funcionais similares (Díaz e Cabido 1997, Garnier et al. 2001, Cornelissen et al. 2003). A abordagem das espécies nesse sentido amplia perspectivas da ciência em lidar com questões ambientais em uma escala ecossistêmica, de paisagem e biomas (Díaz e Cabido 1997, Cornelissen et al. 2003).

Muitas espécies de plantas desenvolveram resistência fisiológica e genética para a sobrevivência em ambientes onde os solos representam constantes estresses para o desenvolvimento vegetal (Jansen et al. 2002, Kochian et al. 2005, Ramírez-Rodríguez et al. 2005).

Em solos ácidos, o estresse ambiental para as plantas deriva principalmente da alta quantidade de alumínio tóxico e da baixa disponibilidade de fósforo (Ramírez-Rodrigues et al. 2005). No Cerrado, estes valores variam expressivamente conforme a ampla variação das diferentes classes de solos, e determina a ocorrência de fitofisionomias que variam de campos abertos com arbustos dispersos a fisionomias de mata fechada (Goodland e Pollard 1973, Motta et al. 2002).

O gradiente pedológico-vegetacional implica em diferentes cenários de disponibilidade de luz para as espécies. Considerando o gradativo aumento de cobertura do dossel no sentido cerrado *senso stricto* – cerradão (Goodland 1971, Goodland e Pollard 1973, Motta et al. 2002), é possível que a quantidade de luz disponível seja um importante fator determinante da composição florística de cada fitofisionomia.

A especialização por um determinado intervalo de intensidade luminosa evidencia a partição do gradiente de luz e, por conseguinte, a possibilidade de coexistência das espécies (Tilman 1988, Kobe 1999, Grime 2001). Assim, é provável que algumas espécies apresentem atributos comuns de especialização a uma faixa do gradiente de luz, o que justificaria sua reunião em grupos funcionais relacionados ao aproveitamento deste recurso. A variação da disponibilidade de nutrientes no solo e de luz indica padrões no compartilhamento de recursos pela diversidade de utilização entre as espécies (Tilman 1988, Haridasan 2005).

Tendo em vista os padrões de distribuição das espécies de Cerrado, é possível que as plantas sejam reunidas em grupos funcionais, pela convergência nas estratégias ecológicas e pela similaridade na função que desempenham no ecossistema.

Nesse sentido, com o presente estudo objetiva-se (i) abordar os fatores ambientais que determinam a ocorrência das espécies lenhosas no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG, e (ii) definir a partição de nicho entre grupos funcionais, ao invés de entre espécies, a partir

da análise de sua distribuição espacial em resposta à variação na disponibilidade dos recursos nutricionais do solo e de luz.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; ter STEEGE, H.; MORGAN, H. D.; van der HEIJDEN, M. G. A.; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, v.51, p.335-380.
- DÍAZ, S.; CABIDO, M. 1997. Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *Journal of Vegetation Science*, v.8, p.463-474.
- GARNIER, E.; LAURENT, G.; BELLMANN, A.; DEBAIN, S.; BERTHELIER, P.; DUCOUT, B.; ROUMET, C.; NAVAS, M. L. 2001. Consistency of species ranking based on functional leaf traits. *New Phytologist*, v.152, p.69-83.
- GOODLAND, R. 1971. A physiognomic analysis of the Cerrado vegetation of Central Brazil. *The Journal of Ecology*, v.59, n.2, p.411-419.
- GOODLAND, R.; POLLARD, R. 1973. The Brazilian Cerrado vegetation: a fertility gradient. *The Journal of Ecology*, v.61, n.1, p.219-224.
- GRIME, J. P. *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. Chichester: John Wiley & Sons, 2nd ed., 2001. 417p.
- HARIDASAN, M. 2005. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. p.167-178. In: SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C. (Eds.). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 439p.
- JANSEN, S.; BROADLEY, M. R.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. 2002. Aluminum hyperaccumulation in Angiosperms: a review of its phylogenetic significance. *The Botanical Review*, v.68, n.2, p.235-269.
- KOBE, R. K. 1999. Light gradient partitioning among tropical tree species through differential seedling mortality and growth. *Ecology*, v.80, p.187-201.
- KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M. A.; HOEKENGA, O. A. 2005. The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity. *Plant and Soil*, v.274, p.175-195.

- MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; FRANZMEIER, D. P. 2002. Relation of soils and geomorphic surfaces in the Brazilian Cerrado. p.13-32. *In*: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil : Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, 367p.
- RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, V.; LÓPEZ-BUCIO, J. HERRERA-ESTRELLA, L. 2005. Adaptive responses in plants to nonoptimal soil pH. p.145-170. *In*: JENKS, M. A.; HASEGAWA, P. M. (Eds.). *Plant abiotic stress*. Blackwell Publishing, 270p.
- TILMAN, D. *Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities*. Monographs in Population Biology, Princeton University Press, 1988. 360p.

CAPÍTULO I

FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA EM CINCO FITOFISIONOMIAS DE CERRADO

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando originalmente mais de dois milhões de quilômetros quadrados, o que corresponde a cerca de 20% do território brasileiro (Oliveira-Filho e Ratter 2002, Ribeiro e Walter 2008). O Cerrado abriga elevada biodiversidade e importantes informações sob os aspectos da biogeografia e das estratégias adaptativas das espécies ao ambiente (Eiten 1972, Goodland e Ferri 1979, Bieras e Sajo 2008), e tem contato com a Floresta Atlântica, Floresta Amazônica e Caatinga (Eiten 1972, Oliveira-Filho e Ratter 2002, Ribeiro e Walter 2008).

Pelo fato de ocorrer sob condições climáticas pouco extremas (Motta et al. 2002), a distribuição e funcionamento do ecossistema de Cerrado podem ser menos determinadas pelas variações de temperatura e pluviosidade. Assim, a grande heterogeneidade espacial do Cerrado, onde diversas fitofisionomias alternam-se na paisagem, está bastante ligada à variação dos solos e de suas características, como composição química, profundidade e tipo de drenagem (Goodland e Pollard 1973, Motta et al. 2002, Ribeiro e Walter 2008).

A vegetação pode ser uma boa expressão dessa grande diversidade de ambientes (Goodland e Pollard 1973, Motta et al. 2002, Neri 2007, Reatto et al. 2008). O Cerrado apresenta variações muito amplas em sua composição florística e estrutural, com formas fisionômicas que representam um gradiente de altura e densidade, variando de aberto a mais ou menos fechado (Coutinho 1978, Goodland 1971, Oliveira-Filho et al. 1989).

A fertilidade e a capacidade de retenção hídrica dos solos são importantes aspectos para a distribuição dos cerrados, sendo a maioria deles distróficos, com baixo pH, baixa disponibilidade de cálcio e magnésio e alto teor de alumínio (Furley e Ratter 1988). O pH influencia a disponibilidade e a deficiência dos nutrientes, independente da sua concentração total na matriz mineral do solo (Haridasan 2000, 2008). Em um extremo, o faz disponível para as plantas, enquanto no outro define concentrações que resultam em fitotoxicidade para grande parte das espécies (Haridasan 2008). Conforme Goodland (1971) e Haridasan (1987), as espécies do cerrado *sensu stricto* são condicionadas a uma maior saturação por Al^{3+} , uma vez que se estabelecem sobre solos mais ácidos que aqueles dos cerradões.

As adaptações das espécies vegetais aos constantes estresses ambientais incluem, primariamente, os mecanismos em resposta às condições de estresse inerentes ao substrato em que se estabelecem (Chenery e Sporne 1976, Jansen et al. 2002). Para as plantas, o estresse ambiental em solos ácidos deriva principalmente da alta quantidade de alumínio tóxico e da baixa disponibilidade de fósforo (Ramírez-Rodrigues et al. 2005).

Além da disponibilidade de Al^{3+} , a variação da concentração de nutrientes no solo pode indicar padrões no compartilhamento de recursos entre as espécies devido às suas diferentes exigências nutricionais, que resulta na diversidade de faixas de utilização ao longo do gradiente edáfico (Tilman 1988, Haridasan 2005).

O Cerrado da FLONA de Paraopeba representa um gradiente pedológico-vegetacional com fortes variações em curtos trechos de espaço. Conforme Neri (2007), os solos deste local podem ser classificados como Cambissolo Amarelo, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo ou Latossolo Vermelho, com fitofisionomias variando de formações savânicas (cerrado *sensu stricto*) a formações florestais (cerradão).

Em função da diversidade de condições ambientais do Cerrado, este estudo tem por objetivo inventariar as espécies ocorrentes em cinco fitofisionomias sobre diferentes tipos de solo, descrevendo seus parâmetros fitossociológicos e estabelecendo relações de afinidade entre os ambientes. Espera-se que a maior similaridade seja encontrada para fitofisionomias com condições edáficas e estruturais semelhantes, enquanto aquelas estruturalmente distintas sejam diferenciadas também floristicamente.

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional (FLONA) de Paraopeba (MG), situada nas coordenadas geográficas 19°20'S e 44°20'W, com altitude variando entre 734m, ao sul, e 750m, ao norte. A sua área total é de aproximadamente 200 ha, dos quais 150 ha apresentam cobertura vegetal de formações de Cerrado. Os demais 50 ha são representados por talhões de *Eucalyptus* e *Pinus* e pela área destinada à manutenção do Horto Florestal, tendo em vista o objetivo básico de uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica em unidades de conservação categorizadas como Floresta Nacional (Lei Federal nº 9.985, de 18/07/2000). Conforme relatado por Silva-Júnior (1984), o histórico de perturbação da área inclui desmatamento total dos 200 ha em 1952 e registro de fogo nos anos de 1960 e 1963.

O clima da região é do tipo AW segundo a classificação de Köppen, com verão chuvoso e estação seca que ocorre de abril a setembro, correspondendo ao outono e inverno. Segundo as normais climatológicas 1961 – 1990 do INMET (2011), a temperatura média anual oscila entre 20°C e 22°C e a precipitação acumulada anualmente varia entre 1250 mm e 1450 mm. Conforme levantamento realizado por Thibau et al. (1975), os solos da FLONA de Paraopeba são classificados como Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro. Com base nos critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA 2006), Neri (2007) fez a descrição detalhada dos tipos de solo e sua associação aos tipos vegetacionais (Fig. 1). Nesse estudo foi reconhecida, além das classes apresentadas por Thibau et al. (1975), a ocorrência do Cambissolo Amarelo. No Sistema Norte-Americano de classificação, os Latossolos equivalem aos Oxissolos e o Cambissolo ao Inceptissolo (Neri 2007).

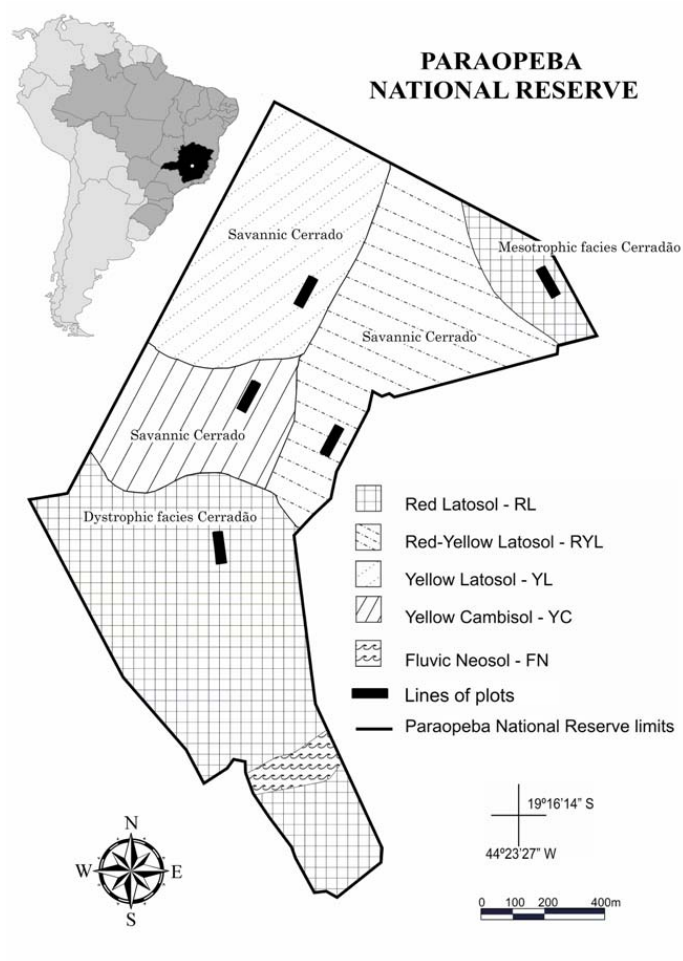


FIGURA 1. Mapa esquemático de solos e cobertura vegetal da FLONA de Paraopeba (MG), retirado de Neri (2007) (Red Latosol = Latossolo Vermelho; Red-Yellow Latosol = Latossolo Vermelho-Amarelo; Yellow Latosol = Latossolo Amarelo; Yellow Cambisol = Cambissolo Amarelo; Fluvic Neosol = Neossolo Flúvico).

2. 2. Florística e fitossociologia

A fim de verificar as mudanças florísticas e estruturais em resposta ao gradiente pedológico, a amostragem fitossociológica foi realizada em trechos de diferentes tipos de solos. Aplicaram-se 25 parcelas de 20 x 20 m, distribuídas em cinco transectos de 20 x 100 m, sendo cada transecto alocado em uma diferente condição de vegetação e de solo: Cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo Amarelo (Css Cxb); Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Amarelo (Css LA), Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo (Css LVA); Cerradão Distrófico sobre Latossolo Vermelho (CD); e Cerradão Mesotrófico sobre Latossolo Vermelho (CM) (Fig.1).

Na área das parcelas, foram amostrados todos os indivíduos lenhosos vivos com circunferência à altura do solo (CAS) ≥ 10 cm, sendo registrados também os valores de altura total e nome da espécie. As espécies foram reconhecidas *in situ* e a partir de consulta à

literatura com comparação de material eventualmente coletado ou, ainda, a partir da lista florística elaborada por Neri (2007). A classificação dos grupos taxonômicos foi realizada com base no APG III (APG 2009). A grafia e autoria dos nomes científicos foram obtidas mediante consulta ao site do *Missouri Botanical Garden* (<http://www.tropicos.org/>, acesso em 13/01/2011).

A estrutura horizontal da comunidade foi descrita a partir da estimativa dos parâmetros quantitativos (Mueller-Dombois e Ellenberg 1974, Newton 2007): densidade absoluta (DA), dominância absoluta (DoA) frequência absoluta (FA), valor de cobertura (VC), valor de importância (VI), Índice de Shannon (H') e Equabilidade de Pielou (J), utilizando-se o *software* Mata Nativa 2 (Cientec 2006).

Todas as espécies com ocorrência em cinco ou mais parcelas foram utilizadas para a Análise de Componentes Principais (PCA) (ter Braak e Prentice 1988) utilizando-se o *software* NT-SYSpC 2.21L, sendo considerada apenas a presença e ausência nas parcelas. O dendrograma que demonstra as relações entre as parcelas foi gerado com o *software* NT-SYSpC 2.21L (Rohlf 2009).

2.3. Variáveis ambientais

2.3.1. Solos

Para cada uma das 25 parcelas foi coletada em profundidade de 0 a 10 cm uma amostra composta de solo (10 subamostras), da qual foram feitas três repetições. O material foi seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm para determinação das propriedades químicas do solo (EMBRAPA 1997). A análise foi executada no Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Viçosa, para a determinação dos teores de N, Ca²⁺, Fe, Al³⁺, P, K, Mg²⁺ e matéria orgânica.

As variáveis de solo foram submetidas ao teste de Levene para averiguação da homogeneidade de variância. Os dados que não corresponderam ao teste de homocedasticidade foram transformados a Log, Raiz Quadrada ou Exponencial para a execução da Análise de Variância (ANOVA One-way) e Post-hoc Tukey HSD. Apenas os dados de N (nitrogênio) não apresentaram distribuição homogênea após a transformação e foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar 1996). As análises estatísticas foram realizadas com o *software* STATISTICA®.

2.3.2. Regime de luz

O estudo do regime de luz foi realizado por meio de fotografias hemisféricas (Anderson 1964, Breshears e Ludwig 2010). Cada parcela de 20mx20m foi dividida em quatro subparcelas de 10mx10m. No centro de cada subparcela, as imagens foram obtidas por uma câmera digital Nikon Coolpix 5700 com extensor Nikon UR-E12 e objetiva olho-de-peixe Nikon FC-E9, apoiada a 1,5 m de altura do chão por um tripé. A câmera foi utilizada na função automática, com a parte superior sempre orientada para o norte magnético e com o zênite centralizado na imagem. A amostragem ocorreu durante a estação chuvosa (janeiro e fevereiro de 2010). As fotografias foram obtidas em condições de sol coberto por nuvens ou nas últimas horas do dia, desde que com ausência completa de luz direta (Jonckheere et al. 2004). Cada sub-parcela foi fotografada em três exposições diferentes (-1.3, 0.0, +1.3), o que permitiu a escolha da imagem de melhor contraste entre céu e dossel.

As imagens foram analisadas pelo *software* Gap Light Analyzer® (GLA), que fornece dados de cobertura das copas e de luz transmitida (Frazer et al. 1999). A quantidade de luz em cada parcela foi determinada pela média dos valores encontrados para as quatro subparcelas de 10 x 10 m. Os dados de luz transmitida total foram submetidos ao teste de Levene para averiguação da homocedasticidade e, por não atender o teste, foram transformados a Log, Raiz Quadrada ou Exponencial. Como as variáveis transformadas não corresponderam ao teste, se empregou o teste de Kruskal-Wallis para comparação entre as fitofisionomias (Zar 1996). As análises estatísticas foram realizadas com o *software* STATISTICA®.

3. RESULTADOS

3.1. Florística e fitossociologia

Foram amostrados 4848 indivíduos, em 45 famílias (sendo uma indeterminada) e 134 espécies (onde se incluem três morfoespécies).

As famílias mais representativas em número de espécies foram Fabaceae (com 20 espécies), Myrtaceae (10), Vochysiaceae (8), Malvaceae (6) e Rubiaceae (6) que, juntas, somam 37,3% do total (Fig. 2). Em número de indivíduos, as cinco famílias mais representativas foram Melastomataceae (676), Rubiaceae (621), Fabaceae (504), Vochysiaceae (375) e Myrtaceae (356), que somam 52,23% do total (Fig. 3).

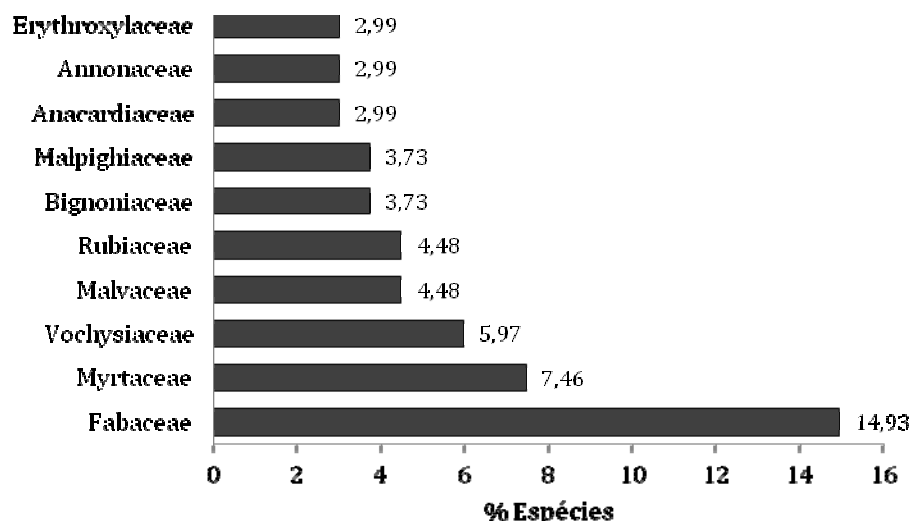


FIGURA 2. Famílias botânicas mais representativas em número de espécies em cinco fitofisionomias de Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG.

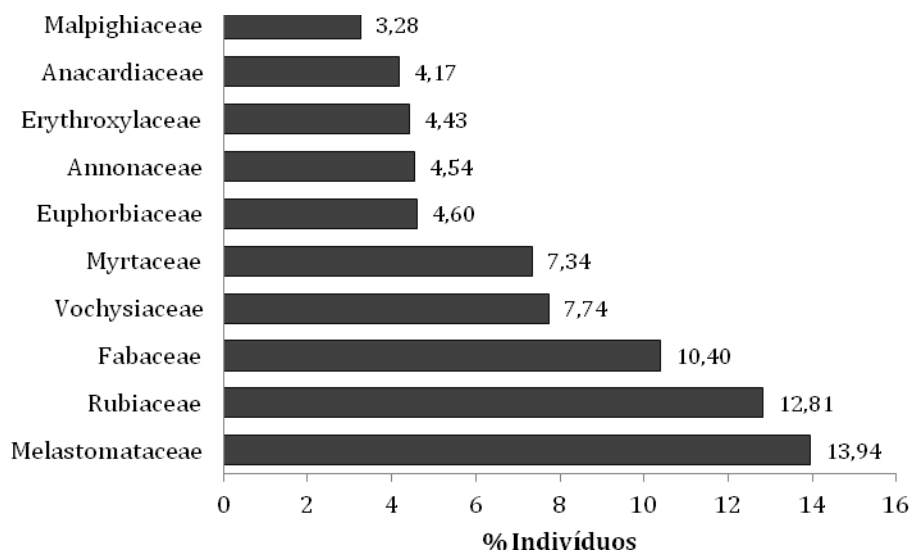


FIGURA 3. Famílias botânicas mais representativas em número de indivíduos em cinco fitofisionomias de Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG.

Embora as espécies características de cerrado *sensu stricto* tenham apresentado maior número de indivíduos, o grupo das 15 mais abundantes consistiu de pelo menos uma espécie típica de cada ambiente amostrado (Fig. 4). A distribuição das espécies entre as diferentes fitofisionomias encontra-se na Tabela 1.

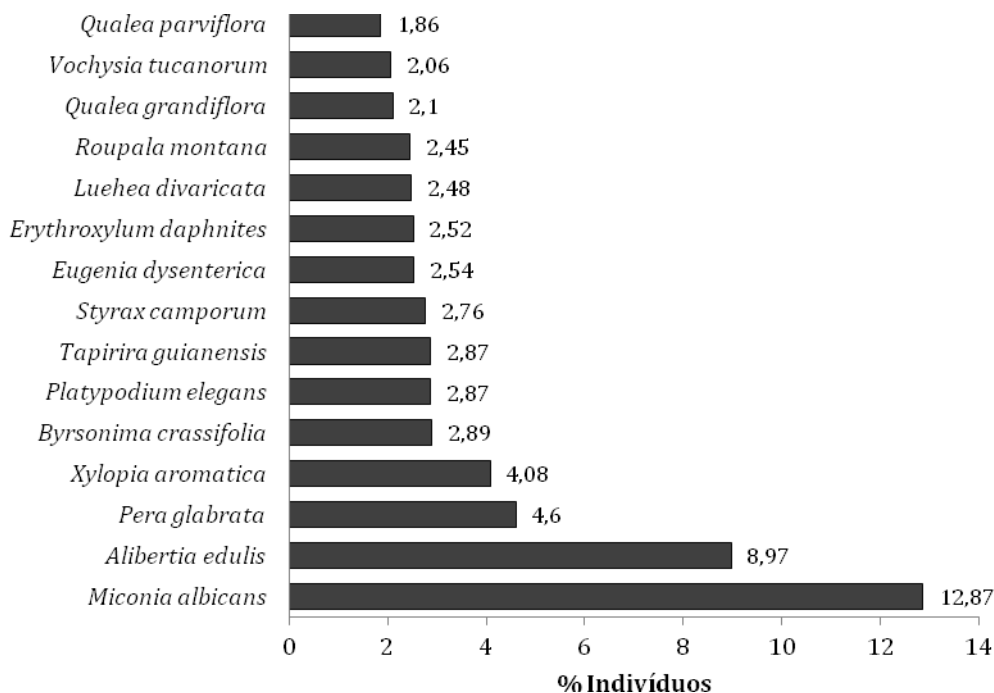


FIGURA 4. Espécies mais representativas em número de indivíduos em cinco fitofisionomias de Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG.

TABELA 1. Famílias e espécies vegetais encontradas em cinco fitofisionomias de Cerrado na FLONA de Paraopeba, MG. Css Cxb – Cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo Amarelo; Css LA – Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Amarelo; Css LVA – Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo; CD – Cerradão Distrófico; CM – Cerradão Mesotrófico.

FAMÍLIA / Espécie	Css Cxb	Css LA	Css LVA	CD	CM
ANACARDIACEAE					
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.			X	X	X
<i>Lithrea molleoides</i> (Vell.) Engl.			X		X
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão					X
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	X	X	X		X
ANNONACEAE					
<i>Annona coriacea</i> Mart.				X	
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	X	X	X	X	
<i>Rollinia</i> sp.			X		
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	X	X	X	X	
APOCYNACEAE					
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A. DC.					X
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.			X	X	X

Tab. 1, Continuação

FAMÍLIA / Espécie	Css Cxb	Css LA	Css LVA	CD	CM
ARALIACEAE					
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin	X	X			
ARECACEAE					
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.				X	X
ASTERACEAE					
<i>Baccharis platypoda</i> DC.	X	X			
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	X	X	X		
<i>Vernonia rubriramea</i> Mart. ex DC.			X		
BIGNONIACEAE					
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.				X	X
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	X		X	X	X
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith					X
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson			X		
<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) L.B. Sm. & Sandwith	X	X	X	X	X
BURSERACEAE					
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand			X		X
CALOPHYLLACEAE					
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	X	X	X		X
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	X	X			
CARYOCARACEAE					
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.		X	X	X	
CELASTRACEAE					
<i>Tontelea micrantha</i> (Mart. ex Schult.) A.C. Sm.				X	
CHRYSOBALANACEAE					
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f.			X	X	X
COMBRETACEAE					
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	X		X		X
CONNARACEAE					
<i>Connarus suberosus</i> Planch.					X
<i>Rourea induta</i> Planch.			X		
DILLENIACEAE					
<i>Curatella americana</i> L.	X	X	X		
<i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil.		X			
<i>Davilla rugosa</i> Poir.		X			
EBENACEAE					
<i>Diospyros hispida</i> A. DC.				X	
<i>Diospyros sericea</i> A. DC.		X			
ERYTHROXYLACEAE					
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	X	X	X	X	X
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	X	X			
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	X	X	X	X	X
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	X	X	X		
EUPHORBIACEAE					
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	X	X	X		X

Tab. 1, Continuação

FAMÍLIA / Espécie	Css Cxb	Css LA	Css LVA	CD	CM
FABACEAE					
<i>Acacia polyphylla</i> DC.			X	X	X
<i>Bauhinia</i> sp.		X		X	
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	X	X	X	X	X
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.			X		X
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.				X	X
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	X	X	X		X
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne		X	X	X	X
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	X	X	X	X	X
<i>Machaerium</i> cf. <i>scleroxylon</i> Tul.					X
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	X	X	X	X	X
<i>Machaerium</i> sp.					X
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel					X
<i>Machaerium villosum</i> Vogel					X
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.					X
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	X	X	X	X	X
<i>Platypodium elegans</i> Vogel			X	X	X
<i>Sclerolobium aureum</i> (Tul.) Baill.	X	X	X		X
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel		X			
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S. Irwin & Barneby				X	
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	X	X		X	
INDETERMINADA					
Indet R1127				X	
Indet R1147				X	
Indet R686			X		X
LACISTEMATACEAE					
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat				X	
LAMIACEAE					
<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	X				
<i>Hyptis cana</i> Pohl ex Benth.	X	X	X	X	
LAURACEAE					
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr.					X
<i>Ocotea</i> sp.			X	X	X
LYTHRACEAE					
<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	X		X		
MALPIGHIACEAE					
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	X	X	X		
<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	X		X		
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	X	X	X	X	
<i>Byrsonima</i> sp.	X				
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	X				
MALVACEAE					
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna					X
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.					X
<i>Luehea divaricata</i> Mart.					X

Tab. 1, Continuação

FAMÍLIA / Espécie	Css Cxb	Css LA	Css LVA	CD	CM
<i>Pavonia</i> sp.				X	
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns					X
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) Robyns					X
MELASTOMATACEAE					
<i>Leandra</i> sp.	X	X	X		
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	X	X	X	X	
<i>Tibouchina</i> sp.	X	X			
MELIACEAE					
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.				X	
<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.					X
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	X	X			X
MORACEAE					
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul			X	X	X
<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth			X		
MYRTACEAE					
<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O. Berg			X	X	X
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	X	X	X		X
<i>Myrcia formosiana</i> DC.	X	X		X	
<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	X	X	X	X	X
<i>Myrcia</i> sp.			X		X
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.		X	X	X	X
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	X	X	X		X
Myrtaceae sp.1				X	
Myrtaceae sp.2					X
<i>Psidium pohlianum</i> O. Berg			X		
NYCTAGINACEAE					
<i>Guapira ferruginea</i> (Klotzsch ex Choisy) Lundell				X	
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell		X	X	X	
<i>Neea theifera</i> Oerst.	X			X	
Nyctaginaceae sp.1		X			
OCHNACEAE					
<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	X	X	X	X	X
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	X	X		X	
OPILIACEAE					
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook. f.				X	
PRIMULACEAE					
<i>Cybianthus detergens</i> Mart.				X	
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze		X	X		X
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.		X			
PROTEACEAE					
<i>Roupala montana</i> Aubl.	X	X	X	X	X
RHAMNACEAE					
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek					X

Tab. 1, Continuação

FAMÍLIA / Espécie	Css Cxb	Css LA	Css LVA	CD	CM
RUBIACEAE					
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	X	X	X	X	X
<i>Coussarea cornifolia</i> (Benth.) Benth. & Hook. f.			X	X	
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.					X
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	X	X			
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	X	X	X	X	X
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	X	X			
RUTACEAE					
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.			X		
SALICACEAE					
<i>Casearia rupestris</i> Eichler					X
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.		X	X	X	X
SAPINDACEAE					
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.					X
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.					X
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.					X
SAPOTACEAE					
<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. & Miq.) Baehni					X
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.				X	
SIPARUNACEAE					
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.		X	X	X	
STYRACACEAE					
<i>Styrax camporum</i> Pohl	X	X	X	X	X
SYMPLOCACEAE					
<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	X	X	X		X
VOCHYSIACEAE					
<i>Callisthene major</i> Mart.			X	X	X
<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.			X	X	X
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	X	X	X	X	X
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	X	X		X	X
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	X	X	X		X
<i>Salvertia convallariodora</i> A. St.-Hil.	X	X			
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	X				
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.		X	X		
	55	61	68	60	73

No cerrado *sensu stricto* sobre Cxb foram amostrados 998 indivíduos, distribuídos em 24 famílias e 55 espécies. As cinco espécies de maior VI são *Miconia albicans*, *Pera glabrata*, *Eugenia dysenterica*, *Qualea grandiflora* e *Byrsonima crassifolia* que, juntas, respondem por 60,8% do número de indivíduos (Apêndice I, Tab. 2). Essa fitofisionomia

apresentou quatro espécies exclusivas: *Bysonima verbascifolia*, *Vochysia thyrsoidea*, *Byrsonima* sp. e *Aegiphila lhotskyana*.

A amostragem no cerrado *sensu stricto* sobre LA apresentou 864 indivíduos, distribuídos em 27 famílias e 61 espécies. *Pera glabrata*, *Miconia albicans*, *Tapirira guianensis*, *Salvertia convallariodora* e *Symplocos nitens* são as espécies de maior VI nessa fitofisionomia, somando 43,8% do total de indivíduos (Apêndice I, Tab. 3). *Myrsine umbellata*, Nyctaginaceae sp.1 e *Davilla rugosa* são algumas das seis espécies com distribuição restrita a este ambiente.

O cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo apresentou 1351 indivíduos, distribuídos em 33 famílias (além do grupo “Indeterminada”) e 68 espécies. É uma fitofisionomia de cerrado *sensu stricto* mais adensada que as demais, e contém tanto espécies com traços savânicos quanto espécies de formações florestadas. As cinco espécies de maior VI nessa fitofisionomia são *Platypodium elegans*, *Vochysia tucanorum*, *Alibertia edulis*, *Xylopia aromatica* e *Roupala montana*, que somam 37,1% do número de indivíduos amostrados (Apêndice I, Tab. 4). Sete espécies apresentaram ocorrência exclusiva a esta fitofisionomia, dentre elas *Tabebuia serratifolia*, *Zanthoxylum riedelianum* e *Rourea induta*.

No cerradão distrófico sobre LV foram amostrados 662 indivíduos, distribuídos em 31 famílias (além do grupo “Indeterminada”) e 60 espécies. Considerando-se o VI, *Bowdichia virgilioides*, *Xylopia aromatica*, *Styrax camporum*, *Miconia albicans* e *Coussarea cornifolia* são as cinco principais espécies, perfazendo 51,7% do número de indivíduos (Apêndice I, Tab. 5). Quatorze espécies se mostraram exclusivas a este ambiente, dentre elas *Cabralea canjerana*, *Diospyros hispida* e *Cybianthus detergens*.

A amostra no cerradão mesotrófico sobre LV registrou 973 indivíduos, distribuídos em 28 famílias (além do grupo “Indeterminada”) e 73 espécies. *Alibertia edulis*, *Luehea divaricata*, *Magonia pubescens*, *Myracrodruon urundeuva* e *Dilodendron bipinnatum* são as cinco espécies de maior VI e, juntas, correspondem a 55,1% do número de indivíduos (Apêndice I, Tab. 6). Dentre estas, quatro apresentam ocorrência exclusiva nesta fisionomia (*L. divaricata*, *M. pubescens*, *M. urundeuva* e *D. bipinnatum*). Outras 18 espécies apresentaram distribuição restrita ao cerradão mesotrófico, dentre elas *Tabebuia roseoalba*, *Casearia rupestris* e *Rhamnidium elaeocarpum*.

Alibertia edulis, *Bowdichia virgilioides*, *Erythroxylum daphnites*, *Erythroxylum suberosum*, *Leptolobium dasycarpum*, *Machaerium opacum*, *Myrcia lingua*, *Ouratea castaneifolia*, *Plathymenia reticulata*, *Qualea grandiflora*, *Roupala montana*, *Rudgea viburnoides*, *Styrax camporum* e *Zeyheria digitalis* (14 espécies, 10,44% do total) foram

compartilhadas entre todos os ambientes. Outros 10.44% tiveram ocorrência em apenas duas ou três formações de cerrado *sensu stricto*: *Baccharis platypoda*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Byrsonima crassa*, *Curatella americana*, *Erythroxylum deciduum*, *Erythroxylum tortuosum*, *Kielmeyera rubriflora*, *Leandra* sp., *Palicourea rigida*, *Piptocarpha rotundifolia*, *Salvertia convallariodora*, *Schefflera macrocarpa*, *Tibouchina* sp. e *Tocoyena formosa*. Três espécies, *Cybistax antisyphilitica*, *Dalbergia miscolobium* e *Syagrus flexuosa* foram compartilhadas apenas entre as formações florestais. O baixo número de espécies compartilhadas entre todas as fitofisionomias, o relativo alto número de espécies restritas às formações savânicas e o alto número de espécies exclusivas ao cerradão mesotrófico sugerem o efeito de um gradiente ambiental, que se iniciaria do cerrado *sensu stricto* sobre Cxb e iria até o cerradão mesotrófico.

Os autovalores encontrados na análise de componentes principais (14.84 para o primeiro eixo, 2.57 para o segundo e 1.61 para o terceiro) mostram a força do gradiente analisado. A ordenação das parcelas em função da presença e ausência de espécies evidencia como esse gradiente influencia a composição da vegetação. Há, portanto, uma alta substituição de espécies entre os extremos das fitofisionomias (Fig. 5). O eixo 1 discrimina os cerradões do cerrado *sensu stricto* sobre LVA, enquanto o eixo 2 separa os cerradões do cerrado *sensu stricto* sobre Cxb. A separação entre os cerradões acontece apenas quando visualizado o efeito do eixo 3 (Fig. 5).

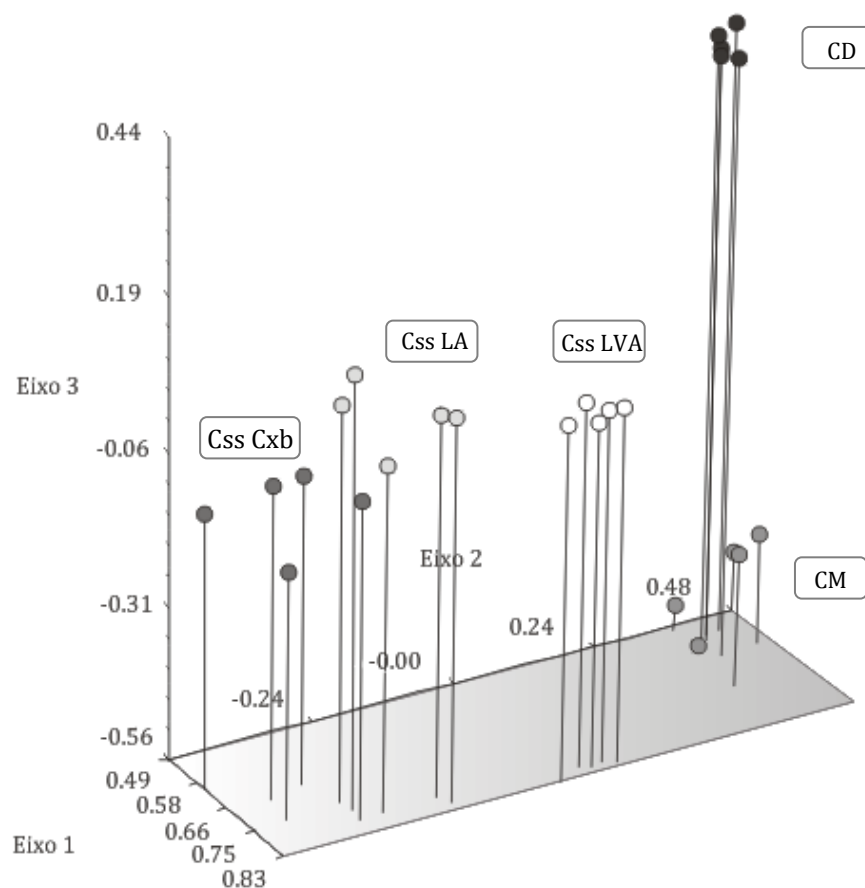


FIGURA 5. Diagrama de ordenação das parcelas (Análise de Componentes Principais, PCA) de cinco fitofisionomias de Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG (Cxb = Cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo Amarelo; LA = Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Amarelo; LVA = Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo; CD = Cerradão Distrófico sobre Latossolo Vermelho; CM = Cerradão Mesotrófico sobre Latossolo Vermelho).

O dendrograma de similaridade de Sorensen mostra que os primeiros agrupamentos acontecem entre unidades amostrais de uma mesma fitofisionomia, para então serem compostos grupos maiores. As fitofisionomias savânicas (cerrado *sensu stricto* sobre Cxb, sobre LA e sobre LVA) constituem o maior grupo, com similaridade de 0.54 (Fig. 6A). As parcelas do cerradão mesotrófico se unem ao grupo das formações savânicas com a similaridade de 0.34 (Fig. 6B). O cerradão distrófico apresenta-se como o grupo mais externo, unindo-se aos outros com similaridade de 0.33 e é, portanto, o menos similar aos demais (Fig. 6C).

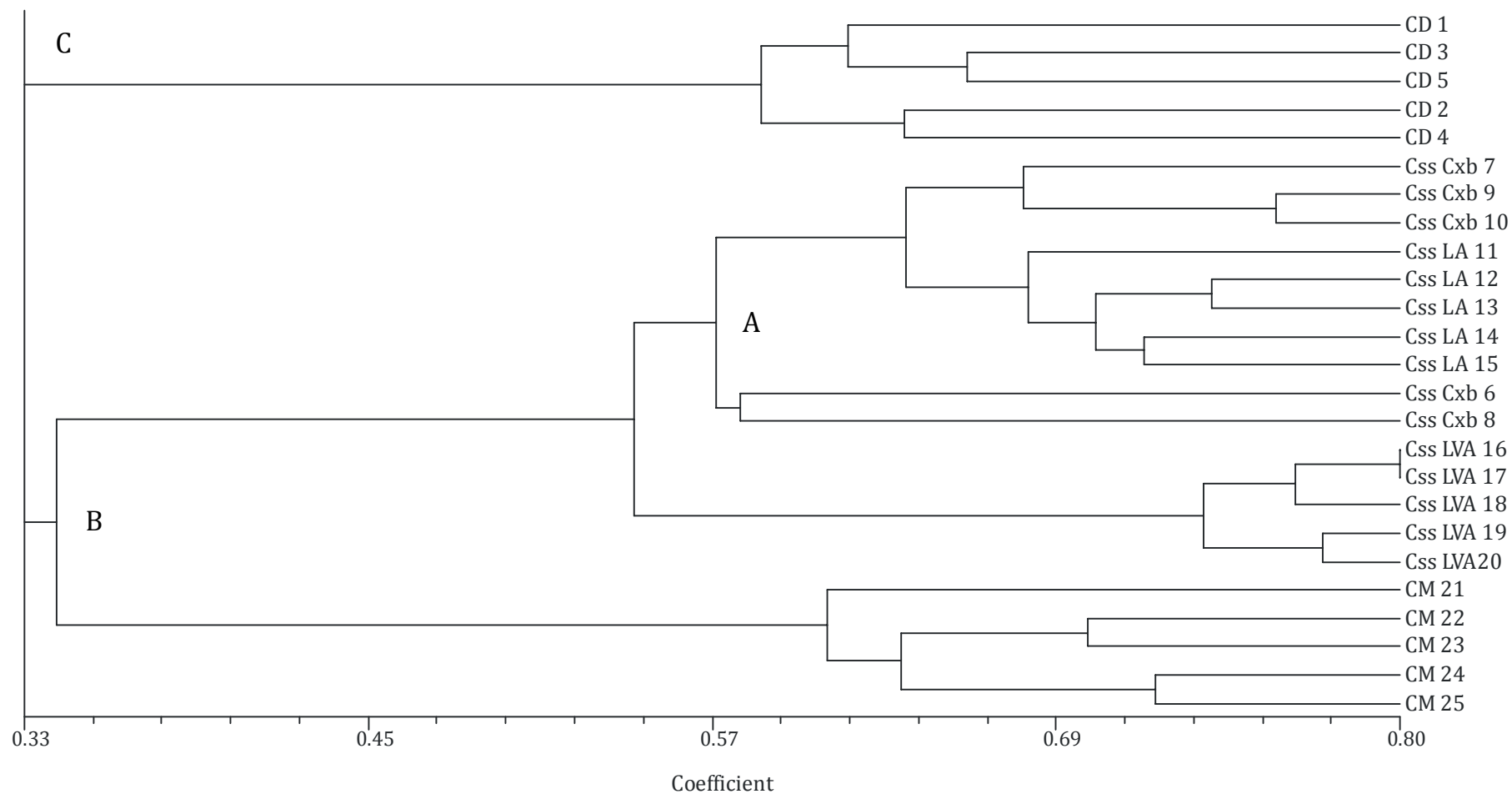


FIGURA 6. Dendrograma de similaridade de Sorensen entre as parcelas de cinco fitofisionomias de Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG (Css Cxb = Cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo Amarelo; Css LA = Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Amarelo; Css LVA = Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo; CD = Cerradão Distrófico sobre Latossolo Vermelho; CM = Cerradão Mesotrófico sobre Latossolo Vermelho).

3.2. Variáveis ambientais

A análise de variância das variáveis ambientais rejeita a hipótese de que as diferenças observadas entre os diferentes tipos de solo em fitofisionomias distintas sejam devidas ao acaso. As variáveis Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K, N e matéria orgânica (MO) se apresentaram em quantidade significativamente diferente entre as áreas ($p < 0.001$). Como exceção, apenas o Fe não apresentou diferenças significativas ($p = 0.569$). A quantidade de luz transmitida total variou significativamente entre os cinco ambientes de Cerrado ($p < 0.001$) (Tab. 7).

A maior quantidade de luz disponível foi encontrada para o cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo, seguido pelo cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Amarelo e pelas fitofisionomias florestais. O cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo, que não diferiu do cerradão distrófico quanto à luminosidade, representa uma condição estrutural intermediária.

As fitofisionomias florestais, CD e CM, apresentaram maiores médias de disponibilidade de P, MO e N. O potássio (K) e o magnésio (Mg^{2+}) apresentaram distribuição em um gradiente diferente dos demais nutrientes. Para ambos, a maior disponibilidade foi encontrada no cerradão mesotrófico, ao mesmo tempo em que o cerradão distrófico apresentou, dentre os cinco ambientes de Cerrado, os menores teores destes minerais. Da mesma forma, a quantidade de Ca^{2+} foi acentuadamente maior no cerradão mesotrófico, enquanto a menor foi encontrada no cerradão distrófico. As fitofisionomias de cerrado *sensu stricto* apresentaram disponibilidade de Ca^{2+} intermediária e sem diferenças estatísticas (Tab. 7).

O cerradão distrófico apresentou a maior média de Al^{3+} , seguido pelas fitofisionomias savânicas e pelo cerradão mesotrófico, cuja disponibilidade do íon Al^{3+} foi zero. Na análise da distribuição deste mineral, todas as fitofisionomias diferiram entre si. (Tab. 7).

TABELA 7. Valores de média e erro padrão para variáveis ambientais de cinco fitofisionomias de Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. Css Cxb = Cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo Amarelo; Css LA = Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Amarelo; Css LVA = Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo; CD = Cerradão Distrófico sobre Latossolo Vermelho; CM = Cerradão Mesotrófico sobre Latossolo Vermelho. H' = índice de diversidade de Shanon; J = equabilidade de Pielou; P = fósforo; K = potássio; Fe = ferro; Ca²⁺ = cálcio; Mg²⁺ = magnésio; Al³⁺ = alumínio; MO = matéria orgânica; N = nitrogênio; Luz = luz transmitida total (* indica valor não significativo, a $p < 0.05$. Em uma mesma coluna, letras iguais indicam ausência de diferença, a 5% de probabilidade).

	H'	J	P	K	Fe	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	MO	N	Luz
			mg.dm ⁻³			cmolc.dm ⁻³			dag.Kg ⁻¹		fótons.m ⁻² .dia ⁻¹
			F = 41,595 $p = 0.000$	F = 32,801 $p = 0.000$	F = 0,750 $p = 0.569^*$	F = 208,538 $p = 0.000$	F = 127,315 $p = 0.000$	F = 189,652 $p = 0.000$	F = 7,550 $p = 0.000$	F = 55.818 $p = 0.000$	F = 43,695 $p = 0.000$
Css Cxb	2.69	0.67	1.04 ± 0.06 c	113.5 ± 13.69 bc	71.3 ± 6.60 a	0.31 ± 0.06 b	0.26 ± 0.02 c	2.37 ± 0.07 c	3.80 ± 0.17 c	0.16 ± 0.004 c	24.51 ± 1.44 a
Css LA	3.25	0.79	1.02 ± 0.02 c	89.4 ± 4.20 b	59.7 ± 2.21 a	0.39 ± 0.04 b	0.13 ± 0.02 d	2.65 ± 0.07 b	4.03 ± 0.14 c	0.16 ± 0.004 c	18.44 ± 1.91 b
Css LVA	3.48	0.82	1.08 ± 0.04 c	101.8 ± 3.23 c	80.3 ± 5.96 a	0.39 ± 0.07 b	0.44 ± 0.04 b	2.05 ± 0.11 d	5.11 ± 0.17 b	0.20 ± 0.006 b	8.31 ± 1.32 c
CD	3.18	0.78	2.04 ± 0.10 b	35 ± 1.50 d	40.4 ± 3.52 a	0.16 ± 0.02 c	0.08 ± 0.004 d	2.97 ± 0.10 a	7.45 ± 0.35 a	0.28 ± 0.009 a	7.73 ± 0.55 c
CM	3.05	0.71	3.18 ± 0.30 a	159.2 ± 9.37 a	30.8 ± 1.72 a	5.95 ± 0.37 a	1.14 ± 0.04 a	0 e	7.65 ± 0.26 a	0.28 ± 0.012 a	4.88 ± 0.37 d

4. DISCUSSÃO

A descrição florística das fisionomias de Cerrado deste estudo é muito semelhante àquelas realizadas por Goodland e Ferri (1979) e Haridasan (1987, 1988). Estes autores reconhecem muitas espécies do cerrado *sensu stricto* como acumuladoras de alumínio. As famílias Melastomataceae, Rubiaceae e Symplocaceae são citadas por Goodland e Ferri (1979) como algumas entre as 12 famílias mais acumuladoras de alumínio. Além destas, Proteaceae, Euphorbiaceae, Siparunaceae e Vochysiaceae são famílias com representantes acumuladores de alumínio (Chenery e Sporne 1976). Fabaceae, Malpighiaceae, Myrtaceae, Asteraceae e Dilleniaceae constam como famílias cujos representantes no Cerrado são tolerantes ao alumínio, mas sem o comportamento de acumulação (Goodland e Ferri 1979). Estudos anteriores relatam essa estratégia e sugerem o alto grau de especialização dessas espécies às condições ambientais do Cerrado (Goodland e Pollard 1973, Warming e Ferri 1973, Goodland e Ferri 1979, Haridasan et al. 1986).

Melastomataceae aparece como família mais representativa porque uma de suas espécies, *Miconia albicans*, ocorre com grande abundância em quatro das cinco fitofisionomias estudadas. Haridasan et al. (1986) cita essa espécie como acumuladora de alumínio, e seu metabolismo parece depender da alta disponibilidade deste elemento (Haridasan 1988). Apenas o cerradão mesotrófico, onde é ausente a disponibilidade de Al^{3+} , não contém representantes dessa espécie. A afinidade dos representantes da família por ambientes com alta saturação de Al^{3+} é conhecida. Watanabe et al. (2005) citam que *Melastoma malabathricum* possui metabolismo dependente da alta disponibilidade deste elemento.

Alibertia edulis, *Erythroxylum daphnites*, *Qualea grandiflora*, *Roupala montana* e *Styrax camporum* constam entre as mais representativas e são espécies compartilhadas entre todas as fitofisionomias. Sua ampla distribuição ocorre, supostamente, pela grande capacidade adaptativa a ambientes diversos. Os aspectos morfológicos e fenológicos de *Plathymenia reticulata* (Lemos Filho 2008), *Brosimum gaudichaudii* (Ratter et al. 2006) e *Leptolobium dasycarpum* (Bridgewater e Stirton 1997) foram descritos como justificativa da sua grande plasticidade fenotípica, que permite o estabelecimento em ambientes que variam de pobres a férteis, com alta e baixa disponibilidade de alumínio.

Conforme proposto por Goodland e Ferri (1979), as diferenciações fitofisionômicas, a diminuição da biomassa e do número de espécies arbóreas, a rarefação da cobertura das copas e a modificação da composição florística no Cerrado são determinadas pelo xeromorfismo oligotrófico causado pelo alumínio. A variação da disponibilidade de Al^{3+}

entre todas as fitofisionomias confirma a hipótese de que o alumínio provavelmente exerce importante efeito da determinação dos atributos das fisionomias do Cerrado.

No entanto, pela interatividade dos componentes do solo (Rossiello e Netto 2006), é provável que não somente o alumínio seja o responsável pela determinação deste gradiente. Haridasan (1992) considera que a toxidez do Al^{3+} não é um fator que restringe a evolução das fitofisionomias savânicas para as florestais. Assim, o presente estudo sugere fortemente que outras variáveis edáficas exerçam importante influência sobre a definição do gradiente fitofisionômico no Cerrado.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 7, a quantidade de matéria orgânica é crescente à medida que se avança no sentido cerrado *sensu stricto* sobre Cxb – cerradão mesotrófico. Da mesma maneira, a disponibilidade de nitrogênio no solo é diretamente relacionada à quantidade de biomassa. Assim, o aumento da complexidade estrutural e da biomassa são reflexos da maior fertilidade do solo e, por isso, a quantidade de luz disponível decresce à medida que se avança neste gradiente fitofisionômico.

Conforme Haridasan (1992), as comunidades vegetais de solos mais pobres, como aquelas do cerrado *sensu stricto* e cerradão distrófico, apresentam concentração foliar de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K menor que aquelas em solos mesotróficos. De fato, os resultados da Tabela 7 demonstram que as comunidades do cerrado *sensu stricto* estão sujeitas a um baixo status nutricional, enquanto a comunidade vegetal do cerradão mesotrófico está condicionada a maiores teores destes nutrientes no solo. As propriedades químicas dos solos do cerradão distrófico e mesotrófico aqui estudados são, em geral, muito distintas entre si, apresentando como única semelhança os teores de Fe, N e matéria orgânica. Neri (2007) demonstrou a importância da disponibilidade de P como um fator que controla a existência de diferentes fitofisionomias no Cerrado de Paraopeba. Conforme Machado (1997), a concentração de ânions fosfato na solução do solo pode influenciar decisivamente a solubilidade e o deslocamento do Al^{3+} , constituindo complexos que imobilizam o alumínio trocável e dificultam sua absorção pelas plantas.

Assim como no estudo de Araújo e Haridasan (1988), o cerradão distrófico diferiu do cerradão mesotrófico apresentando menor disponibilidade de P, Ca^{2+} , K e Mg^{2+} . Por outro lado, apresentou o maior teor de Al^{3+} dentre todas as fitofisionomias. No cerradão mesotrófico, a indisponibilidade de Al^{3+} pode ser explicada pelo elevado teor de Ca^{2+} , que eleva o pH e diminui a disponibilidade do alumínio trocável na solução do solo (Ramírez-Rodriguez et al. 2005, Schulze et al. 2005). No cerradão distrófico, é provável que a manutenção de uma grande biomassa mesmo sob condição de altos teores de Al^{3+} seja

decorrente da alta disponibilidade de matéria orgânica e nitrogênio. Em condições de alta saturação de Al^{3+} , este íon, que tem eletronegatividade 500 vezes maior que os demais cátions (Kochian et al. 2005), desloca os nutrientes e se liga à matéria orgânica, o que resulta na inviabilidade de sua absorção pelas raízes das plantas (Ramírez-Rodriguez et al. 2005). No entanto, a disponibilização dos nutrientes às plantas depende da participação ativa da matéria orgânica e, pela ausência de sítios de ligação, esses minerais são lixiviados e têm sua quantidade reduzida no solo (Motta et al. 2002). Dessa forma, no cerradão distrófico a matéria orgânica pode desempenhar importante papel na amenização da concentração fitotóxica de Al^{3+} , mas o crescimento de suas plantas, que implica na habilidade de competição pela luz, seria favorecido pela alta disponibilidade de nitrogênio no solo (Tilman 1988).

No Cerrado, a similaridade florística é maior entre locais que apresentam vegetação fisionomicamente semelhante, cuja determinação está intimamente relacionada às propriedades físicas e químicas do solo (Durigan et al. 2003, Durigan 2006). Como proposto por Durigan (2006), há uma alta taxa de substituição de espécies entre os ambientes, uma vez que os cerradões estão associados a solos de maior fertilidade, enquanto o cerrado *sensu stricto* se associa a solos arenosos e muito pobres.

No presente trabalho, as fitofisionomias savânicas constituem o grupo de maior similaridade, como demonstrado pela ordenação das parcelas, pela associação no dendrograma e pelo alto número de espécies compartilhadas apenas entre si. Neste ponto do gradiente fisionômico, as espécies são consideradas tolerantes a um conjunto de estresses ambientais, derivados principalmente da alta saturação por Al^{3+} e do baixo status nutricional (Goodland 1971, Sarmiento et al. 1985, Haridasan 1987). O outro extremo do gradiente ambiental corresponde ao cerradão distrófico e ao cerradão mesotrófico, ambas fitofisionomias florestais. No entanto, estes dois ambientes são separados pela análise de ordenação e similaridade. Vinte e duas espécies exclusivas ao cerradão mesotrófico – maior número de espécies com distribuição restrita – indicam a singularidade deste ambiente, como encontrado por Campos et al. (2006). Este local representa uma condição ambiental de menor extensão, onde, conforme Tilman (1988), Loreau (1998) e Grime (2001), seriam bem-sucedidas as espécies que melhor competem pelo aproveitamento da alta quantidade de recursos nutricionais. O cerradão distrófico é separado das demais fitofisionomias e compõe o grupo menos similar aos demais porque é florística e estruturalmente diferente do cerrado *sensu stricto* e, embora represente um ambiente estruturalmente semelhante ao cerradão mesotrófico, é floristicamente distinto pela exclusão da maioria das espécies

calcícolas. A quantidade de matéria orgânica no cerradão distrófico seria eficiente para anular a fitotoxicidade do Al^{3+} e fazê-lo, neste sentido, semelhante ao cerradão mesotrófico, mas não seria suficiente para compensar a fertilidade do solo e abrigar espécies calcícolas.

A ocorrência das fitofisionomias de Cerrado se dá em uma grande variedade de solos, onde é verificada a expressão de padrões florísticos diferenciados (Felfili e Silva Júnior 2005). O número de espécies variou de 55, no cerrado *sensu stricto* sobre Cxb, a 73, no cerradão mesotrófico. O maior índice de diversidade ($H' = 3.48$) e a equabilidade ($J = 0.82$) do cerrado *sensu stricto* sobre LVA refletem uma condição ambiental favorável ao estabelecimento de espécies distintas. Essa grande riqueza pode estar relacionada à diversidade estrutural desta fisionomia, que representa um ponto de transição entre as formações savânicas e florestais do Cerrado (Neri 2007). A heterogeneidade ambiental dessa área de transição pode ser explicada pela combinação de condições dos dois extremos do gradiente ambiental, que proporciona a coexistência de espécies originadas de ambas as áreas.

Conforme Goodland e Pollard (1973) e Sarmiento et al. (1985), a força dos estresses ambientais favorece somente espécies com mecanismos de resistência muito especializados. No cerradão mesotrófico, a diversidade pode ser reduzida em função da dominância de espécies calcícolas indicadoras de solos férteis, como *Magonia pubescens* (Furley e Ratter 1988, Ratter et al. 2006). A menor equabilidade do cerrado *sensu stricto* pode ser atribuída à grande representatividade de *Miconia albicans*, que responde por 37.48% dos indivíduos, e ao grande número de espécies representadas por poucos indivíduos.

Assim, as variações florísticas se devem, principalmente, às características de solo, como demonstrado por Felfili e Silva Júnior (2005) para diferentes regiões de Cerrado do Brasil Central. Para o Cerrado de Paraopeba, o Al^{3+} , Ca^{2+} , matéria orgânica e nitrogênio podem ser indicados como os principais atributos do solo que determinam o gradiente fitofisionômico. A ocorrência de espécies tolerantes ao Al^{3+} se dá em áreas de alta disponibilidade deste elemento e menor fertilidade, enquanto espécies que sofrem o seu efeito tóxico prevalecem em locais de baixa ou nenhuma quantidade de Al^{3+} e de alta concentração de Ca^{2+} , matéria orgânica e nitrogênio.

5. CONCLUSÕES

A ordenação das parcelas e a análise de similaridade demonstraram que unidades amostrais de uma mesma fitofisionomia são mais próximas entre si. As formações savânicas de Cerrado são florística e estruturalmente semelhantes, e constituem um grupo mais próximo do cerradão mesotrófico e mais distante do cerradão distrófico.

O solo do cerradão distrófico possui atributos que condicionam as espécies a condições ambientais peculiares. Assim como as espécies dos cerrados *sensu stricto*, as plantas deste ambiente parecem estar adaptadas ao estresse da alta disponibilidade de Al^{3+} , mas o crescimento e maior habilidade de competição por luz no cerradão distrófico são favorecidos pela alta disponibilidade de nitrogênio.

O gradiente de fertilidade implica em maior número de espécies no cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo, com complexidade estrutural intermediária, e no cerradão mesotrófico, extremo de maior fertilidade e complexidade estrutural. A equabilidade foi reduzida nos dois extremos do gradiente, em função da alta dominância de *Miconia albicans* no cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo e de espécies calcícolas no cerradão mesotrófico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.P.G. [= Angiosperm Phylogeny Group] III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linnean Soc.* 161: 105-121.
- ANDERSON, M. C. 1964. Studies of the woodland light climate: I. The photographic computation of light conditions. *The Journal of Ecology*, v.52, n.1, p.27-41.
- ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. 1988. A comparison of the nutritional status of two forest communities on mesotrophic and dystrophic soils in Central Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1075-1089.
- BIERAS, A. C.; SAJO, M. G. 2008. Leaf structure of the Cerrado (Brazilian savanna) woody plants. *Trees*, v.23, n.3, p.451-471.
- BRESHEARS, D. D.; LUDWIG, J. A. 2010. Near-ground solar radiation along the grassland-forest continuum: Tall-tree canopy architecture imposes only muted trends and heterogeneity. *Austral Ecology*, v.35, p.31-40.
- BRIDGEWATER, S. G. M.; STIRTON, C. H. 1997. A morphological and biogeographic study of the *Acosmium dasycarpum* complex (Leguminosae: Papilionoideae, Sophoreae). *Kew Bulletin*, v.52, n.2, p.471-475.
- CAMPOS, E. P.; DUARTE, T. G.; NERI, A. V.; SILVA, A. F.; MEIRA-NETO, J. A. A.; VALENTE, G. E. 2006. Composição florística de um trecho de cerradão e cerrado e sua relação com o solo na Floresta Nacional (FLONA) de Paraopeba, MG, Brasil. *Revista Árvore*, v.30, n.3, p.471-479.
- CHENERY, E. M.; SPORNE, K. R. 1976. A note on the evolutionary status of aluminium-accumulators among Dicotyledons. *New Phytologist*, v.76, p.551-554.
- CIENTEC. *Mata Nativa 2: Manual do Usuário*. CIENTEC, Viçosa, 2006. 295p.
- COUTINHO, L. M. 1978. O conceito de Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, v.1, p.17-23.
- DURIGAN, G. 2006. Observations on the Southern Cerrados and their Relationship with the Core Area. p.59-69. In: PENNINGTON, R. T.; RATTER, J. A.; LEWIS, G. P. (Eds.). *Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation*. The Systematics Association Special volume Series 69, CRC Press – Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, 504p.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; SIQUEIRA, M. F.; FRANCO, G. A. D. C. 2003. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. *Hoehnea*, v.30, n.1, p.39-51.
- EITEN, G. 1972. The Cerrado Vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, v.38, n.2, p.201-341.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análises de solo*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, 2ª ed. 1997.

- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, 2ª ed. 2006, 306p.
- FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu strictu*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. p.141-154. In: SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C. (Eds.). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 439p.
- FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. *Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, user's manual and program documentation*. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, 1999. 36p.
- FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. 1988. Soil resources and plant communities of the Central Brazilian Cerrado and their development. *Journal of Biogeography*, v.15, p.97-108.
- GOODLAND, R. 1971. A physiognomic analysis of the Cerrado vegetation of Central Brazil. *The Journal of Ecology*, v.59, n.2, p.411-419.
- GOODLAND, R.; FERRI, M. G. *Ecologia do Cerrado*. São Paulo : Editora Itatiaia, 1979, 193p.
- GOODLAND, R.; POLLARD, R. 1973. The Brazilian Cerrado vegetation: a fertility gradient. *The Journal of Ecology*, v.61, n.1, p.219-224.
- GRIME, J. P. *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. Chichester: John Wiley & Sons, 2nd ed., 2001. 417p.
- HARIDASAN M. 2000. Nutrição mineral das plantas nativas do Cerrado: grupos funcionais. p.159-164. In: CAVALCANTI, T. B.; WALTER, B. M. T. (eds.). *Tópicos Atuais em Botânica*. SBB - EMBRAPA CENARGEN, Brasília. 400p.
- HARIDASAN, M. 1987. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the cerrado region of central Brazil. p.309-348. In: SAN JOS, J.J. MONTES, R. (eds.). *La Capacidad Bioproductiva de Sabanas*. I.V.I.C., Caracas, Venezuela, 545p.
- HARIDASAN, M. 1988. Performance of *Miconia albicans* (SW.) Triana, an aluminum-accumulating species, in acidic and calcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1091-1103.
- HARIDASAN, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentrations, and floristic composition of cerrado and cerradão communities in central Brazil. p.171-184. In: PROCTOR, J.; RATTER, J. A.; FURLEY, P. A. (eds.). *The Nature and Dynamics of forest-savanna boundaries*. Chapman & Hall, London, 616p.
- HARIDASAN, M. 2005. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. p.167-178. In: SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C. (Eds.). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 439p.
- HARIDASAN, M. 2008. Nutritional adaptations of native plants of the Cerrado biome in acid soils. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.20, n.3, p.183-195.

- HARIDASAN, M.; PAVIANI, T. I.; SCHIAVINI, I. 1986. Localization of aluminium in the leaves of some aluminium-accumulating species. *Plant and Soil*, v.94, p.435-437.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2011. (<http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=tmed>, <http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=prec>, acesso em 05/02/2011).
- JANSEN, S.; BROADLEY, M. R.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. 2002. Aluminum hyperaccumulation in Angiosperms: a review of its phylogenetic significance. *The Botanical Review*, v.68, n.2, p.235-269.
- JONCKHEERE, I., FLECK, S., NACKAERTS, K., MUYS, B., COPPIN, P., WEISS, M.; BARET, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.121, p.19-35.
- KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M. A.; HOEKENGA, O. A. 2005. The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity. *Plant and Soil*, v.274, p.175-195.
- LEMOES-FILHO, J. P.; GOULART, M. F.; LOVATO, M. B. 2008. Populational approach in ecophysiological studies: the case of *Plathymenia reticulata*, a tree from Cerrado and Atlantic Forest. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.20, n.3, p.205-216.
- LOREAU, M. 1998. Ecosystem development explained by competition within and between material cycles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 265, p.33-38.
- MACHADO, P. L. O. A. *Considerações gerais sobre a toxicidade de alumínio nas plantas*. Série Documentos, 2. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. 22 p.
- MOTTA, P. E. F.; CURTI, N.; FRANZMEIER, D. P. 2002. Relation of soils and geomorphic surfaces in the Brazilian Cerrado. p.13-32. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil : Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, 367p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; H. ELLENBERG. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley, New York, 1974. 547p.
- NERI, A. V. *Gradiente pedológico-vegetacional de Cerrado em Paraopeba, MG*. 2007. 141p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- NEWTON, A. C. *Forest Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford University Press, Oxford, 2007. 454p.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; G. J. SHEPHERD, F. R. MARTINS; W. H. STUBBLEBY. 1989. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of Cerrado in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, v.5, p.413-431.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. p.91-120. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, 367p.

- RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, V.; LÓPEZ-BUCIO, J. HERRERA-ESTRELLA, L. 2005. Adaptative responses in plants to nonoptimal soil pH. p.145-170. In: JENKS, M. A.; HASEGAWA, P. M. (Eds.). *Plant abiotic stress*. Blackwell Publishing, 270p.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. 2006. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados. p.31-58. In: PENNINGTON, R. T.; RATTER, J. A.; LEWIS, G. P. (Eds.). *Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation*. The Systematics Association Special volume Series 69, CRC Press – Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, 504p.
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; MARTINS, E. S. 2008. Os solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. p.107-149. In: SANO, M. S.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.) *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 406p.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. p.151-212. In: SANO, M. S.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.) *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 406p.
- ROHLF, F. J. 2009. *NTSYSpc: numerical taxonomy system*. ver. 2.21L. Exeter Software: Setauket: New York.
- ROSSIELLO, R. O. P.; NETTO, J. J. 2006. Toxidez de alumínio em plantas: novos enfoques para um velho problema. p.375-418. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo : Viçosa, MG, Brasil, 432p.
- SARMIENTO, G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. 1985. Adaptive strategies of woody species in Neotropical Savannas. *Biological Reviews*, v.60, p.315-355.
- SCHULZE, E. D.; BECK, E.; MÜLLER-HOHENSTEIN. 2005. Aluminium. p.195-206. In: SCHULZE, E. D.; BECK, E.; MÜLLER-HOHENSTEIN. *Plant Ecology*. Springer Berlin, Heidelberg, 2005, 702p.
- SILVA-JÚNIOR, M. C. *Composição florística, estrutura e parâmetros fitossociológicos do cerrado e sua relação com solo na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba, MG*. 1984. 130p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.
- ter BRAAK, C. J. F.; PRENTICE, C. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, v.18, p.271-317.
- THIBAU, C. E. et al. 1975. Inventário preliminar expedido na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba em Minas Gerais. *Brasil Florestal*, v.6, p.34-71.
- TILMAN, D. *Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities*. Monographs in Population Biology, Princeton University Press, 1988. 360p.
- WARMING, E.; FERRI, M. G. *Lagoa Santa e a Vegetação de Cerrados Brasileiros*. São Paulo : Editora Itatiaia, 1973, 362p.

WATANABE, T.; JANSEN, S.; OSAKI, M. 2005. The beneficial effect of aluminium and the role of citrate in Al accumulation in *Melastoma malabathricum*. *New Phytologist*, v.165, p.773-780.

ZAR, J. H. *Biostatistical analysis*. 3^a ed. New Jersey : Prentice-Hall, 1996. 662p.

APÊNDICE I

TABELA 2. Parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas no Cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo Amarelo da FLONA de Paraopeba, MG (Ni = número de indivíduos; AB = área basal (m²); DA = densidade absoluta (ind.ha⁻¹); FA = frequência absoluta; DoA = dominância absoluta (m².ha⁻¹); VC = valor de cobertura; VI = valor de importância).

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	374	0,7608	1870	100	3,804	52,93	56,264
Euphorbiaceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	78	0,4133	390	100	2,067	16,211	19,545
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	65	0,4604	325	100	2,302	15,866	19,199
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	27	0,3745	135	100	1,873	10,314	13,647
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	63	0,1702	315	100	0,851	9,77	13,103
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	31	0,3126	155	100	1,563	9,456	12,79
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	26	0,2348	130	100	1,174	7,374	10,708
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	38	0,169	190	100	0,845	7,24	10,573
Melastomataceae	<i>Tibouchina</i> sp.	29	0,1797	145	80	0,898	6,556	9,222
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	35	0,1131	175	100	0,566	5,805	9,138
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	24	0,1594	120	100	0,797	5,643	8,976
Vochysiaceae	<i>Salvertia convallariodora</i> A. St.-Hil.	6	0,3036	30	40	1,518	6,768	8,101
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	13	0,1431	65	100	0,716	4,21	7,543
Fabaceae	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	17	0,1754	85	40	0,877	5,266	6,599
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	15	0,0852	75	100	0,426	3,234	6,568
Rubiaceae	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	18	0,0739	90	80	0,369	3,305	5,971
Bignoniaceae	<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) L.B. Sm. & Sandwith	13	0,0492	65	100	0,246	2,302	5,636
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	9	0,0656	45	80	0,328	2,235	4,901
Myrtaceae	<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	10	0,0447	50	80	0,223	1,909	4,576
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	12	0,0613	60	60	0,307	2,449	4,449
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	6	0,0421	30	80	0,21	1,456	4,123
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	5	0,0664	25	60	0,332	1,85	3,85
Araliaceae	<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin	8	0,0347	40	60	0,173	1,506	3,506

Tab. 2, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	5	0,0486	25	60	0,243	1,487	3,487
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	7	0,035	35	60	0,175	1,413	3,413
Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	6	0,0262	30	60	0,131	1,134	3,134
Malpighiaceae	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	3	0,0211	15	60	0,106	0,73	2,73
Fabaceae	<i>Sclerolobium aureum</i> (Tul.) Baill.	2	0,0399	10	40	0,2	1,011	2,344
Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	4	0,0254	20	40	0,127	0,918	2,251
Melastomataceae	<i>Leandra</i> sp.	5	0,0169	25	40	0,085	0,845	2,179
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	2	0,0308	10	40	0,154	0,825	2,159
Lamiaceae	<i>Hyptis cana</i> Pohl ex Benth.	4	0,0145	20	40	0,073	0,695	2,029
Bignoniaceae	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	3	0,0188	15	40	0,094	0,682	2,015
Asteraceae	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	3	0,0186	15	40	0,093	0,678	2,011
Fabaceae	<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	4	0,0111	20	40	0,056	0,627	1,96
Styracaceae	<i>Styrax camporum</i> Pohl	3	0,0147	15	40	0,074	0,6	1,933
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	2	0,0061	10	40	0,031	0,325	1,658
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	2	0,0058	10	40	0,029	0,318	1,651
Asteraceae	<i>Baccharis platypoda</i> DC.	2	0,003	10	40	0,015	0,261	1,595
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	2	0,0121	10	20	0,06	0,445	1,112
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	1	0,0152	5	20	0,076	0,409	1,076
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	1	0,0109	5	20	0,054	0,322	0,988
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	2	0,0062	10	20	0,031	0,326	0,993
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	1	0,01	5	20	0,05	0,304	0,971
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i> Kunth	2	0,0025	10	20	0,013	0,251	0,918
Nyctaginaceae	<i>Neea theifera</i> Oerst.	1	0,006	5	20	0,03	0,222	0,889
Vochysiaceae	<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	1	0,0065	5	20	0,032	0,231	0,898
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	1	0,0044	5	20	0,022	0,189	0,856
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	1	0,0052	5	20	0,026	0,205	0,872
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i> sp.	1	0,004	5	20	0,02	0,182	0,849

Tab. 2, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	1	0,004	5	20	0,02	0,181	0,847
Symplocaceae	<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	1	0,0018	5	20	0,009	0,136	0,803
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	1	0,0022	5	20	0,011	0,144	0,811
Myrtaceae	<i>Myrcia formosiana</i> DC.	1	0,001	5	20	0,005	0,12	0,786
Lamiaceae	<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	1	0,0013	5	20	0,007	0,128	0,794
		998	4,9228	4990	3000	24,614	200	300

TABELA 3. Parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas no Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Amarelo da FLONA de Paraopeba, MG (Ni = número de indivíduos; AB = área basal (m²); DA = densidade absoluta (ind.ha⁻¹); FA = frequência absoluta; DoA = dominância absoluta (m².ha⁻¹); VC = valor de cobertura; VI = valor de importância).

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Euphorbiaceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	118	0,5637	590	100	2,818	25,256	28,018
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	118	0,2878	590	100	1,439	19,579	22,341
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	79	0,3921	395	100	1,961	17,212	19,975
Vochysiaceae	<i>Salvertia convallariodora</i> A. St.-Hil.	14	0,6641	70	100	3,321	15,285	18,048
Symplocaceae	<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	49	0,2865	245	100	1,432	11,565	14,328
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	61	0,2064	305	100	1,032	11,307	14,069
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	25	0,3263	125	100	1,631	9,607	12,369
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	21	0,226	105	100	1,13	7,08	9,843
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	36	0,1147	180	100	0,574	6,528	9,29
Asteraceae	<i>Baccharis platypoda</i> DC.	44	0,0626	220	100	0,313	6,38	9,143
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	23	0,1233	115	100	0,617	5,199	7,962
Rubiaceae	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	27	0,0943	135	100	0,472	5,066	7,828
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	8	0,187	40	80	0,935	4,774	6,984
Fabaceae	<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	16	0,0611	80	100	0,305	3,109	5,871
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	18	0,0767	90	80	0,384	3,662	5,872
Styracaceae	<i>Styrax camporum</i> Pohl	12	0,0697	60	100	0,349	2,824	5,586
Melastomataceae	<i>Tibouchina</i> sp.	16	0,0884	80	60	0,442	3,671	5,328
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	7	0,0824	35	100	0,412	2,506	5,269
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	9	0,0734	45	80	0,367	2,553	4,763
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	9	0,0319	45	100	0,16	1,698	4,461
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	14	0,0471	70	60	0,236	2,59	4,247
Myrtaceae	<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	9	0,0226	45	100	0,113	1,507	4,269
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	6	0,0834	30	60	0,417	2,41	4,067

Tab. 3, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Lamiaceae	<i>Hyptis cana</i> Pohl ex Benth.	10	0,0433	50	60	0,217	2,048	3,706
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	5	0,044	25	80	0,22	1,483	3,693
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	8	0,0262	40	80	0,131	1,466	3,676
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	3	0,0811	15	60	0,405	2,016	3,673
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	6	0,0164	30	80	0,082	1,032	3,242
Fabaceae	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	3	0,0804	15	40	0,402	2,001	3,106
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	7	0,0241	35	60	0,121	1,306	2,964
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	5	0,0339	25	60	0,17	1,276	2,934
Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	3	0,0655	15	40	0,327	1,694	2,799
Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	6	0,0199	30	60	0,1	1,105	2,762
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	7	0,0143	35	60	0,072	1,105	2,762
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	7	0,0116	35	60	0,058	1,049	2,706
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	6	0,0131	30	60	0,066	0,964	2,622
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i> Kunth	3	0,0072	15	60	0,036	0,496	2,153
Araliaceae	<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin	4	0,0122	20	40	0,061	0,715	1,82
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	4	0,01	20	40	0,05	0,669	1,774
Bignoniaceae	<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) L.B. Sm. & Sandwith	3	0,0136	15	40	0,068	0,627	1,732
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	2	0,0107	10	40	0,054	0,452	1,557
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	2	0,0111	10	40	0,055	0,46	1,565
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	2	0,0113	10	40	0,056	0,463	1,568
Myrtaceae	<i>Myrcia formosiana</i> DC.	2	0,0063	10	40	0,032	0,362	1,467
Fabaceae	<i>Sclerolobium aureum</i> (Tul.) Baill.	2	0,0328	10	20	0,164	0,907	1,459
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	2	0,0031	10	40	0,016	0,296	1,401
Asteraceae	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	3	0,0155	15	20	0,078	0,667	1,22
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	3	0,0066	15	20	0,033	0,483	1,036
Nyctaginaceae	Nyctaginaceae sp.1	2	0,0114	10	20	0,057	0,466	1,019
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	2	0,0104	10	20	0,052	0,445	0,997

Tab. 3, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	1	0,014	5	20	0,07	0,405	0,957
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	2	0,0061	10	20	0,031	0,357	0,91
Dilleniaceae	<i>Davilla rugosa</i> Poir.	2	0,0055	10	20	0,028	0,345	0,898
Fabaceae	<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	1	0,0079	5	20	0,04	0,278	0,831
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	1	0,0044	5	20	0,022	0,206	0,759
Ebenaceae	<i>Diospyros sericea</i> A. DC.	1	0,0035	5	20	0,018	0,188	0,74
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	0,0022	5	20	0,011	0,16	0,713
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	1	0,0029	5	20	0,014	0,175	0,727
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil.	1	0,0032	5	20	0,016	0,181	0,734
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> sp.	1	0,0012	5	20	0,006	0,141	0,694
Melastomataceae	<i>Leandra</i> sp.	1	0,0012	5	20	0,006	0,141	0,694
		864	4,8601	4320	3620	24,301	200	300

TABELA 4. Parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas no Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo da FLONA de Paraopeba, MG (Ni = número de indivíduos; AB = área basal (m²); DA = densidade absoluta (ind.ha⁻¹); FA = frequência absoluta; DoA = dominância absoluta (m².ha⁻¹); VC = valor de cobertura; VI = valor de importância).

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	121	1,5976	605	100	7,988	25,887	28,234
Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	99	0,9914	495	100	4,957	17,834	20,182
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	123	0,3953	615	100	1,976	13,293	15,641
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	88	0,4502	440	100	2,251	11,284	13,632
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	70	0,353	350	100	1,765	8,922	11,269
Styracaceae	<i>Styrax camporum</i> Pohl	58	0,3899	290	100	1,949	8,425	10,772
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	51	0,3316	255	100	1,658	7,289	9,636
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	50	0,2285	250	100	1,143	6,123	8,47
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	31	0,3373	155	100	1,687	5,87	8,217
Fabaceae	<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	42	0,2499	210	100	1,249	5,757	8,104
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	47	0,1151	235	100	0,576	4,699	7,046
Myrtaceae	<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	41	0,1455	205	100	0,727	4,576	6,924
Rubiaceae	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	31	0,2065	155	100	1,032	4,483	6,83
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	47	0,075	235	100	0,375	4,273	6,621
Euphorbiaceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	21	0,2223	105	100	1,112	3,911	6,258
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	23	0,2074	115	100	1,037	3,9	6,248
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	27	0,1451	135	100	0,725	3,536	5,883
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	28	0,1593	140	80	0,796	3,76	5,638
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	4	0,4128	20	40	2,064	4,671	5,61
Fabaceae	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	17	0,1815	85	100	0,908	3,182	5,53
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	9	0,2224	45	100	1,112	3,023	5,37
Vochysiaceae	<i>Callisthene major</i> Mart.	34	0,088	170	80	0,44	3,449	5,327
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	26	0,0845	130	100	0,422	2,82	5,167

Tab. 4, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	26	0,0752	130	100	0,376	2,722	5,069
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	9	0,2075	45	80	1,038	2,865	4,743
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	22	0,1108	110	80	0,554	2,803	4,681
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	21	0,0694	105	100	0,347	2,29	4,638
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	5	0,315	25	40	1,575	3,709	4,648
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	19	0,0706	95	80	0,353	2,155	4,033
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	16	0,0718	80	80	0,359	1,945	3,823
Bignoniaceae	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	6	0,1112	30	80	0,556	1,623	3,501
Fabaceae	<i>Sclerolobium aureum</i> (Tul.) Baill.	6	0,0896	30	80	0,448	1,394	3,272
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	11	0,0454	55	80	0,227	1,295	3,173
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	14	0,0245	70	80	0,123	1,296	3,174
Rubiaceae	<i>Coussarea cornifolia</i> (Benth.) Benth. & Hook. f.	13	0,0208	65	80	0,104	1,183	3,061
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	4	0,128	20	60	0,64	1,653	3,061
Bignoniaceae	<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) L.B. Sm. & Sandwith	11	0,03	55	80	0,15	1,132	3,01
Bignoniaceae	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	8	0,0501	40	80	0,25	1,123	3,001
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	6	0,0907	30	60	0,453	1,405	2,814
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	10	0,0481	50	60	0,24	1,25	2,658
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	5	0,0473	25	60	0,236	0,871	2,279
Chrysobalanaceae	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f.	10	0,0347	50	40	0,174	1,108	2,047
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	2	0,0676	10	40	0,338	0,864	1,803
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	3	0,0076	15	60	0,038	0,303	1,711
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	2	0,0292	10	40	0,146	0,458	1,397
Symplocaceae	<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	4	0,0169	20	40	0,084	0,475	1,414
Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	3	0,0065	15	40	0,032	0,291	1,23
Lamiaceae	<i>Hyptis cana</i> Pohl ex Benth.	2	0,0029	10	40	0,015	0,179	1,118
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.	2	0,0204	10	20	0,102	0,364	0,833
Fabaceae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	3	0,0119	15	20	0,06	0,349	0,818

Tab. 4, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	2	0,0084	10	20	0,042	0,237	0,707
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	2	0,0033	10	20	0,016	0,183	0,652
Connaraceae	<i>Rourea induta</i> Planch.	1	0,0046	5	20	0,023	0,123	0,592
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	1	0,0012	5	20	0,006	0,087	0,557
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	1	0,0033	5	20	0,017	0,11	0,579
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	1	0,0018	5	20	0,009	0,094	0,563
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	0,003	5	20	0,015	0,106	0,576
Vochysiaceae	<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	1	0,0016	5	20	0,008	0,091	0,56
Myrtaceae	<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O. Berg	1	0,0022	5	20	0,011	0,098	0,567
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	1	0,0021	5	20	0,01	0,096	0,566
Asteraceae	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	1	0,0016	5	20	0,008	0,091	0,56
Melastomataceae	<i>Leandra</i> sp.	1	0,0011	5	20	0,006	0,086	0,556
Myrtaceae	<i>Psidium pohlianum</i> O. Berg	1	0,0023	5	20	0,011	0,098	0,568
Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	1	0,0013	5	20	0,007	0,088	0,558
Anacardiaceae	<i>Lithrea molleoides</i> (Vell.) Engl.	1	0,0016	5	20	0,008	0,091	0,561
Annonaceae	<i>Rollinia</i> sp.	1	0,0012	5	20	0,006	0,087	0,556
Indeterminada	Indet R686	1	0,0008	5	20	0,004	0,083	0,552
Asteraceae	<i>Vernonia rubriramea</i> Mart. ex DC.	1	0,0008	5	20	0,004	0,082	0,552
		1351	9,4361	6755	4260	47,18	200	300

TABELA 5. Parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas no Cerradão Distrófico sobre Latossolo Vermelho da FLONA de Paraopeba, MG (Ni = número de indivíduos; AB = área basal (m²); DA = densidade absoluta (ind.ha⁻¹); FA = frequência absoluta; DoA = dominância absoluta (m².ha⁻¹); VC = valor de cobertura; VI = valor de importância).

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	51	1,9733	255	100	9,866	42,304	45,728
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	85	0,4915	425	100	2,458	21,458	24,883
Styracaceae	<i>Styrax camporum</i> Pohl	54	0,7124	270	100	3,562	20,648	24,073
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	85	0,2154	425	100	1,077	16,617	20,042
Rubiaceae	<i>Coussarea cornifolia</i> (Benth.) Benth. & Hook. f.	67	0,2302	335	80	1,151	14,158	16,897
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	14	0,3329	70	100	1,665	7,953	11,377
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	27	0,1521	135	100	0,761	6,746	10,171
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	31	0,0925	155	100	0,462	6,304	9,729
Fabaceae	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	16	0,1573	80	80	0,786	5,174	7,914
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	25	0,0372	125	100	0,186	4,428	7,853
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	24	0,0814	120	80	0,407	5,052	7,792
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	12	0,1245	60	80	0,623	3,996	6,736
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	15	0,0389	75	100	0,195	2,948	6,373
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	12	0,0625	60	100	0,313	2,909	6,333
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	11	0,031	55	100	0,155	2,206	5,63
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	8	0,0423	40	80	0,211	1,95	4,69
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	4	0,1548	20	40	0,774	3,319	4,689
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	10	0,0388	50	60	0,194	2,19	4,245
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	7	0,0115	35	80	0,057	1,259	3,999
Fabaceae	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	4	0,1103	20	40	0,551	2,538	3,907
Arecaceae	<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	7	0,0746	35	40	0,373	2,366	3,736
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	4	0,0828	20	40	0,414	2,056	3,426
Ebenaceae	<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	4	0,021	20	60	0,105	0,973	3,027

Tab. 5, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	3	0,0609	15	40	0,304	1,521	2,89
Myrtaceae	<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	4	0,009	20	60	0,045	0,762	2,817
Nyctaginaceae	<i>Neea theifera</i> Oerst.	4	0,008	20	60	0,04	0,744	2,799
Chrysobalanaceae	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f.	3	0,0088	15	60	0,044	0,608	2,662
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	3	0,0083	15	60	0,041	0,598	2,653
Fabaceae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	7	0,0512	35	20	0,256	1,955	2,64
Fabaceae	<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	4	0,0356	20	40	0,178	1,229	2,599
Primulaceae	<i>Cybianthus detergens</i> Mart.	7	0,0096	35	40	0,048	1,225	2,595
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	4	0,0338	20	40	0,169	1,196	2,566
Rubiaceae	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	3	0,0126	15	40	0,063	0,674	2,043
Myrtaceae	<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O. Berg	7	0,014	35	20	0,07	1,304	1,989
Myrtaceae	<i>Myrcia formosiana</i> DC.	2	0,0146	10	40	0,073	0,559	1,929
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> sp.	3	0,0043	15	40	0,022	0,529	1,899
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> Mart.	1	0,0535	5	20	0,268	1,089	1,774
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	2	0,0024	10	40	0,012	0,344	1,714
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	1	0,041	5	20	0,205	0,87	1,555
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook. f.	4	0,0126	20	20	0,063	0,825	1,51
Lamiaceae	<i>Hyptis cana</i> Pohl ex Benth.	3	0,0054	15	20	0,027	0,547	1,232
Nyctaginaceae	<i>Guapira ferruginea</i> (Klotzsch ex Choisy) Lundell	1	0,014	5	20	0,07	0,397	1,082
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	2	0,0028	10	20	0,014	0,352	1,037
Bignoniaceae	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	1	0,0072	5	20	0,036	0,277	0,962
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	1	0,0029	5	20	0,014	0,201	0,886
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	1	0,0018	5	20	0,009	0,182	0,867
Celastraceae	<i>Tontelea micrantha</i> (Mart. ex Schult.) A.C. Sm.	1	0,0023	5	20	0,011	0,191	0,876
Lacistemataceae	<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	1	0,002	5	20	0,01	0,187	0,872
Vochysiaceae	<i>Callisthene major</i> Mart.	1	0,0012	5	20	0,006	0,173	0,858
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	1	0,0023	5	20	0,011	0,191	0,876

Tab. 5, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Bignoniaceae	<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) L.B. Sm. & Sandwith	1	0,0018	5	20	0,009	0,182	0,867
Myrtaceae	Myrtaceae sp.1	1	0,0011	5	20	0,005	0,17	0,855
Vochysiaceae	<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	1	0,0013	5	20	0,007	0,174	0,859
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	1	0,0012	5	20	0,006	0,173	0,858
Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	1	0,0016	5	20	0,008	0,178	0,863
Indeterminada	Indet R1127	1	0,0013	5	20	0,007	0,175	0,86
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	0,001	5	20	0,005	0,168	0,853
Fabaceae	<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S. Irwin & Barneby	1	0,0008	5	20	0,004	0,165	0,85
Asteraceae	<i>Pavonea</i> sp.	1	0,0008	5	20	0,004	0,166	0,851
Indeterminada	Indet R1147	1	0,0009	5	20	0,004	0,166	0,851
		662	5,7032	3310	2920	28,516	200	300

TABELA 6. Parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas no Cerradão Mesotrófico sobre Latossolo Vermelho da FLONA de Paraopeba, MG (Ni = número de indivíduos; AB = área basal (m²); DA = densidade absoluta (ind.ha⁻¹); FA = frequência absoluta; DoA = dominância absoluta (m².ha⁻¹); VC = valor de cobertura; VI = valor de importância).

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	279	1,154	1395	100	5,77	40,984	43,51
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	120	1,726	600	100	8,63	30,745	33,27
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	81	0,6081	405	100	3,04	14,812	17,337
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	33	0,7119	165	100	3,56	10,986	13,511
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	23	0,3308	115	100	1,654	5,893	8,418
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	17	0,4185	85	80	2,092	6,211	8,231
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	8	0,4853	40	80	2,427	5,999	8,02
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	10	0,4319	50	80	2,159	5,635	7,655
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	31	0,1664	155	100	0,832	4,961	7,486
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	14	0,3213	70	100	1,606	4,866	7,392
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	30	0,1351	150	100	0,675	4,524	7,049
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	29	0,1169	145	100	0,584	4,227	6,753
Salicaceae	<i>Casearia rupestris</i> Eichler	21	0,1711	105	100	0,856	3,984	6,509
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	13	0,2898	65	80	1,449	4,427	6,448
Fabaceae	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	9	0,2188	45	100	1,094	3,259	5,784
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	26	0,0519	130	100	0,259	3,226	5,751
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	12	0,1263	60	100	0,632	2,581	5,106
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	19	0,1017	95	80	0,509	3,038	5,058
Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	10	0,1839	50	60	0,919	2,989	4,505
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	11	0,107	55	80	0,535	2,271	4,292
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	10	0,0233	50	100	0,116	1,276	3,801
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	7	0,1236	35	60	0,618	2,038	3,553
Euphorbiaceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	6	0,085	30	80	0,425	1,523	3,543

Tab. 6, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Rubiaceae	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	9	0,0512	45	80	0,256	1,472	3,492
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	10	0,0386	50	80	0,193	1,439	3,46
Fabaceae	<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	8	0,0511	40	80	0,256	1,368	3,388
Fabaceae	<i>Machaerium villosum</i> Vogel	5	0,1161	25	60	0,58	1,752	3,267
Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) Robyns	6	0,0345	30	80	0,173	0,985	3,005
Styracaceae	<i>Styrax camporum</i> Pohl	7	0,0644	35	60	0,322	1,407	2,922
Myrtaceae	<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O. Berg	8	0,0547	40	60	0,273	1,405	2,921
Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	9	0,036	45	60	0,18	1,309	2,824
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A. DC.	5	0,0754	25	60	0,377	1,318	2,833
Bignoniaceae	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	5	0,0982	25	40	0,491	1,561	2,572
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	6	0,0366	30	60	0,183	1,007	2,522
Myrtaceae	<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	5	0,0093	25	60	0,047	0,613	2,129
Myrtaceae	Myrtaceae sp.2	4	0,0105	20	60	0,052	0,523	2,038
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	5	0,0376	25	40	0,188	0,915	1,925
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	3	0,0026	15	60	0,013	0,336	1,852
Vochysiaceae	<i>Callisthene major</i> Mart.	3	0,0421	15	40	0,211	0,758	1,768
Chrysobalanaceae	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f.	3	0,0389	15	40	0,195	0,724	1,734
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	4	0,0265	20	40	0,133	0,694	1,704
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	2	0,0443	10	40	0,222	0,678	1,688
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	4	0,0205	20	40	0,102	0,629	1,64
Malvaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	3	0,0295	15	40	0,148	0,623	1,633
Sapotaceae	<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. & Miq.) Baehni	1	0,0911	5	20	0,456	1,075	1,58
Meliaceae	<i>Trichilia claussenii</i> C. DC.	3	0,0076	15	40	0,038	0,389	1,399
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	3	0,004	15	40	0,02	0,351	1,361
Fabaceae	<i>Machaerium</i> sp.	2	0,0108	10	40	0,054	0,321	1,331
Fabaceae	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	2	0,0072	10	40	0,036	0,283	1,293
Fabaceae	<i>Machaerium</i> cf. <i>scleroxylon</i> Tul.	2	0,0078	10	40	0,039	0,289	1,299

Tab. 6, Continuação

Família	Nome Científico	Ni	AB	DA	FA	DoA	VC	VI
Lauraceae	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr.	2	0,0029	10	40	0,015	0,237	1,247
Anacardiaceae	<i>Lithrea molleoides</i> (Vell.) Engl.	3	0,0271	15	20	0,136	0,598	1,103
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	1	0,043	5	20	0,215	0,562	1,067
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	1	0,0284	5	20	0,142	0,405	0,91
Arecaceae	<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	2	0,0169	10	20	0,084	0,386	0,891
Fabaceae	<i>Sclerolobium aureum</i> (Tul.) Baill.	1	0,0224	5	20	0,112	0,341	0,846
Fabaceae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	1	0,0182	5	20	0,091	0,297	0,802
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	1	0,0161	5	20	0,081	0,275	0,78
Bignoniaceae	<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) L.B. Sm. & Sandwith	1	0,0127	5	20	0,064	0,239	0,744
Indeterminada	Indet R686	1	0,0127	5	20	0,064	0,239	0,744
Fabaceae	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	1	0,0104	5	20	0,052	0,213	0,718
Symplocaceae	<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	1	0,0072	5	20	0,036	0,179	0,684
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	1	0,004	5	20	0,02	0,146	0,651
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	1	0,0044	5	20	0,022	0,149	0,654
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	1	0,001	5	20	0,005	0,113	0,618
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	0,0011	5	20	0,006	0,115	0,62
Vochysiaceae	<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	1	0,0009	5	20	0,005	0,113	0,618
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	1	0,0032	5	20	0,016	0,137	0,642
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.	1	0,0011	5	20	0,005	0,114	0,619
Connaraceae	<i>Connarus suberosus</i> Planch.	1	0,0015	5	20	0,007	0,118	0,623
Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	1	0,0008	5	20	0,004	0,111	0,616
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	1	0,0018	5	20	0,009	0,122	0,627
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	1	0,0009	5	20	0,004	0,112	0,617
		973	9,3741	4865	3960	46,871	200	300

CAPÍTULO II

PARTIÇÃO DE NICHOS ENTRE GRUPOS FUNCIONAIS NO CERRADO

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado se distribui sob as fitofisionomias de campo limpo, campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão, variando de campos abertos com arbustos dispersos a fisionomias de mata fechada, em um gradiente crescente de fertilidade e profundidade e de decrescente acidez do solo (Goodland 1971, Coutinho 1978, Castro e Kauffman 1998, Oliveira-Filho e Ratter 2002 e Ribeiro e Walter 2008). Este gradiente morfológico da vegetação implica em diferentes condições de disponibilidade de luz para as espécies. Com o aumento de cobertura do dossel no sentido cerrado *sensu stricto* – cerradão (Goodland e Pollard 1973, Coutinho 1978, Goodland e Ferri 1979), a quantidade de luz disponível é potencialmente um importante fator determinante da composição de espécies em cada ambiente.

A associação entre a condição luminosa e os fatores edáficos pode constituir importantes fontes de estresse para as espécies vegetais do Cerrado. Para as plantas, o estresse ambiental em solos ácidos deriva principalmente da alta quantidade de alumínio tóxico (Al^{3+}) e da baixa disponibilidade de fósforo (Ramírez-Rodrigues et al. 2005). Muitas espécies vegetais desenvolveram resistência fisiológica e genética para a sobrevivência em ambientes onde os solos são naturalmente ricos em elementos desfavoráveis ao seu desenvolvimento (Jansen et al. 2002, Kochian et al. 2005, Ramírez-Rodríguez et al. 2005). No Cerrado, a alta disponibilidade de Al^{3+} constitui um dos principais fatores ambientais limitantes para as plantas, e seus valores variam expressivamente conforme a ampla variação das diferentes classes de solos (Goodland e Pollard 1973, Motta et al. 2002). Alguns estudos propõem a classificação de espécies do Cerrado em *acumuladoras de alumínio*, *calcífilas* e *calcífugas* (Haridasan 1982, 1987, 2000), conforme sua distribuição em resposta ao gradiente nutricional. Espécies calcífilas ocorrem no cerradão mesotrófico, enquanto as calcífugas ocorrem no cerradão distrófico e nas fisionomias de cerrado *sensu stricto* (Furley e Ratter 1988, Haridasan 1987, Neri 2007, Haridasan 2008).

Tilman (1988), Grime (1977, 1979, 2001) e Kitajima e Poorter (2008), postulam que a coexistência de espécies em ambientes heterogêneos é definida pela competição por recursos, existência de *trade-offs* e especialização a uma determinada faixa do gradiente. Segundo Grime (1977, 1979, 2001), as espécies vegetais podem ser classificadas como competidoras, tolerantes ao estresse ou ruderais. As espécies que apresentam apenas uma

dessas estratégias são consideradas estrategistas primárias, enquanto aquelas que apresentam associação de traços de mais de uma estratégia são consideradas estrategistas secundárias.

Segundo Tilman (1988) a habilidade competitiva de uma espécie depende do nível mínimo de recurso (R^*) necessário para sua manutenção no ambiente. Uma vez que o nicho ecológico corresponde ao conjunto de fatores ambientais necessários à persistência de uma espécie na comunidade (MacArthur 1972, Tilman 1988, Kitajima e Poorter 2008), o solo pode influenciar a partição de nicho pela diferenciação do arranjo espacial que as espécies assumem em função dos seus próprios R^* . Da mesma forma, a especialização por um determinado intervalo de intensidade luminosa evidencia a partição do gradiente de luz e, por conseguinte, a possibilidade de coexistência das espécies (Tilman 1988, Kobe 1999, Grime 2001).

Considerando que algumas espécies do Cerrado podem apresentar atributos comuns de especialização a uma faixa do gradiente ambiental, edáfico e de luz, é possível analisá-las coletivamente em grupos funcionais. O agrupamento de espécies em função de características similares possibilita conclusões mais consistentes sobre a preferência de plantas a fatores ambientais do ecossistema (Díaz e Cabido 1997, Garnier et al. 2001, Cornelissen et al. 2003, Pillar e Sosinski 2003).

O presente estudo teve por objetivo analisar o comportamento de grupos de plantas lenhosas do Cerrado que respondem à variação dos recursos nutricionais do solo e ao regime de luz, como forma de definir a partição de nicho entre grupos funcionais, ao invés de entre espécies.

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional (FLONA) de Paraopeba (MG), situada nas coordenadas geográficas 19°20'S e 44°20'W, com altitude variando entre 734m, ao sul, e 750m, ao norte. A sua área total é de aproximadamente 200 ha., dos quais 150 apresentam cobertura vegetal de formações de Cerrado. Os demais 50 ha são representados por talhões de *Eucalyptus* e *Pinus* e pela área destinada à manutenção do Horto Florestal, tendo em vista o objetivo básico de uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica em unidades de conservação categorizadas como Floresta Nacional (Lei Federal nº 9.985, de 18/07/2000). Conforme relatado por Silva-Júnior (1984), o histórico de perturbação da área inclui desmatamento total dos 200 ha em 1952 e registro de fogo nos anos de 1960 e 1963.

O clima da região é do tipo AW segundo a classificação de Köppen, com verão chuvoso e estação seca que ocorre de abril a setembro, correspondendo ao outono e inverno. Segundo as normais climatológicas 1961 – 1990 do INMET (2011), a temperatura média anual oscila entre 20°C e 22°C e a precipitação acumulada anualmente varia entre 1250 mm e 1450 mm. Conforme levantamento realizado por Thibau et al. (1975), os solos da FLONA de Paraopeba são classificados como Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro. Com base nos critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA 2006), Neri (2007) fez a descrição detalhada dos tipos de solo e sua associação aos tipos vegetacionais (Fig. 1). Nesse estudo foi reconhecida, além das classes apresentadas por Thibau et al. (1975), a ocorrência do Cambissolo Amarelo. No Sistema Norte-Americano de classificação, os Latossolos equivalem aos Oxissolos e o Cambissolo ao Inceptissolo (Neri 2007).

A FLONA de Paraopeba possui um gradiente pedológico-vegetacional com fortes variações em curtos trechos de espaço. As fitofisionomias de Cerrado variam de formações savânicas (cerrado *sensu stricto*) a formações florestais (cerradão) (Neri 2007).

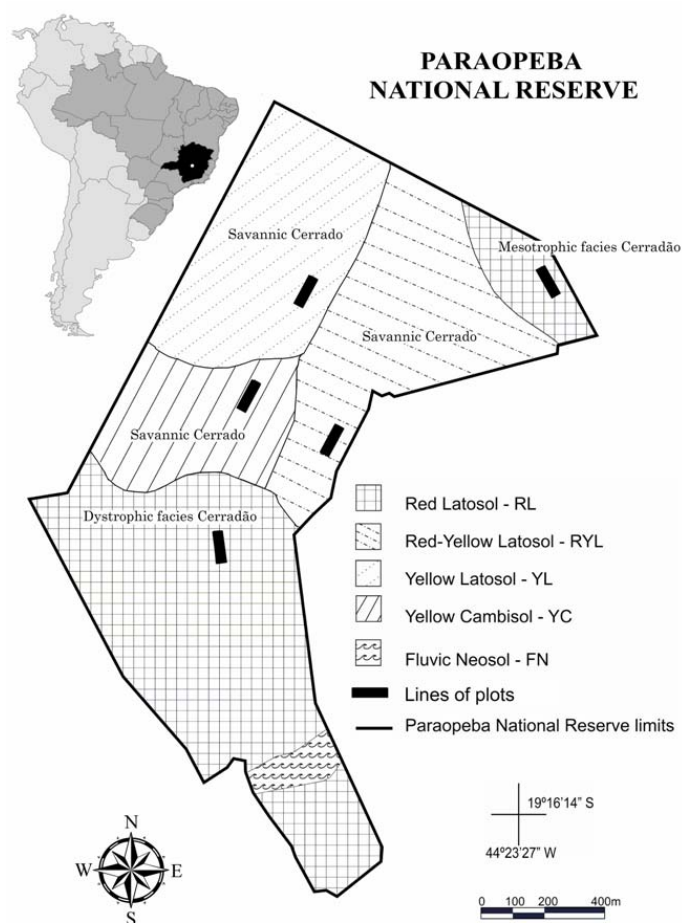


FIGURA 1. Mapa esquemático de solos e cobertura vegetal da FLONA de Paraopeba (MG), retirado de Neri (2007) (Red Latosol = Latossolo Vermelho; Red-Yellow Latosol = Latossolo Vermelho-Amarelo; Yellow Latosol = Latossolo Amarelo; Yellow Cambisol = Cambissolo Amarelo; Fluvic Neosol = Neossolo Flúvico).

2.2. Florística e fitossociologia

A fim de verificar as mudanças florísticas e estruturais em resposta ao gradiente pedológico, a amostragem fitossociológica foi realizada em trechos de diferentes tipos de solos. Aplicaram-se 25 parcelas de 20 x 20 m, distribuídas em cinco transectos de 20 x 100 m, sendo cada transecto alocado em uma diferente condição de vegetação e de solo: Cerrado *sensu stricto* sobre Cambissolo Amarelo (Css Cxb); Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Amarelo (Css LA), Cerrado *sensu stricto* sobre Latossolo Vermelho-Amarelo (Css LVA); Cerradão Distrófico sobre Latossolo Vermelho (CD); e Cerradão Mesotrófico sobre Latossolo Vermelho (CM) (Fig.1).

Na área das parcelas, foram amostrados todos os indivíduos lenhosos vivos com circunferência à altura do solo (CAS) ≥ 10 cm, sendo registrados também os valores de altura total e nome da espécie. As espécies foram reconhecidas *in situ* e a partir de consulta à literatura com comparação de material eventualmente coletado ou, ainda, a partir da lista

florística elaborada por Neri (2007). A classificação dos grupos taxonômicos foi realizada com base no APG III (APG 2009). A grafia e autoria nos nomes científicos foram obtidas mediante consulta ao site do *Missouri Botanical Garden* (<http://www.tropicos.org/>, acesso em 13/01/2011).

A estrutura horizontal da comunidade foi descrita a partir da estimativa dos parâmetros quantitativos (Mueller-Dombois e Ellenberg 1974, Newton 2007), executada pelo *software* Mata Nativa 2 (Cientec 2006).

2.3. Variáveis ambientais

2.3.1. Solos

Para cada uma das 25 parcelas foi coletada em profundidade de 0 a 10 cm uma amostra composta de solo (10 subamostras), da qual foram feitas três repetições. O material foi seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm para determinação das propriedades químicas do solo (EMBRAPA 1997). A análise foi executada no Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Viçosa, para a determinação dos teores de N, Ca²⁺, Fe, Al³⁺, P, K, Mg²⁺ e matéria orgânica.

2.3.2. Regime de luz

O estudo do regime de luz foi realizado por meio de fotografias hemisféricas (Anderson 1964, Breshears e Ludwig 2010). Cada parcela de 20mx20m foi dividida em quatro subparcelas de 10mx10m. No centro de cada subparcela, as imagens foram obtidas por uma câmera digital Nikon Coolpix 5700 com extensor Nikon UR-E12 e objetiva olho-de-peixe Nikon FC-E9, apoiada a 1,5 m de altura do chão por um tripé. A câmera foi utilizada na função automática, com a parte superior sempre orientada para o norte magnético e com o zênite centralizado na imagem. A amostragem ocorreu durante a estação chuvosa (janeiro e fevereiro de 2010), com o intuito de registrar o ambiente luminoso durante a estação favorável ao crescimento, quando ocorre o pico da competição por luz (Tilman 1988, Cornelissen et al. 2003). As fotografias foram obtidas em condições de sol coberto por nuvens ou nas últimas horas do dia, desde que com ausência completa de luz direta (Jonckheere et al. 2004). Cada sub-parcela foi fotografada em três exposições diferentes (-1.3, 0.0, +1.3), o que permitiu a escolha da imagem de melhor contraste entre céu e dossel.

As imagens foram analisadas pelo *software* Gap Light Analyzer® (GLA), que fornece dados de cobertura das copas e de luz transmitida (Frazer et al. 1999).

2.4. Definição dos grupos funcionais

Os nomes dos grupos foram atribuídos de acordo com a teoria das estratégias de Grime (1977, 1979 e 2001), em função da capacidade de tolerar o estresse derivado da disponibilidade de Al^{3+} no solo ou pela capacidade de competir pela luz em ambientes com maior fertilidade. Para cada uma das espécies com 20 ou mais indivíduos, foram aplicados modelos de regressão linear para testar o ajuste de sua abundância às equações abaixo descritas (Neri et al. inédito):

Abundância = $\text{Al}^3 - \text{MO}^2$	(AT) Alumínio-tolerantes
Abundância = $\text{AB}^3 \times (\text{Al}/2)$	(ATC 1) Alumínio-tolerante-competidoras
Abundância = $\text{MO}^3 \times (\text{Al}/2)$	(ATC 2) Alumínio-tolerante-competidoras
Abundância = $\text{MO} - \text{Al}^2$	(ASC) Alumínio-semicompetidoras
Abundância = $\text{MO} \times \text{Ca}$	(CC) Competidoras-calcícolas

Onde:

Al = íon alumínio trivalente (Al^{3+})

MO = matéria orgânica

AB = área basal

Ca = íon cálcio bivalente (Ca^{2+})

A inclusão de uma determinada espécie se deu naquele grupo cuja relação, dentre as cinco possíveis, apresentou melhor ajuste (maior valor de R^2). Para cada regressão linear foi calculado o respectivo teste F, sendo consideradas pertinentes para a composição dos grupos apenas as espécies com relações lineares significativas ($p < 0.1$).

Os grupos AT e CC representam os extremos do gradiente e, portanto, espécies com estratégias primárias. Os demais grupos são considerados intermediários e, por consistirem de espécies com traços de ambos os extremos, estas são ditas estrategistas secundárias.

2.5. Análise da distribuição dos grupos funcionais

A distribuição dos grupos funcionais em resposta às condições ambientais foi verificada pelo método de análise espacial por índices de distância (Perry 1995, Perry et al. 1999). Essa análise consiste no cálculo da distância entre a posição real dos indivíduos e a posição final que eles teriam que assumir para que o conjunto alcançasse um arranjo completamente regular, onde a abundância seria igual em qualquer unidade da amostra

(Perry 1995, Krebs 1999, Perry et al. 1999). A razão entre a distância observada (D) e a média das aleatorizações (E_a) gera um índice de agregação (I_a) (Perry et al. 1999). Quando $I_a < 1$, a distribuição do conjunto é considerada uniforme, e quando $I_a > 1$, considera-se a existência de uma distribuição agregada. $I_a = 0$ representa um conjunto de dados com distribuição aleatória.

Para a análise, executada com o *software* SADIEShell (Perry 1995, Perry et al. 1999), a abundância de cada grupo consistiu do somatório da abundância de todas as suas espécies, em cada parcela. Para cada grupo, foram estabelecidas relações entre sua abundância e as variáveis ambientais N, Ca^{2+} , Fe, Al^{3+} , P, K, Mg^{2+} e matéria orgânica, uma a uma, sempre combinada à luz transmitida total.

A partir das análises de agregação foram gerados gráficos de isolinhas, onde a abundância dos grupos funcionais foi apresentada em função da disposição ortogonal da concentração de nutrientes e Al^{3+} *versus* a quantidade de luz transmitida total. Os dados foram interpolados através do método *kriging*, que considera a relação espacial entre o valor da variável e os pontos vizinhos (Legendre e Fortin 1989, Alonso 2007). Os valores de algumas variáveis edáficas foram multiplicados ou divididos para simples ajuste de escala do eixo horizontal. Os gráficos foram criados utilizando-se o *software* SURFER 9.0®.

3. RESULTADOS

3.1. Definição dos grupos funcionais

Conforme os parâmetros fitossociológicos apresentados no Capítulo I, foram selecionadas para a classificação entre os grupos funcionais as espécies com número de indivíduos maior ou igual a 20. Após a aplicação dos modelos lineares, quatro espécies foram consideradas tolerantes ao alumínio (AT). O grupo ATC 1 apresentou maior número de espécies (31), enquanto o grupo ATC 2, também considerado de estratégias secundárias, apresentou apenas três espécies. O grupo ASC consistiu de cinco espécies e, por fim, o grupo das competidoras-calcícolas (CC) foi representado por seis espécies (Tab. 1).

TABELA 1. Espécies dos grupos funcionais edáficos do Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. R² indica o ajuste ao modelo linear e o valor de *p* indica a significância da relação. (*) indica exclusão devido à relação não significativa, a *p* < 0.1 (AT = Alumínio-tolerantes; ATC 1 = Alumínio-tolerante-competidoras 1; ATC 2 = Alumínio-tolerante-competidoras 2; ASC = Alumínio-semicompetidoras; CC = Competidoras-calcícolas).

GF	Espécie	R ²	<i>p</i>
AT	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	0,652545	p<0,001
	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	0,338549	p<0,01
	<i>Curatella americana</i> L.	0,285116	p<0,1
	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	0,279783	p<0,01
	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	0,060063	p>0,1 *
ATC 1	<i>Tibouchina</i> sp.	0,899157	p<<0,001
	<i>Baccharis platypoda</i> DC.	0,871341	p<<0,001
	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	0,8286	p<<0,001
	<i>Callisthene major</i> Mart.	0,822026	p<<0,001
	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	0,799421	p<0,001
	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	0,785023	p<0,001
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	0,761012	p<0,001
	<i>Ocotea</i> sp.	0,735805	p<0,001
	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	0,67947	p<0,001
	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	0,623704	p<0,001
	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	0,623242	p<0,001
	<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	0,599364	p<0,001
	<i>Coussarea cornifolia</i> (Benth.) Benth. & Hook. f.	0,582655	p<0,001
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	0,581211	p<0,001
	<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	0,574084	p<0,001
	<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	0,573726	p<0,001
	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	0,559558	p<0,001
	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	0,55408	p<0,001
	<i>Salvertia convallariodora</i> A. St.-Hil.	0,547175	p<0,001

Tab. 1, Continuação

GF	Espécie	R ²	p
	<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	0,487226	p<0,001
	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	0,477865	p<0,001
	<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) L.B. Sm. & Sandwith	0,470326	p<0,001
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	0,469736	p<0,001
	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	0,463648	p<0,001
	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	0,460096	p<0,001
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	0,439228	p<0,001
	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	0,437298	p<0,001
	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	0,371433	p<0,01
	<i>Roupala montana</i> Aubl.	0,361617	p<0,01
	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	0,263726	p<0,01
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	0,187011	p<0,05
	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	0,077706	p>0,1 *
ATC 2	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	0,750366	p<0,001
	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	0,50069	p<0,001
	<i>Styrax camporum</i> Pohl	0,384121	p<0,001
ASC	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	0,698231	p<0,001
	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	0,565274	p<0,001
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0,444027	p<0,001
	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	0,192084	p<0,05
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	0,154683	p<0,1
CC	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	0,919207	p<<0,001
	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	0,889749	p<<0,001
	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	0,825309	p<<0,001
	<i>Casearia rupestris</i> Eichler	0,77474	p<0,001
	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	0,668388	p<0,001
	<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	0,616064	p<0,001

3.2. Consistência dos grupos funcionais e partição de nicho

As relações significativas ($p_a < 0.01$) indicadas pela análise espacial por índices de distância determinam que o agrupamento não ocorre aleatoriamente. Assim, é considerado que, para todos os casos em que $p_a < 0.01$, a agregação dos indivíduos de um grupo ocorre em função das condições ambientais.

Nenhuma condição ambiental se mostrou significativa para a determinação simultânea de todos os grupos funcionais. Os grupos AT, ATC 2, ASC e CC responderam significativamente a sete, das oito condições ambientais testadas. Por outro lado, o grupo ATC 1, cuja distribuição não se mostrou influenciada por sete relações, das oito possíveis, mostrou-se dentre todos o menos consistente como grupo funcional. A agregação de sua abundância ocorreu apenas quando testada em função da combinação entre Fe e luz transmitida total (Tab. 2).

As relações (Al^{3+} x luz), (Ca^{2+} x luz), (Mg^{2+} x luz), (P x luz) e (MO x luz) influenciaram significativamente todos os grupos, à exceção de ATC 1. Os grupos ATC 2 e ASC foram os únicos que não responderam significativamente à relação Fe x luz. A relação K x luz não foi determinante para a consistência dos grupos AT e ATC 1, enquanto a relação N x luz não influenciou a distribuição de indivíduos dos grupos ATC 1 e CC (Tab. 2). Na Tabela 3, o maior índice de agregação (I_a) mostra as condições ambientais mais determinantes para o padrão de distribuição espacial dos indivíduos de um grupo funcional edáfico.

TABELA 2. Valores de significância (p_a) da agregação dos grupos funcionais edáficos em função das associações entre luz transmitida total e variáveis do solo, no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG (AT = alumínio-tolerantes; ATC 1 = alumínio-tolerantes-competidoras 1; ATC 2 = alumínio-tolerantes-competidoras 2; ASC = alumínio-semicompetidoras; CC = competidoras-calcícolas / Al^{3+} = alumínio; Ca^{2+} = cálcio; Fe = ferro; K = potássio; Mg^{2+} = magnésio; MO = matéria orgânica; N = nitrogênio; P = fósforo) (* indica ausência de relação significativa, a $p_a < 0.01$).

	p_a				
	AT	ATC 1	ATC 2	ASC	CC
Al^{3+} x Luz	0,0002	0,1843 *	0,005	0,0003	0,0067
Ca^{2+} x Luz	0,0002	0,1057 *	0,0027	0,0002	0,0028
Mg^{2+} x Luz	0,0002	0,2043 *	0,0077	0,0005	0,0092
P x Luz	0,0002	0,1758 *	0,0077	0,0005	0,0085
K x Luz	0,0204 *	0,0446 *	0,0002	0,0002	0,0002
MO x Luz	0,0002	0,1587 *	0,008	0,0005	0,0085
N x Luz	0,0002	0,2055 *	0,0089	0,0005	0,0104 *
Fe x Luz	0,003	0,0002	0,326 *	0,0147 *	0,0005

TABELA 3. Índices de agregação (I_a) dos grupos funcionais edáficos em função das associações entre luz transmitida total e variáveis do solo, no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG (AT = alumínio-tolerantes; ATC 1 = alumínio-tolerantes-competidoras 1; ATC 2 = alumínio-tolerantes-competidoras 2; ASC = alumínio-semicompetidoras; CC = competidoras-calcícolas / Al^{3+} = alumínio; Ca^{2+} = cálcio; Fe = ferro; K = potássio; Mg^{2+} = magnésio; MO = matéria orgânica; N = nitrogênio; P = fósforo) (* indica ausência de relação significativa, a $p_a < 0.01$).

	I_a				
	AT	ATC 1	ATC 2	ASC	CC
Al^{3+} x Luz	4,051	1,351 *	2,432	3,006	2,384
Ca^{2+} x Luz	3,817	1,571 *	2,454	2,954	2,557
Mg^{2+} x Luz	4,213	1,319 *	2,419	3,062	2,368
P x Luz	4,095	1,38 *	2,362	2,992	2,337
K x Luz	1,892 *	1,708 *	2,717	2,814	2,787
MO x Luz	4,026	1,41 *	2,304	2,917	2,296
N x Luz	4,258	1,321 *	2,416	3,083	2,376 *
Fe x Luz	2,241	3,297	1,09 *	1,859 *	2,375

As Figuras 2 a 9 contêm os gráficos dos grupos funcionais que apresentaram relação significativa ($p_a < 0.01$) entre sua abundância e as variáveis ambientais.

A disponibilidade de Al^{3+} e a quantidade de luz transmitida são variáveis ambientais diretamente relacionadas. A densidade e a estatura dos indivíduos diminuem à medida que se aumenta a quantidade deste elemento no solo, o que implica em menor adensamento das copas e menor interceptação da luz. Assim, as espécies cuja densidade é crescente com o aumento da disponibilidade de alumínio também respondem positivamente ao aumento na quantidade de luz. Conforme a Figura 2, no gradiente de Al^{3+} as espécies do grupo AT se adensam no espaço onde há maior disponibilidade deste elemento, enquanto no extremo de menor disponibilidade encontram-se as espécies do grupo CC. O espaço onde há teores de Al^{3+} acima de 20 cmolc.dm^{-3} é completamente vazio de espécies competidoras-calcícolas. Assim como AT, o grupo ATC 2 reúne espécies com afinidade pelo Al^{3+} , mas mais tolerantes à amplitude de variação da sua quantidade no solo, enquanto o ASC, com comportamento similar ao do grupo CC, apresenta concentração consideravelmente maior de indivíduos no extremo inferior do gradiente. Em comparação ao grupo CC, os indivíduos ASC exploram espaços com disponibilidade de Al^{3+} no solo mais variável (Fig. 2).

De maneira contrária é o comportamento da luz transmitida em relação às variáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K e matéria orgânica. O aumento da disponibilidade desses elementos no solo implica na diminuição da quantidade de luz transmitida, uma vez que tais nutrientes são positivamente determinantes para o crescimento e adensamento das plantas e de suas copas.

O gradiente de cálcio (Ca^{2+}) segrega os grupos funcionais de maneira bastante consistente. A variação na disponibilidade de cálcio distancia os grupos AT e ATC 2 de ASC e CC. As espécies AT e ATC 2 exploram o espaço onde há baixa disponibilidade deste nutriente. Em direção ao extremo de maior disponibilidade, os adensamentos correspondem aos grupos ASC e CC, onde é nítida a afinidade das espécies pela maior concentração de Ca^{2+} . Os nichos dos grupos AT e ATC 2, que se sobrepõem fortemente na exploração do cálcio, são segregados pela diferença na faixa de luz que exploram (Fig. 3).

A disponibilidade de Mg^{2+} influencia a distribuição espacial dos grupos funcionais no ambiente de forma muito semelhante ao Ca^{2+} . No extremo de menor disponibilidade estão contidos os grupos AT e ATC 2, sendo a posição entre si novamente distinguível pela preferência da quantidade de luz. Os grupos ASC e CC se adensam em condições de menor disponibilidade de luz e maior disponibilidade de magnésio, mas diferem pela exploração de diferentes amplitudes do gradiente de solo. A abundância de ASC se distribui de maneira

menos definida, com indivíduos concentrados nas regiões de maior quantidade, mas também presentes ao longo de todo o gradiente de Mg^{2+} . As espécies CC também se adensam em condições de maior teor de Mg^{2+} , mas com uma faixa de restrição no gradiente edáfico muito mais acentuada (Fig. 4).

O fósforo (P) foi determinante para a agregação dos grupos AT, ATC 2, ASC e CC (Tab. 2, Fig. 5). As espécies AT e ATC 2 se adensaram no extremo de menor disponibilidade deste nutriente. Para as espécies AT, ocorreram núcleos de adensamento em função de diferenças sutis na quantidade de luz. Por outro lado, as espécies ATC 2 apresentaram dois núcleos de adensamento em função de diferenças sutis na variação do fósforo. Os grupos ASC e CC apresentaram comportamento muito semelhante entre si, com expressivo agrupamento no extremo de maior teor de P e mostrando-se ausentes na condição de baixa quantidade deste nutriente no solo.

A combinação K x luz foi mais determinante para a agregação dos grupos ATC 2 e CC. Em resposta ao potássio (K), as espécies ATC 2 apresentaram comportamento muito semelhante àquele em resposta ao P, com adensamento na condição de baixa quantidade de K e de luz, com dois núcleos de adensamento ao longo do gradiente de solo. O grupo ASC, assim como o CC, apresentou abundância concentrada no extremo de maior teor de K. No entanto, ASC se diferencia de CC, mais uma vez, pela gradação de abundância distribuída em um intervalo maior de variação edáfica, enquanto a abundância de CC é mais restrita ao maior extremo do gradiente de potássio (Fig. 6).

Com relação à matéria orgânica (MO), as espécies tolerantes ao alumínio (AT) apresentam distribuição concentrada na região onde há sua menor disponibilidade. Tal condição está associada à menor quantidade de luz disponível, uma vez que o teor de matéria orgânica no solo tem relação direta com o crescimento vegetal. A matéria orgânica é uma das variáveis edáficas que mais determina a ocorrência das espécies AT. Demonstra, ainda, a formação de dois subgrupos de espécies ATC 2. As espécies deste grupo respondem negativamente à quantidade de luz, e possuem distribuição irregular ao longo do gradiente de MO, apresentando dois núcleos de adensamento, com um intervalo do gradiente que parece não representar o ótimo ecológico e fisiológico para essas espécies (Fig. 7). Os grupos ASC e CC novamente mostram distribuições semelhantes e forte sobreposição de nichos, mas com diferenças no ponto do gradiente em que a ocorrência das espécies é restrita. As espécies competidoras-calcícolas e semicompetidoras são mais condensadas no ponto do gradiente que tem disponibilidade de matéria orgânica variando entre 7,3 e 7,7 dag.kg⁻¹, e

valores acima deste determinam a diminuição de sua abundância, provavelmente por representar o ponto de excesso para essas espécies (Fig. 7).

Apenas os grupos AT, ATC 2 e ASC tiveram distribuição espacial determinada pelos teores de nitrogênio (N) combinados à luz (Fig. 8). O grupo AT é intensamente determinado pela quantidade de N no solo, sendo seu maior índice de agregação ($I_a = 4.25$) obtido nesta relação. As espécies tolerantes ao alumínio apresentaram-se agregadas sob condições de baixa disponibilidade de N e quantidade de luz variando de intermediária a alta, sendo a condição luminosa a principal determinante para a oscilação de abundância deste grupo. O grupo ATC 2 explora uma faixa de N relativamente ampla, mas apresenta a formação de dois subgrupos, cada um bastante próximo dos extremos deste gradiente. Com relação à luz, ATC 2 ocupa o nicho com disponibilidade variando de intermediária a baixa. As espécies do grupo ASC podem ser consideradas confinadas à condição ambiental de alta disponibilidade de N e baixa quantidade de luz (Fig. 8).

A distribuição espacial em função da disponibilidade do ferro (Fe) foi determinante para os grupos AT, ATC 1 e CC. A relação ambiental entre o Fe e a luz foi a única determinante para o grupo ATC 1. Os grupos AT e ATC 1 apresentaram padrões de distribuição muito similares, com agregação de indivíduos em condição de alta quantidade de luz e disponibilidade de Fe variando de intermediária a alta. O grupo CC apresentou maior concentração de indivíduos em condições de baixa disponibilidade de Fe e luz, sendo ausente em regiões onde a quantidade de Fe foi superior a 50 mg.dm^{-3} . Assim como para o alumínio, essa limitação demonstra uma forte intolerância de espécies competidoras-calcícolas a elevados teores de ferro no solo (Fig. 9).

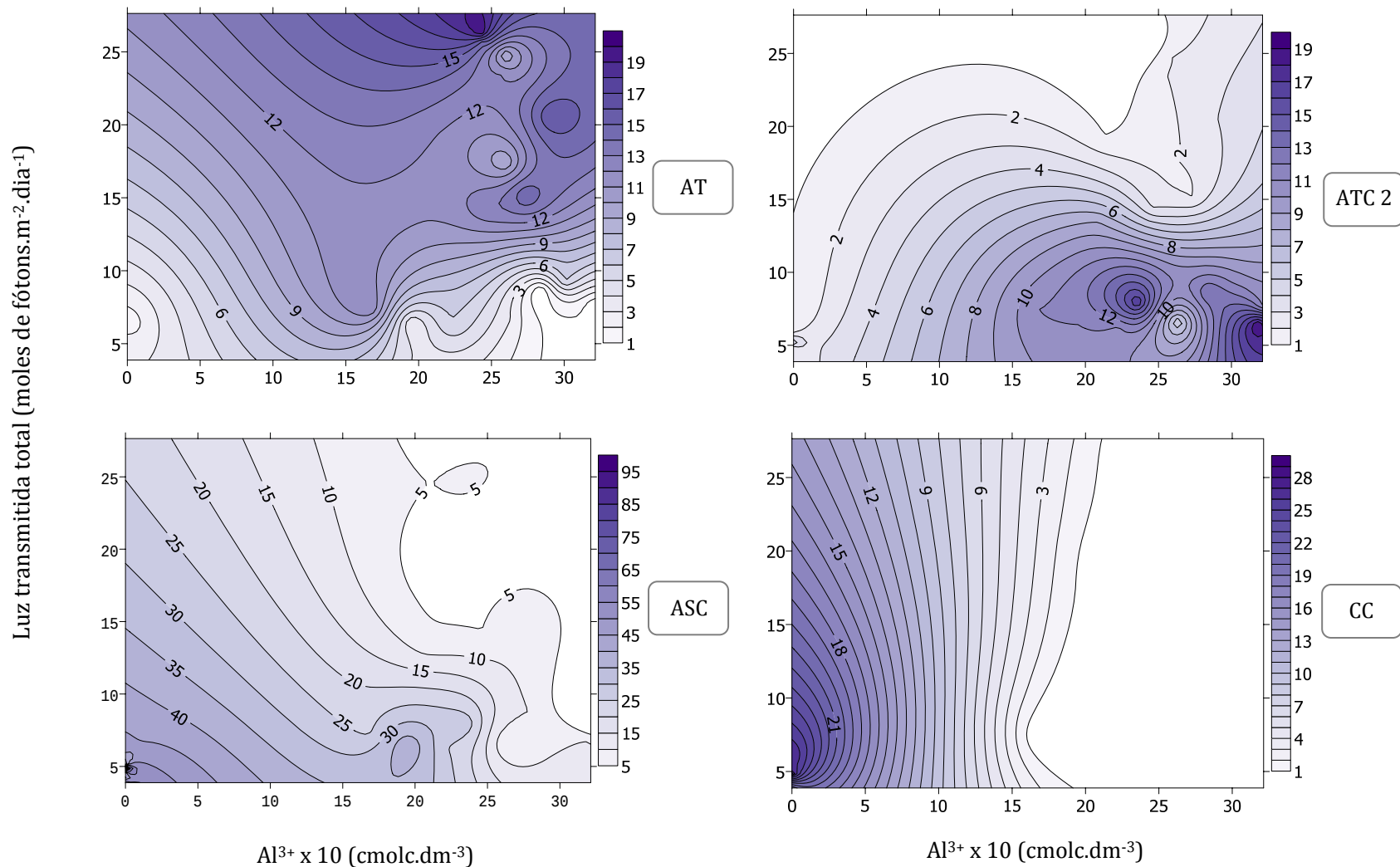


FIGURA 2. Isolinhas do número de indivíduos dos grupos funcionais por parcelas em resposta aos teores de Alumínio (Al³⁺) (cmolc.dm⁻³) e à luz transmitida total (moles de fótons.m⁻².dia⁻¹) no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. São apresentados os grupos funcionais cuja abundância se relacionou significativamente a tais variáveis explicativas ($p < 0,01$). (AT = alumínio-tolerantes; ATC 2 = alumínio-tolerantes-competidoras; ASC = alumínio-semicompetidoras; CC = competidoras-calcícolas, com valores de Al³⁺ multiplicados por 10 para adequação da escala do eixo).

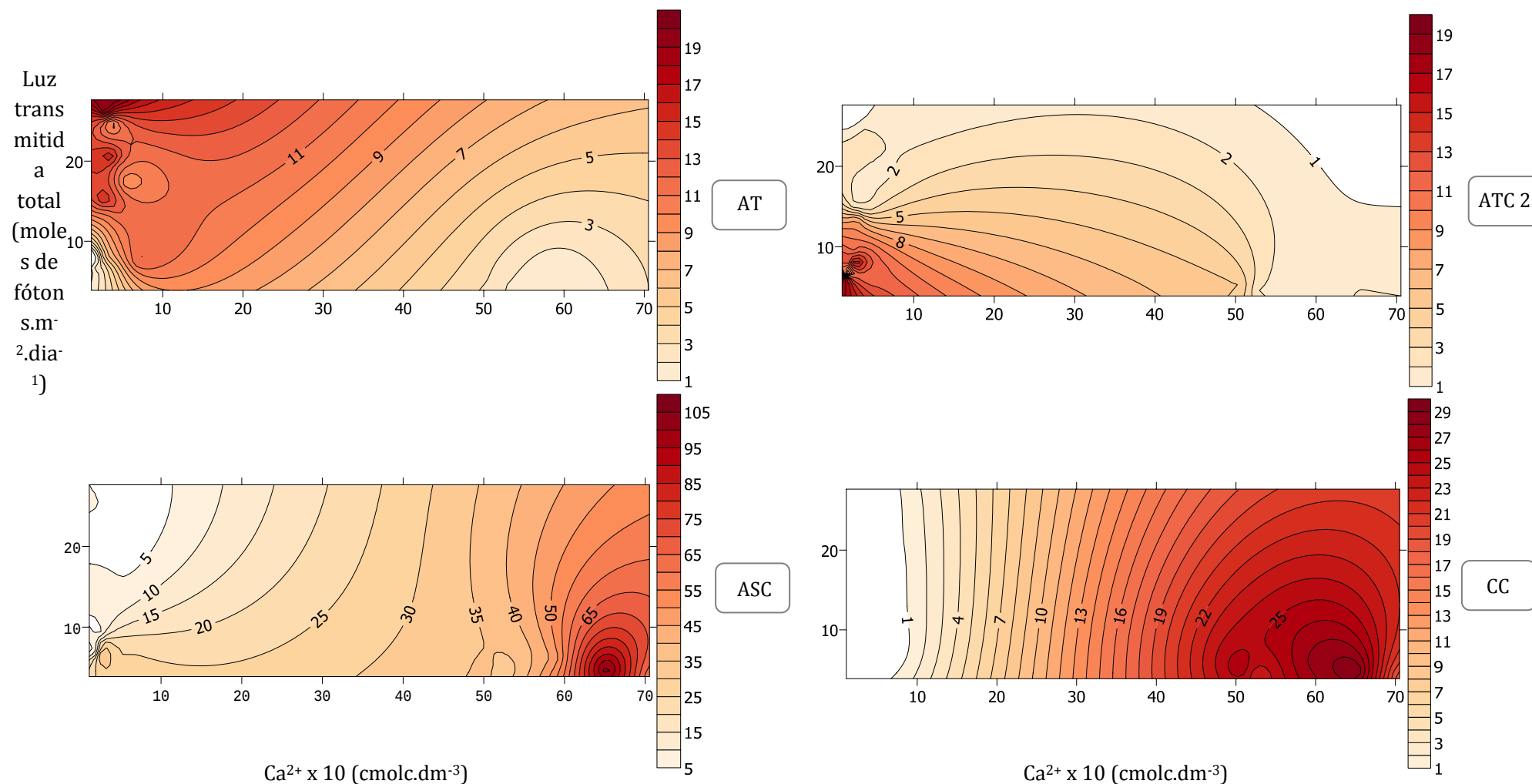


FIGURA 3. Isolinhas do número de indivíduos dos grupos funcionais por parcelas em resposta aos teores de Cálcio (Ca^{2+}) (cmolc.dm^{-3}) e à luz transmitida total (moles de fótons. $\text{m}^{-2}\text{.dia}^{-1}$) no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. São apresentados os grupos funcionais cuja abundância se relacionou significativamente a tais variáveis explicativas ($p < 0,01$). (AT = alumínio-tolerantes; ATC 2 = alumínio-tolerantes-competidoras; ASC = alumínio-semicompetidoras; CC = competidoras-calcícolas, com valores de Ca^{2+} multiplicados por 10 para adequação da escala do eixo).

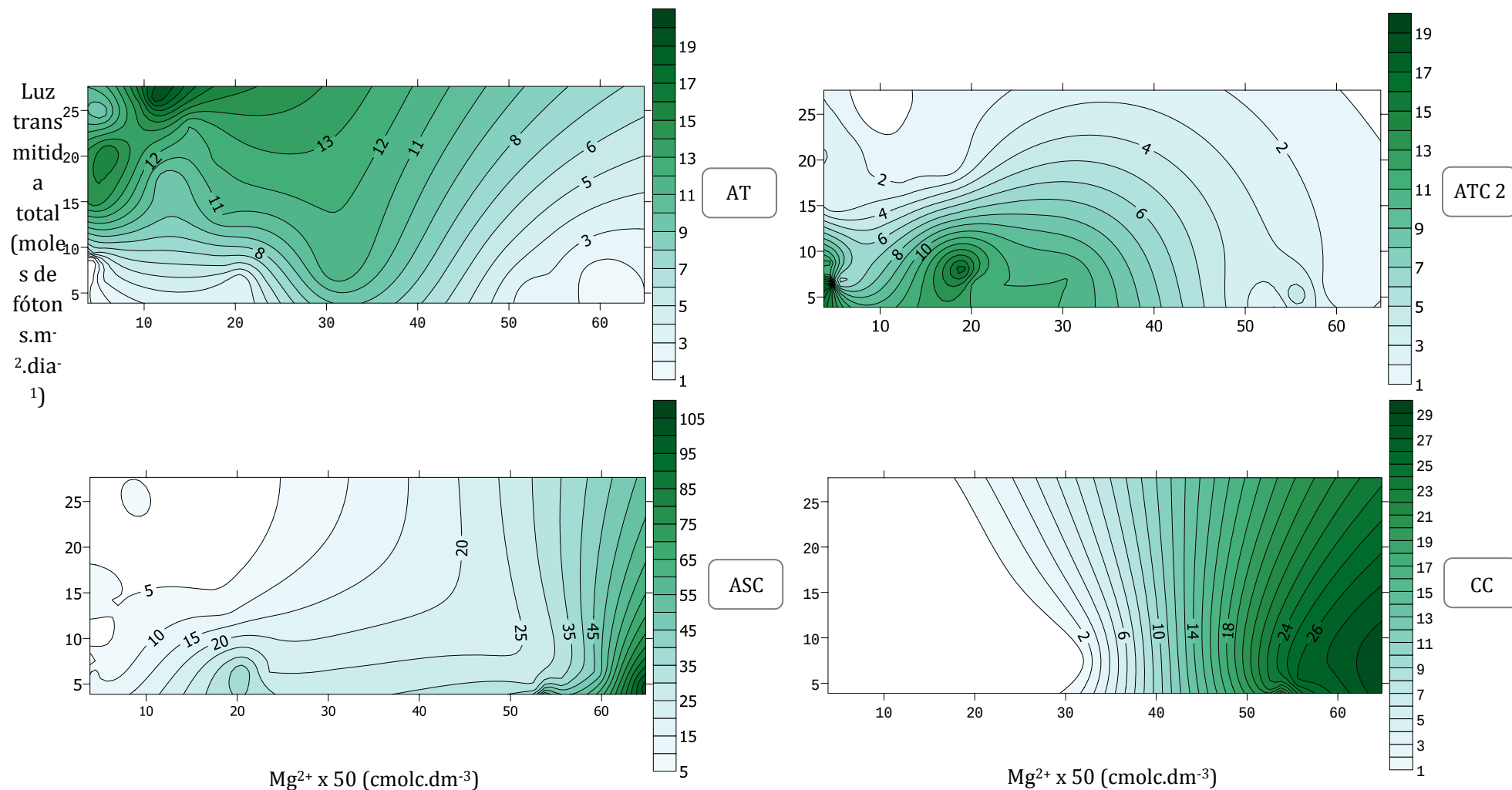


FIGURA 4. Isolinhas do número de indivíduos dos grupos funcionais por parcelas em resposta à luz transmitida total (moles de fótons.m⁻².dia⁻¹) e aos teores de Manésio (Mg²⁺) (cmolc.dm⁻³) no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. São apresentados os grupos funcionais cuja abundância se relacionou significativamente a tais variáveis explicativas ($p < 0,01$). (AT = alumínio-tolerantes; ATC 2 = alumínio-tolerantes-competidoras; ASC = alumínio-semicompetidoras; CC = competidoras-calcícolas, com valores de Mg²⁺ multiplicados por 50 para adequação da escala do eixo).

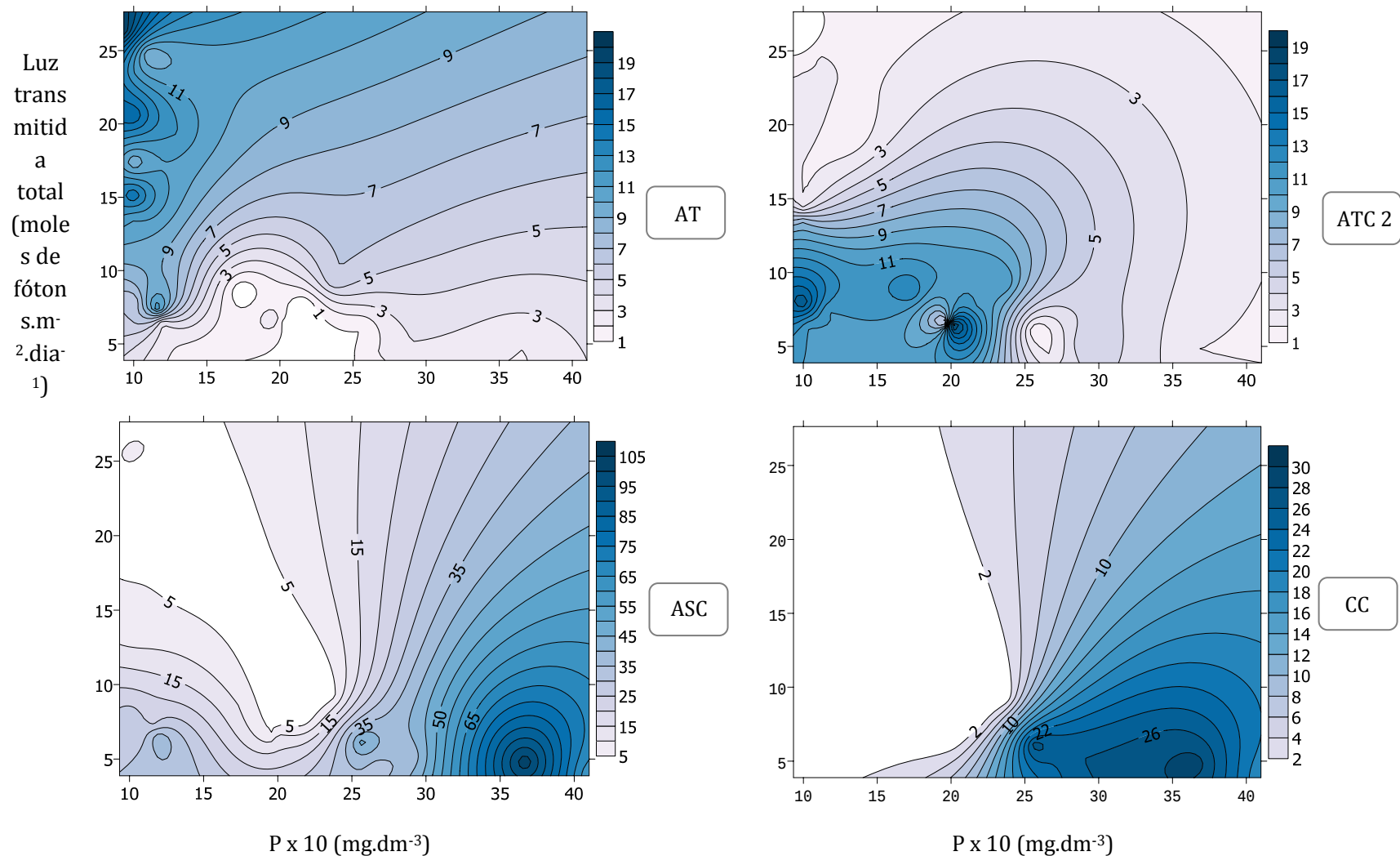


FIGURA 5. Isolinhas do número de indivíduos dos grupos funcionais por parcelas em resposta aos teores de Fósforo (P) (mg.dm⁻³) e à luz transmitida total (moles de fótons.m⁻².dia⁻¹) no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. São apresentados os grupos funcionais cuja abundância se relacionou significativamente a tais variáveis explicativas ($p < 0,01$). (AT = alumínio-tolerantes; ATC 2 = alumínio-tolerantes-competidoras; ASC = alumínio-semicompetidoras; CC = competidoras-calcícolas, com valores de P multiplicados por 10 para adequação da escala do eixo).

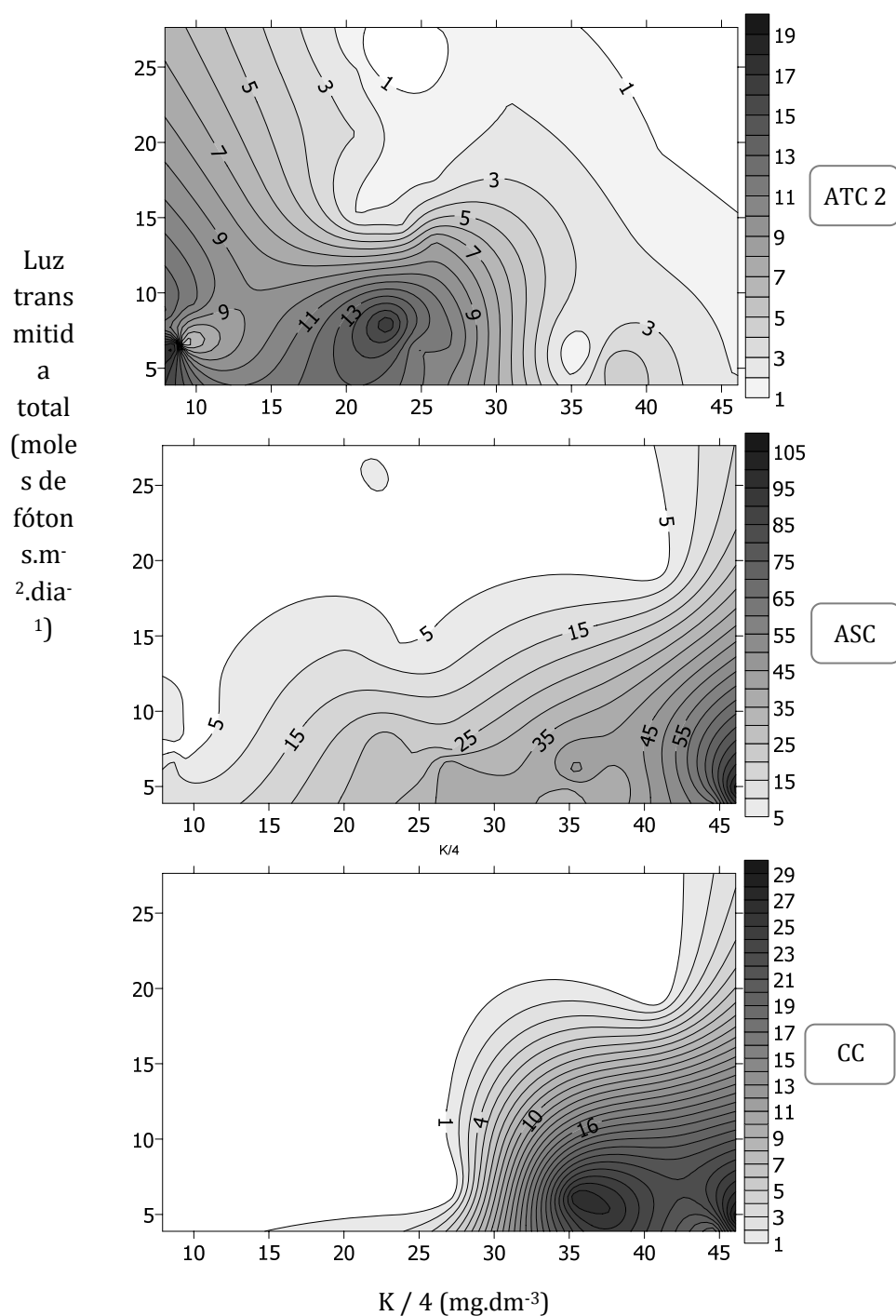


FIGURA 6. Isolinhas do número de indivíduos dos grupos funcionais por parcelas em resposta aos teores de Potássio (K) (mg.dm⁻³) e à luz transmitida total (moles de fótons.m⁻².dia⁻¹) no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. São apresentados os grupos funcionais cuja abundância se relacionou significativamente a tais variáveis explicativas ($p < 0,01$). (ATC 2 = alumínio-tolerantes-competidoras; ASC = alumínio-semicompetidoras; CC = competidoras-calcícolas, com valores de K divididos por 4 para adequação da escala do eixo).

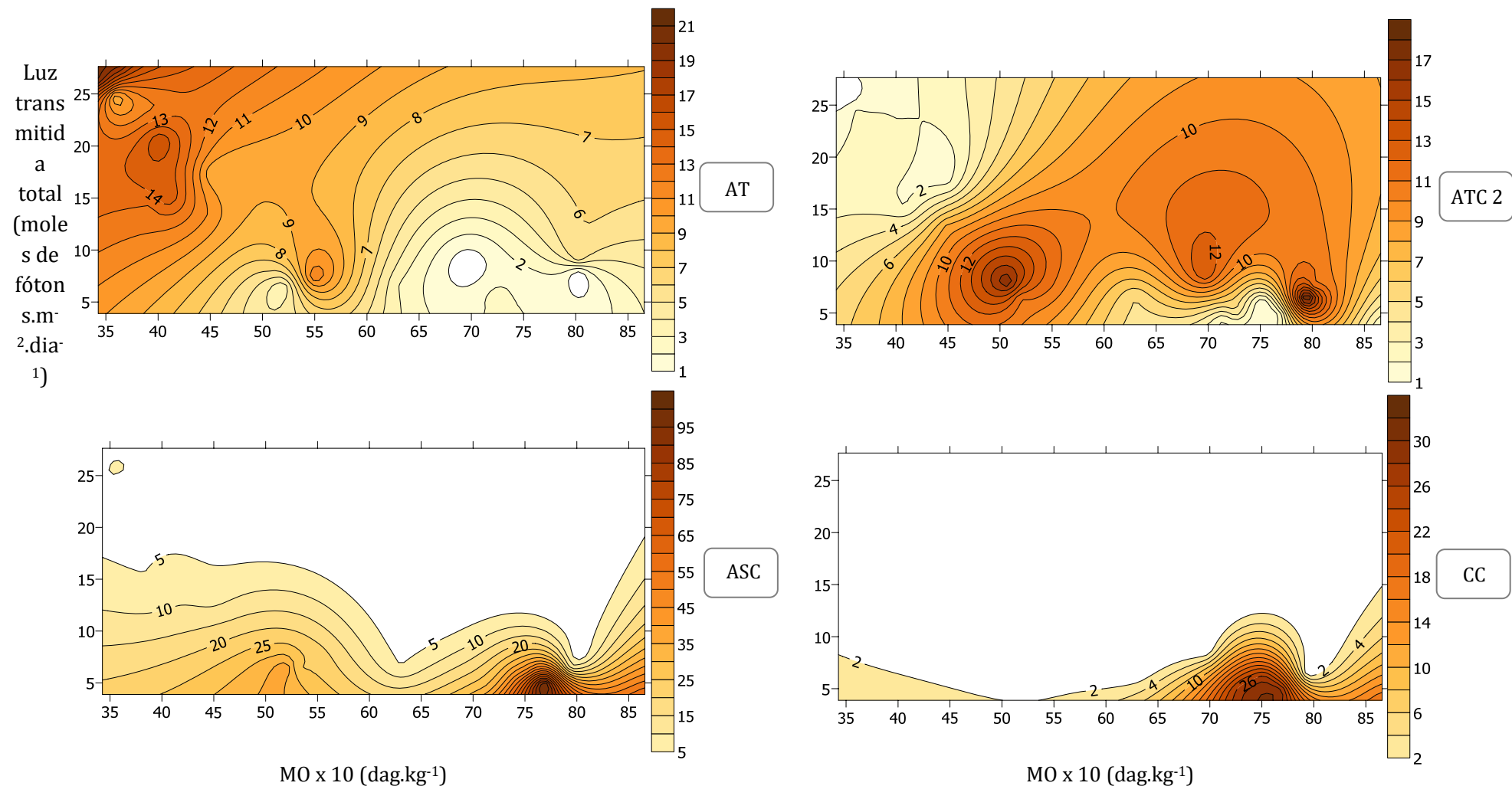


FIGURA 7. Isolinhas do número de indivíduos dos grupos funcionais por parcelas em resposta aos teores de Matéria Orgânica (MO) (dag.kg⁻¹) e à luz transmitida total (moles de fótons.m⁻².dia⁻¹) no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. São apresentados os grupos funcionais cuja abundância se relacionou significativamente a tais variáveis explicativas ($p < 0,01$). (AT = alumínio-tolerantes; ATC 2 = alumínio-tolerantes-competidoras; ASC = alumínio-semicompetidoras; CC = competidoras-calcícolas, com valores de MO multiplicados por 10 para adequação da escala do eixo).

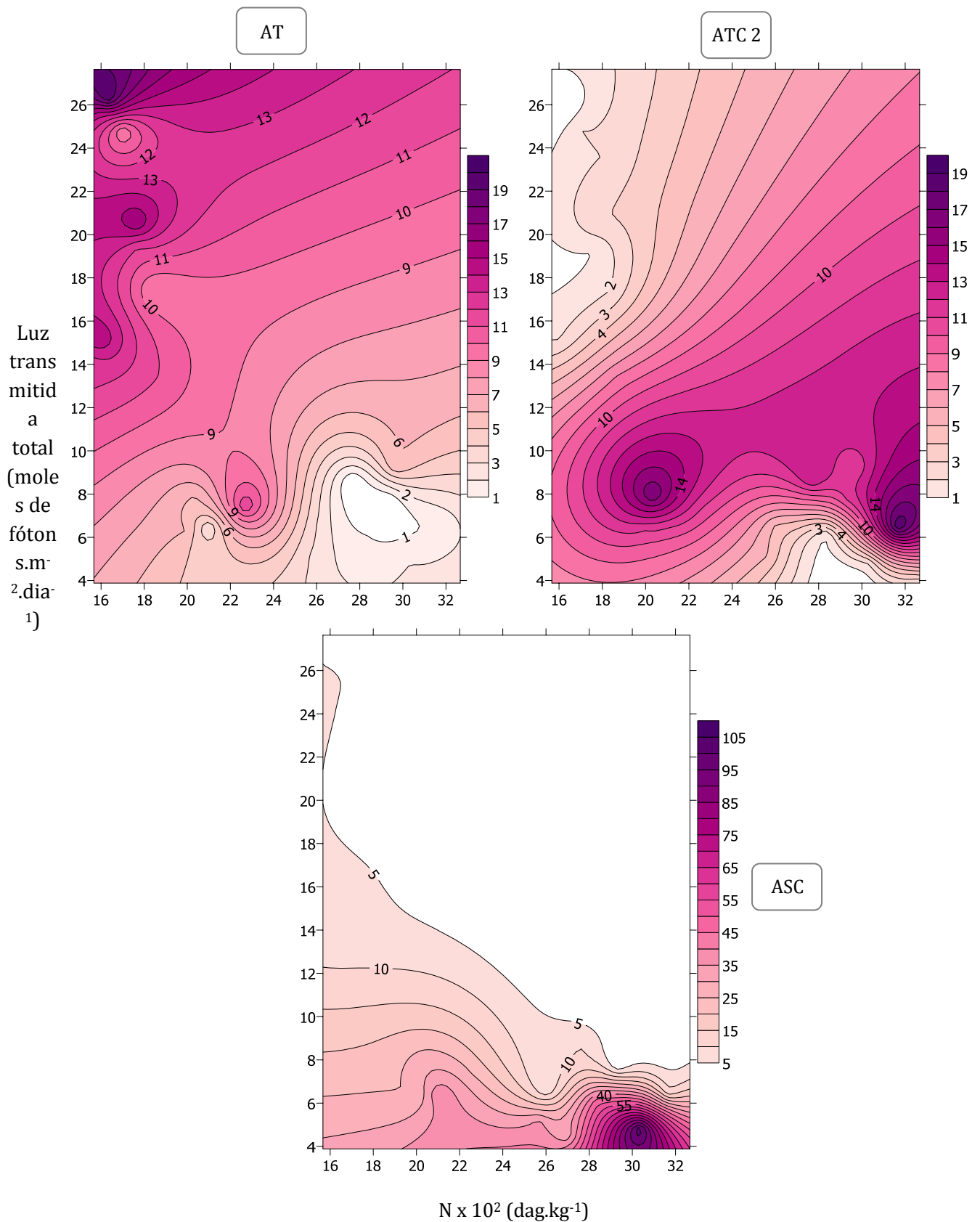


FIGURA 8. Isolinhas do número de indivíduos dos grupos funcionais por parcelas em resposta aos teores de Nitrogênio (N) (dag.kg⁻¹) e à luz transmitida total (moles de fótons.m⁻².dia⁻¹) no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. São apresentados os grupos funcionais cuja abundância se relacionou significativamente a tais variáveis explicativas ($p < 0,01$). (AT = alumínio-tolerantes; ATC 2 = alumínio-tolerantes-competidoras; ASC = alumínio-semicompetidoras, com valores de N multiplicados por 10² para adequação da escala do eixo).

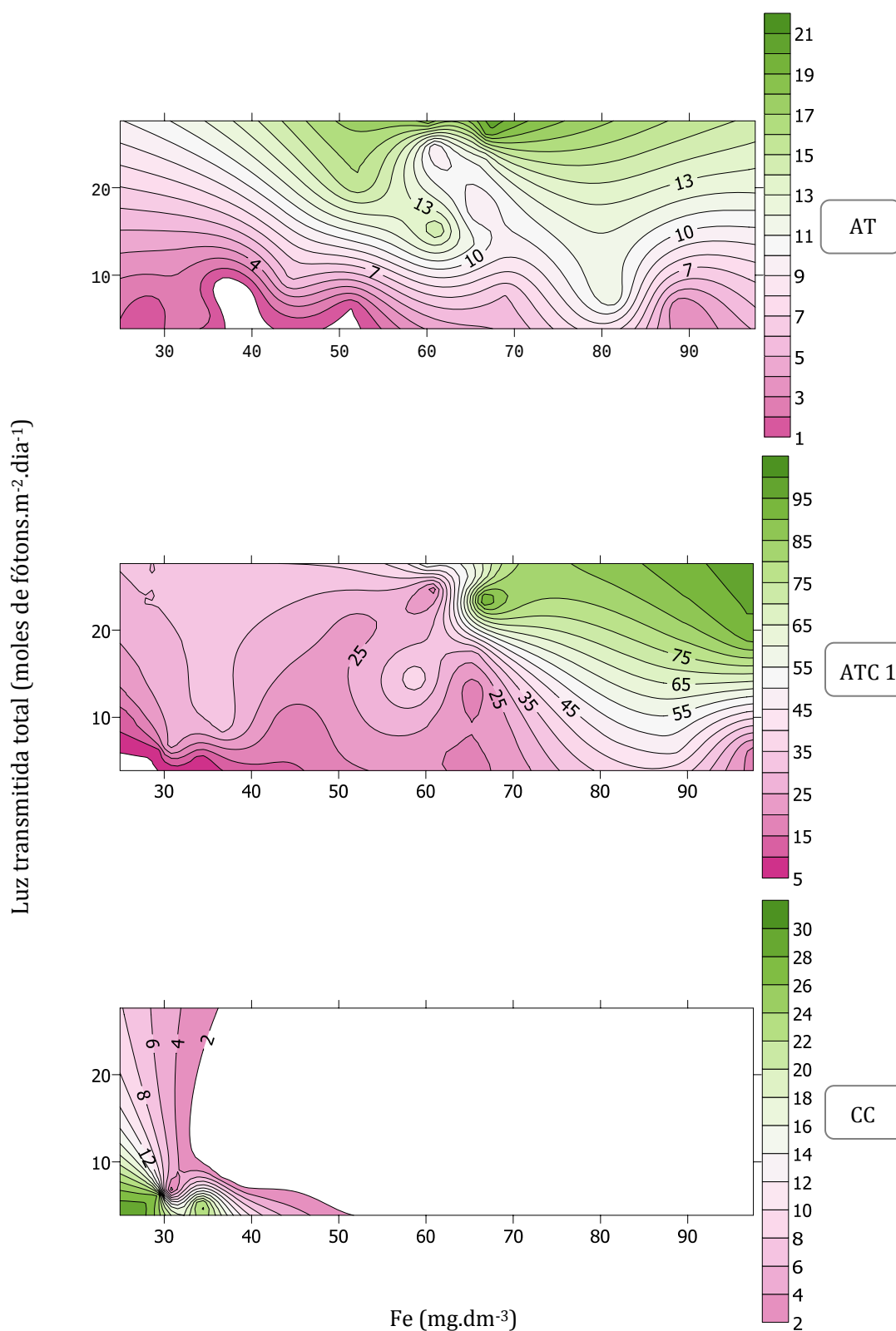


FIGURA 9. Isolinhas do número de indivíduos dos grupos funcionais por parcelas em resposta aos teores de Ferro (Fe) (mg.dm⁻³) e à luz transmitida total (moles de fótons.m⁻².dia⁻¹) no Cerrado da FLONA de Paraopeba, MG. São apresentados os grupos funcionais cuja abundância se relacionou significativamente a tais variáveis explicativas ($p < 0,01$). (AT = alumínio-tolerantes; ATC 1 = alumínio-tolerantes-competidoras; CC = competidoras-calcícolas.

4. DISCUSSÃO

A descrição da distribuição de espécies do Cerrado proposta neste estudo é similar àquela realizada por Goodland e Ferri (1979), que definem a existência de algumas espécies restritas às regiões de maior teor de alumínio, enquanto outras apresentam afinidade por solos mais férteis. Da mesma forma, Haridasan (1982, 1986, 1987) propõe a diferenciação entre espécies calcífilas e calcífugas.

Haridasan (1986, 1987, 1988) e Goodland e Ferri (1979) reconhecem muitas das espécies incluídas nos grupos AT ou ATC 1 como acumuladoras de alumínio. Chenery e Sporne (1976) indicam Proteaceae, Euphorbiaceae, Siparunaceae e Vochysiaceae como famílias que possuem representantes com característica de acumulação. Fabaceae, Malpighiaceae, Myrtaceae, Asteraceae e Dilleniaceae constam como famílias cujos representantes no Cerrado são tolerantes ao alumínio, mas sem o comportamento de acumulação (Goodland e Ferri 1979). Estudos anteriores relatam essa estratégia e sugerem o alto grau de especialização dessas espécies às condições ambientais do Cerrado (Warming e Ferri 1973, Goodland e Ferri 1979). Chenery e Sporne (1976) apontam correlações positivas entre a acumulação de alumínio e vários caracteres primitivos, o que indica a origem antiga deste comportamento. Portanto, o agrupamento de espécies de Cerrado em grupos funcionalmente diferentes não é novidade.

Também, muitas das espécies ASC e CC são relatadas por Ratter et al. (1978), Goodland e Ferri (1979), Haridasan (1987, 1992) e Neri (2007) como estreitamente relacionadas ou restritas a solos de maior fertilidade.

Contudo, detalhamentos sobre a partição de nicho de grupos funcionais não são encontrados na literatura. A significância ($p_a < 0,01$) dos gráficos de isolinhas mostraram que, para os gráficos utilizados, todos os índices de agregação foram maiores que 2, o que indica que a distribuição dos indivíduos destes grupos ocorre com acentuado adensamento. O agrupamento dos indivíduos em função da preferência ambiental em comum sugere que há adaptações a pressões seletivas que favorecem o estabelecimento de uma dada espécie em um determinado tipo de ambiente (MacArthur 1972, Kitajima e Poorter 2008).

Enquanto muitas espécies são afetadas negativamente pela presença de níveis baixos de um mineral no solo, outras podem sobreviver com seus altos níveis (Goodland e Ferri 1979, Chenery e Sporne 1976, Jansen et al. 2002) ou mesmo prosperar em tais condições (Haridasan 1988, Watanabe et al. 2005, Taiz e Zeiger 2009). Goodland (1971) apresenta evidências de que, dentre as diversas fisionomias de Cerrado, o cerrado *sensu stricto* condiciona suas espécies à maior saturação de alumínio. A distribuição das espécies AT

Curatella americana e *Byrsonima crassifolia* encontrada neste trabalho corrobora a descrição de Goodland e Ferri (1979) e Neri (2007), que definem a restrição de sua ocorrência a formações savânicas de Cerrado. Por outro lado, a maior fertilidade do solo e principalmente a maior disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} são determinantes para a ocorrência de *Luehea divaricata*, *Casearia rupestris*, *Dilodendron bipinnatum* e *Magonia pubescens* no cerradão mesotrófico (Ratter et al. 1978, Neri 2007), todas representantes do grupo CC.

As estratégias adaptativas ao excesso de um determinado componente ambiental são complexas e variam bastante entre as espécies (Kochian et al. 2005, Taiz e Zeiger 2009). Os mecanismos fisiológicos de resistência ao alumínio podem ser mediados pela via de exclusão, em que o alumínio é complexado na solução do solo, sendo impedido de absorção pela planta; ou o alumínio é absorvido, mas complexado internamente por ácidos orgânicos que anulam sua toxicidade (Machado 1997, Ma et al. 2001, Jansen et al. 2002, Kochian et al. 2005, Andrade et al. 2011).

A tolerância ao estresse e a habilidade competitiva em ambientes férteis constituem estratégias antagônicas e, por isso, incompatíveis (Grime 1977, 2001, Tilman 1988). Portanto, em um gradiente de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K e matéria orgânica, as espécies que reúnem características competitivas são mais bem-sucedidas nos locais mais férteis, cuja disponibilidade destes nutrientes é elevada. É este o caso das espécies dos grupos ASC e CC. Por outro lado, as espécies AT, ATC 1 e ATC 2 colonizam com maior êxito as áreas onde a indisponibilidade destes nutrientes é acentuada, assim como a incapacidade das competidoras em tolerar o alumínio. Neste caso, pode ser destacada a existência de um *trade-off* para as espécies do Cerrado, entre a habilidade competitiva e a capacidade de tolerância ao alumínio.

A quantidade de nutrientes disponível no solo e as características morfofisiológicas de adaptação conduzem cada espécie à condição de melhor adaptada a um ambiente particular. Ambos os aspectos são elementos importantes e inseparáveis que influenciam a composição vegetal de um *habitat* (Tilman 1988).

As vantagens seletivas das plantas de Cerrado devem ser compreendidas com uma análise da relação custo-benefício na absorção de carbono e da eficiência no aproveitamento dos recursos nutricionais (Sarmiento et al. 1985). As espécies dos cerrados *sensu stricto* apresentam comportamento de reabsorção máxima dos nutrientes do tecido antes da abscisão foliar (Kozovits et al. 2007). Em ambientes onde a principal limitação de recursos não decorre das características do solo, mas sim da pequena quantidade de luz disponível, a necessidade de preservar o estoque nutricional dos tecidos que virão a ser perdidos pode

ser acentuadamente menor (Loreau 1998), e a produção de estruturas fotossintéticas passa a ser prioritária (Grime 1979, Tilman 1988, Loureau 1998, Grime 2001).

O cálcio e o magnésio exercem efeito muito similar na forma como determinam a distribuição da abundância dos grupos funcionais. A concentração das espécies AT em locais de baixa disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} , demonstrada pelas Figuras 3 e 4, ocorre pela especialização na exploração de nichos onde as espécies calcícolas e semicompetidoras (CC e ASC, respectivamente) não têm vantagem competitiva porque sofrem os efeitos fitotóxicos da grande disponibilidade de Al^{3+} no solo (Haridasan 1987, 1992). Além disso, em solos mais pobres há uma forte pressão seletiva que favorece espécies que necessitam de menores níveis nutricionais em seus tecidos (Araújo e Haridasan 1988, Haridasan 1992, Haridasan 2008). Esta estratégia é vantajosa ainda que a taxa de fotossíntese seja comprometida e consideravelmente menor que aquela de espécies em solos férteis (Chapin 1980). As espécies calcícolas e semicompetidoras exploram o extremo oposto deste gradiente, onde o solo apresenta-se mais fértil e menos compatível com as estratégias daquelas que se especializaram na colonização de ambientes com menor disponibilidade nutricional.

As espécies AT têm distribuição fortemente determinada pela disponibilidade de nitrogênio. A correlação entre sua abundância e a quantidade de nitrogênio no solo é negativa, e muitas das características adaptativas a baixos níveis nutricionais citadas anteriormente podem se estender à disponibilidade deste nutriente. De fato, o nitrogênio é referido como condição limitante ao desenvolvimento das plantas do Cerrado (Bustamante et al. 2006), e é sugerido que as espécies do cerrado *sensu stricto* respondem positivamente à fertilização com nitrogênio (Kozovits et al. 2007). Entende-se que as espécies AT não exploram o nicho de maior quantidade de N porque têm sua habilidade competitiva prejudicada pelo investimento em mecanismos de resistência ao Al^{3+} , configurando-se como competidoras inferiores a ATC 2 e ASC nessa condição.

As fitofisionomias savânicas de Cerrado apresentam maior quantidade de luz disponível em decorrência do arranjo espacial, com indivíduos menores, mais dispersos e com menor densidade de copas (Goodland 1971, Goodland e Pollard 1973, Ribeiro e Walter 2008). No cerrado *sensu stricto*, onde o estresse pela alta disponibilidade de Al^{3+} é elevado, a morfologia da vegetação mostra que o crescimento das plantas é menor, porque são beneficiadas estratégias que tenham maior proporção de energia investida na manutenção dos mecanismos de resistência (Tilman 1988, Grime 1977, 1979, 2001). A adaptação das espécies tolerantes ao alumínio à faixa de maior disponibilidade de luz pode ser justificada

por um conjunto de configurações morfofisiológicas. Conforme Grime (1977, 2001), os mecanismos de resistência das espécies tolerantes ao estresse demandam grande fração do seu *pool* energético, comprometendo o padrão de enfolhamento e resultando em folhas e raízes longevas, enquanto as competidoras, cujos mecanismos são desnecessários, exibem comportamento contrário. Além disso, as espécies das fitofisionomias savânicas são incapazes de manter o balanço de carbono positivo em condições de auto sombreamento, o que significa que a produção intensiva de folhas é limitada também pela intolerância a condições de menor luminosidade (Hoffman et al. 2005). Estes autores sugerem, ainda, que a morfologia tipicamente tortuosa das árvores e arbustos esteja relacionada ao aumento da exposição das folhas, como maneira de incrementar a interceptação de luz.

Por outro lado, as espécies dos cerradões vivem sob condição de menor limitação de recursos nutricionais (matéria orgânica, N e P) e não sofrem o estresse proporcionado pela alta disponibilidade de Al^{3+} . Dessa forma, podem alocar maior proporção de fotoassimilados para o crescimento de estruturas fotossintéticas, o que afeta positivamente seu desenvolvimento (Tilman 1988, Grime 1977, 1979, 2001). Assim, as espécies vegetais dos solos mais férteis convivem com uma quantidade de luz disponível relativamente baixa. Neste caso, em que é desnecessária a manutenção de mecanismos de tolerância ao alumínio, é possível conceder investimento energético para o crescimento de estruturas fotossintéticas, como parte da estratégia de sobrevivência à menor disponibilidade de luz (Tilman, Grime 1977, 1979, 2001). É provável que as plantas desses ambientes apresentem ainda menor ponto de compensação luminosa e maior taxa de eficiência fotossintética como características fisiológicas de adaptação (Taiz e Zeiger 2009).

Enquanto as espécies estrategistas primárias são restritas aos extremos do gradiente ambiental, as estrategistas secundárias (ATC 1, ATC 2 e ASC) se estabelecem em um intervalo de disponibilidade de recursos muito mais amplo. Essa grande capacidade adaptativa pode ser derivada da plasticidade fenotípica (Tilman 1988) e, neste caso, o nível mínimo de recurso necessário à sua sobrevivência (R^*) é mais dificilmente definido, uma vez que se mostra bastante variável. Pode-se atribuir às espécies ATC 1, ATC 2 e ASC maior flexibilidade de resposta às condições ambientais, uma vez que sua expressão morfofisiológica pode variar notavelmente entre ambientes contrastantes. Muitas espécies classificadas no presente trabalho como estrategistas secundárias tiveram distribuição descrita anteriormente. Conforme apresentado por Lemos Filho et al. (2008), a distribuição de *Plathymenia reticulata* se estende de formações abertas até florestadas, com populações apresentando variada expressão morfológica e fenológica de adaptação a seu ambiente de

origem. Da mesma forma, Ratter et al. (2006) citam a plasticidade de *Brosimum gaudichaudii* e Bridgewater e Stirton (1997) descrevem a ampla distribuição de *Leptolobium dasycarpum* pelo Brasil Central e Nordeste, com morfologia diversa e formas de crescimento variando de pequeno arbusto a árvore.

A heterogeneidade ambiental e a diversidade de estratégias adaptativas permitem que as espécies coexistam ao longo de um gradiente de produtividade, havendo partição de nicho em intervalos com taxas de suprimento e perda de recursos nutricionais diferentes (Loreau 1998). A partição de nicho entre os grupos AT e CC é indicada pelos gráficos de isolinhas, e subsidia a explicação das diferentes estratégias adaptativas a condições ambientais muito contrastantes. Entre os grupos intermediários essa partição é menos distinguível, mas é possível notar tendências de agregação em condições ambientais mais próximas ou mais distantes de um determinado extremo do gradiente, dependendo da principal exigência do grupo.

Kitajima e Poorter (2008) consideram que a existência de nichos e o seu papel na determinação da distribuição e abundância das espécies são confirmados pela grande similaridade florística entre comunidades ambientalmente similares, mas geograficamente separadas. De fato, estudos anteriores confirmam a similaridade florística entre regiões de cerrado *sensu stricto*, assim como entre fitofisionomias florestais de Cerrado (Goodland 1971, Goodland e Pollard 1973, Campos et al. 2006, Souza et al. 2008). Segundo Kitajima e Poorter (2008), as espécies compartilhadas entre esses ambientes mais estressantes possuem características funcionais convergentes de adaptação às adversidades ambientais. Assim, a partição de nicho entre AT, ATC 1, ATC 2, ASC e CC nos extremos opostos do gradiente ocorre em função da associação entre as estratégias adaptativas das espécies de cada grupo e as condições ambientais das quais são dependentes (Grime 1977, 1979, 2001, Kitajima e Poorter 2008).

Como demonstrado pelas Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, as espécies ATC 2 podem ser consideradas adaptadas a condições adversas mais intensas, pois sofrem simultaneamente o estresse da alta concentração de alumínio e da baixa quantidade disponibilidade de luz. Possivelmente, esse duplo estresse nos locais onde as espécies *Bowdichia virgilioides*, *Plathymenia reticulata* e *Styrax camporum* se estabelecem é compensado pela maior quantidade de nitrogênio e matéria orgânica. Segundo Tilman (1988), a compensação de um recurso por outro denota que pode haver uma relação de essencialidade interativa entre estes. Em relação a ATC 2, a limitação ao estabelecimento causada pela alta saturação de Al^{3+}

e carência de luz seria superada pela disponibilidade de matéria orgânica e nitrogênio no solo.

O grupo CC pode ser considerado o mais bem definido dentre todos os propostos neste trabalho e nos estudos de Neri et al. (inédito), uma vez que o R^* referente ao Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e K são muito facilmente distinguíveis. Como demonstrado pelas isolinhas de abundância, suas espécies são exigentes de solos férteis, sendo completamente excluídas de ambientes com baixa fertilidade e alta saturação de Al^{3+} e Fe. As condições favoráveis ao seu estabelecimento são reunidas no cerradão mesotrófico, cujo solo ocupa pequenas áreas na região do Cerrado e é um dos tipos edáficos mais férteis, livre das limitações ambientais impostas pela toxidez do alumínio (Araújo e Haridasan 1988).

Por outro lado, a distribuição da abundância dos grupos estrategistas secundários ao longo de condições ambientais intermediárias (Figs. 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) demonstra que sua resposta a um determinado recurso é visivelmente menos acentuada que a resposta dos grupos de estratégias primárias, porque sua ocorrência apresenta ponto de restrição (R^*) muito menos definido. Assim, é provável que a plasticidade fenotípica das espécies dos grupos ATC 2 e ASC seja a grande responsável pela amplitude ambiental que a distribuição de abundância deste grupos alcança.

O grupo ATC 1 é considerado o menos consistente dentre todos os propostos porque exhibe distribuição espacial em função apenas da disponibilidade de ferro. No entanto, a expressão matemática que define as espécies deste grupo faz uso da área basal ($\text{Abundância} = \text{AB}^3 \times \text{Al}/2$), única variável que não é de solo e que pode apresentar valores duvidosos. É possível que tal modelo reúna espécies com comportamentos muito distintos, o que provoca grande ruído nas análises de agregação.

5. CONCLUSÕES

A distribuição de espécies dos grupos AT, ATC 2, ASC e CC é simultaneamente determinada pela disponibilidade de luz e de Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e matéria orgânica no solo.

A segregação espacial entre os grupos AT e CC acontece de maneira nítida. Em condições de alta disponibilidade de Al^{3+} , Fe e luz, e baixa concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, matéria orgânica e N predomina a ocorrência de espécies AT. No outro extremo do gradiente ambiental, com baixa disponibilidade de Al^{3+} , Fe e luz, e alta concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K e matéria orgânica, predominam as espécies CC.

Os grupos ATC 1, ATC 2 e ASC, estrategistas secundários, se distribuem por um trecho do gradiente ambiental mais amplo, sendo menos distinguível a partição de nicho entre si e entre o grupo estrategista primário próximo. No entanto, é possível notar que a distribuição de cada grupo se agrega em condições ambientais próximas daquelas exigidas por sua principal estratégia de adaptação, onde ATC 1 e ATC 2 são mais próximos de AT, enquanto ASC é próximo de CC.

O grupo ATC 1 se mostrou o menos consistente, uma vez que sua agregação foi determinada apenas pela disponibilidade de luz e Fe no solo. Podem ser necessários ajustes ao modelo que determina as espécies que compõem este grupo, mas é sugerido que há um importante papel Fe na determinação do gradiente ambiental no Cerrado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.P.G. [= Angiosperm Phylogeny Group] III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linnean Soc.* 161: 105-121.
- ALONSO, C. M. *Heterogeneidad especial y temporal en el dosel de un pinar de Pinus sylvestris L.: implicaciones em el sotobosque*. 2007. 188p. Tese (Doutorado em Ecología Florestal) – Universidade Autónoma de Madrid, Madrid, 2007.
- ANDERSON, M. C. 1964. Studies of the woodland light climate: I. The photographic computation of light conditions. *The Journal of Ecology*, v.52, n.1, p.27-41.
- ANDRADE, L. R. M.; BARROS, L. M. G.; ECHEVARRIA, G. F. AMARAL, L. I. V.; COTTA, M. G.; ROSSATO, D. R.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C. 2011. Al-hyperaccumulator Vochysiaceae from the Brazilian Cerrado store aluminum in their chloroplasts without apparent damage. *Environmental and Experimental Botany*, v.70, p.37-42.
- ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. 1988. A comparison of the nutritional status of two forest communities on mesotrophic and dystrophic soils in Central Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1075-1089.
- BRESHEARS, D. D.; LUDWIG, J. A. 2010. Near-ground solar radiation along the grassland–forest continuum: Tall-tree canopy architecture imposes only muted trends and heterogeneity. *Austral Ecology*, v.35, p.31-40.
- BRIDGEWATER, S. G. M.; STIRTON, C. H. 1997. A morphological and biogeographic study of the *Acosmium dasycarpum* complex (Leguminosae: Papilionoideae, Sophoreae). *Kew Bulletin*, v.52, n.2, p.471-475.
- BUSTAMANTE, M. M. C.; MEDINA, E.; ASNER, G. P.; NARDOTO, G. B.; GARCIA-MONTIEL, D. C. 2006. Nitrogen cycling in tropical and temperate savanas. *Biogeochemistry*, v.79, p.209-237.
- CAMPOS, E. P.; DUARTE, T. G.; NERI, A. V.; SILVA, A. F.; MEIRA-NETO, J. A. A.; VALENTE, G. E. 2006. Composição florística de um trecho de cerradão e cerrado e sua relação com o solo na Floresta Nacional (FLONA) de Paraopeba, MG, Brasil. *Revista Árvore*, v.30, n.3, p.471-479.
- CASTRO, E. A.; KAUFFMAN, J. B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology*, v.14, n.3, p.263-283.
- CHAPIN, F. S. III. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v.11, p.233-260.
- CHENERY, E. M.; SPORNE, K. R. 1976. A note on the evolutionary status of aluminium-accumulators among Dicotyledons. *New Phytologist*, v.76, p.551-554.
- CIENTEC. *Mata Nativa 2: Manual do Usuário*. CIENTEC, Viçosa, 2006. 295p.

- CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; ter STEEGE, H.; MORGAN, H. D.; van der HEIJDEN, M. G. A.; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, v.51, p.335-380.
- COUTINHO, L. M. 1978. O conceito de Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, v.1, p.17-23.
- DÍAZ, S.; CABIDO, M. 1997. Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *Journal of Vegetation Science*, v.8, p.463-474.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análises de solo*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, 2ª ed. 1997.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, 2ª ed. 2006, 306p.
- FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. *Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, user's manual and program documentation*. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, 1999. 36p.
- FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. 1988. Soil resources and plant communities of the Central Brazilian Cerrado and their development. *Journal of Biogeography*, v.15, p.97-108.
- GARNIER, E.; LAURENT, G.; BELLMANN, A.; DEBAIN, S.; BERTHELIER, P.; DUCOUT, B.; ROUMET, C.; NAVAS, M. L. 2001. Consistency of species ranking based on functional leaf traits. *New Phytologist*, v.152, p.69-83.
- GOODLAND, R. 1971. A physiognomic analysis of the Cerrado vegetation of Central Brazil. *The Journal of Ecology*, v.59, n.2, p.411-419.
- GOODLAND, R.; FERRI, M. G. *Ecologia do Cerrado*. São Paulo : Editora Itatiaia, 1979, 193p.
- GOODLAND, R.; POLLARD, R. 1973. The Brazilian Cerrado vegetation: a fertility gradient. *The Journal of Ecology*, v.61, n.1, p.219-224.
- GRIME, J. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, v.111, n.982, p.1169-1194.
- GRIME, J. P. *Plant strategies and vegetation processes*. New York: John Wiley & Sons, 1979. 222p.
- GRIME, J. P. *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. Chichester: John Wiley & Sons, 2nd ed., 2001. 417p.
- HARIDASAN M. 2000. Nutrição mineral das plantas nativas do Cerrado: grupos funcionais. p.159-164. In: CAVALCANTI, T. B.; WALTER, B. M. T. (eds.). *Tópicos Atuais em Botânica*. SBB - EMBRAPA CENARGEN, Brasília. 400p.
- HARIDASAN, M. 1982. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. *Plant and Soil*, v.65, n.2, p.265-273.

- HARIDASAN, M. 1987. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the cerrado region of central Brazil. p.309-348. In: SAN JOS, J.J. MONTES, R. (eds.). *La Capacidad Bioproductiva de Sabanas*. I.V.I.C., Caracas, Venezuela, 545p.
- HARIDASAN, M. 1988. Performance of *Miconia albicans* (SW.) Triana, an aluminum-accumulating species, in acidic and calcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1091-1103.
- HARIDASAN, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentrations, and floristic composition of cerrado and cerradão communities in central Brazil. p.171-184. In: PROCTOR, J.; RATTER, J. A.; FURLEY, P. A. (eds.). *The Nature and Dynamics of forest-savanna boundaries*. Chapman & Hall, London, 616p.
- HARIDASAN, M. 2008. Nutritional adaptations of native plants of the Cerrado biome in acid soils. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.20, n.3, p.183-195.
- HARIDASAN, M.; PAVIANI, T. I.; SCHIAVINI, I. 1986. Localization of aluminium in the leaves of some aluminium-accumulating species. *Plant and Soil*, v.94, p.435-437.
- HOFFMANN, W. A.; SILVA JR, E. R.; MACHADO, G. C.; BUCCI, S. J.; SCHOLZ, F. G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C. 2005. Seasonal leaf dynamics across a tree density gradient in a Brazilian savanna. *Oecologia*, v.145, p.307-316.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2011. (<http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=tmed>, <http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=prec>, acesso em 05/02/2011).
- JANSEN, S.; BROADLEY, M. R.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. 2002. Aluminum hyperaccumulation in Angiosperms: a review of its phylogenetic significance. *The Botanical Review*, v.68, n.2, p.235-269.
- JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.121, p.19-35.
- KITAJIMA, K.; POORTER, L. 2008. Functional basis for resource partitioning by tropical trees. p.160-181. In: CARSON, W. P.; SCHNITZER, S. A. (eds). *Tropical Forest Community Ecology*. Oxford: Wiley-Blackwell, 517p.
- KOBE, R. K. 1999. Light gradient partitioning among tropical tree species through differential seedling mortality and growth. *Ecology*, v.80, p.187-201.
- KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M. A.; HOEKENGA, O. A. 2005. The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity. *Plant and Soil*, v.274, p.175-195.
- KOZOVITS, A. R.; BUSTAMANTE, M. M. C.; GAROFALO, C. R.; BUCCI, S.; FRANCO, A. S.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C. 2007. Nutrient resorption and patterns of litter production and decomposition in a Neotropical Savanna. *Functional Ecology*, v.21, p.1034-1043.

- KREBS, C. J. *Ecological Methodology*. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc., 2^a ed., 1999, 620p.
- LEGENDRE, P.; FORTIN, M. J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio*, v.80, p.107-138.
- LEMOS-FILHO, J. P.; GOULART, M. F.; LOVATO, M. B. 2008. Populational approach in ecophysiological studies: the case of *Plathymenia reticulata*, a tree from Cerrado and Atlantic Forest. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.20, n.3, p.205-216.
- LOREAU, M. 1998. Ecosystem development explained by competition within and between material cycles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 265, p.33-38.
- MA, J. F.; RYAN, P. R.; DELHAIZE, E. 2001. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. *Trends in Plant Science*, v.6, n.6, p.273-278.
- MacARTHUR, R. H. *Geographical ecology: Patterns in the distribution of species*. Princeton University Press, New Jersey, 1972, 288p.
- MACHADO, P. L. O. A. *Considerações gerais sobre a toxicidade de alumínio nas plantas*. Série Documentos, 2. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. 22 p.
- MOTTA, P. E. F.; CURTI, N.; FRANZMEIER, D. P. 2002. Relation of soils and geomorphic surfaces in the Brazilian Cerrado. p.13-32. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil : Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, 367p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; H. ELLENBERG. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley, New York, 1974. 547p.
- NERI, A. V. *Gradiente pedológico-vegetacional de Cerrado em Paraopeba, MG*. 2007. 141p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- NERI, A.; SCHAEFER, C.; FERREIRA-JUNIOR, W.; SOUZA, A.; MEIRA-NETO, J. A. A. *Edaphic plant strategies in the Brazilian Cerrado*. (dados não publicados).
- NEWTON, A. C. *Forest Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford University Press, Oxford, 2007. 454p.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. p.91-120. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, 367p.
- PERRY, J. N. 1995. Spatial analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*, v.64, p.303-314.
- PERRY, J. N.; WINDER, L.; HOLLAND, J. M.; ALSTON, R. D. 1999. Red-blue plots for detecting clusters in count data. *Ecology Letters*, v.2, p.106-113.

- PILLAR, P. V.; SOSINSKI, E. E. 2003. An improved method for searching plant functional types by numerical analysis. *Journal of Vegetation Science*, v.14, p.323-332.
- RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, V.; LÓPEZ-BUCIO, J. HERRERA-ESTRELLA, L. 2005. Adaptative responses in plants to nonoptimal soil pH. p.145-170. In: JENKS, M. A.; HASEGAWA, P. M. (Eds.). *Plant abiotic stress*. Blackwell Publishing, 270p.
- RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R. 1978. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso II. Forests and soils of the Rio Suia-Missu area. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v.203, p.191-208.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. 2006. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados. p.31-58. In: PENNINGTON, R. T.; RATTER, J. A.; LEWIS, G. P. (Eds.). *Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation*. The Systematics Association Special volume Series 69, CRC Press – Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, 504p.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. p.151-212. In: SANO, M. S.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.) *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 406p.
- SARMIENTO, G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. 1985. Adaptive strategies of woody species in Neotropical Savannas. *Biological Reviews*, v.60, p.315-355.
- SILVA-JÚNIOR, M. C. *Composição florística, estrutura e parâmetros fitossociológicos do cerrado e sua relação com solo na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba, MG*. 1984. 130p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.
- SOUZA, P. B.; MEIRA-NETO, J. A. A.; SILVA, A. F.; SOUZA, A. L. 2008. Composição florística da vegetação arbórea de um remanescente de cerradão, Paraopeba, MG. *Revista Árvore*, v.32, n.4, p.781-790.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre : Editora Artmed, 4ª ed., 2009, 848p.
- THIBAU, C. E. et al. 1975. Inventário preliminar expedido na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba em Minas Gerais. *Brasil Florestal*, v.6, p.34-71.
- TILMAN, D. *Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities*. Monographs in Population Biology, Princeton University Press, 1988. 360p.
- WARMING, E.; FERRI, M. G. *Lagoa Santa e a Vegetação de Cerrados Brasileiros*. São Paulo : Editora Itatiaia, 1973, 362p.
- WATANABE, T.; JANSEN, S.; OSAKI, M. 2005. The beneficial effect of aluminium and the role of citrate in Al accumulation in *Melastoma malabathricum*. *New Phytologist*, v.165, p.773-780.