

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL**

**REGENERAÇÃO NATURAL DA VEGETAÇÃO ARBÓREA E RELAÇÕES  
AMBIENTAIS EM DOIS FRAGMENTOS DE CERRADO *SENSU STRICTO***

**ANA LUIZA MOREIRA DA COSTA**

**2019**

**ANA LUIZA MOREIRA DA COSTA**

**REGENERAÇÃO NATURAL DA VEGETAÇÃO ARBÓREA E RELAÇÕES  
AMBIENTAIS EM DOIS FRAGMENTOS DE CERRADO *SENSU STRICTO***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. André R. Terra Nascimento

**UBERLÂNDIA**

**2019**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C837	Costa, Ana Luiza Moreira da, 1987-
2019	Regeneração natural da vegetação arbórea e relações ambientais em dois fragmentos de Cerrado sensu stricto [recurso eletrônico] / Ana Luiza Moreira da Costa. - 2019.  Orientador: André Rosalvo Terra Nascimento. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Qualidade Ambiental. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2111">http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2111</a> Inclui bibliografia.  1. Desenvolvimento sustentável. I. Nascimento, André Rosalvo Terra , 1969-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Qualidade Ambiental. III. Título.  CDU: 502.33

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

**ANA LUIZA MOREIRA DA COSTA**

**REGENERAÇÃO NATURAL DA VEGETAÇÃO ARBÓREA E RELAÇÕES  
AMBIENTAIS EM DOIS FRAGMENTOS DE CERRADO *SENSU STRICTO***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 28 de junho de 2019.

---

Prof. Dr. André R. Terra Nascimento – INBIO, UFU (Orientador)

---

Prof. Dr. Lucas Basílio Carvalho Azevedo – ICIAG, UFU

---

Prof. Dra. Isa Lúcia de Moraes – UEG

**UBERLÂNDIA  
2019**

*Aos meus pais, Maria Delma e José Maria,  
aos meus irmãos, Daniel e Ricardo, e ao meu  
noivo Fernando, com todo o carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente e sempre à Deus pelas bênçãos e por me permitir vencer em mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais, Delma e José Maria, pelo amor e apoio incondicional em todas as minhas escolhas e por serem meus maiores incentivadores sempre.

Aos meus irmãos, Daniel e Ricardo, que são parte essencial deste alicerce que é a nossa família.

Ao meu noivo, Fernando, por todo apoio, compreensão e amor durante este período.

Ao prof. Dr. André R. Terra Nascimento, pela orientação e paciência, pelos conhecimentos compartilhados, por se dispor a ir nas coletas de campo e pela parceria.

Aos professores Jimi Naoki Nakajima, Rosana Romero e Benedito A. Silva Pereira pelo auxílio nas identificações botânicas.

Aos componentes da banca, professor Dr. Lucas Azevedo e professora Dra. Isa Lucia de Moraes, pela disponibilidade em participar e pelas contribuições para a melhoria do trabalho.

Ao professor Dr. Elias Nascentes Borges e ao técnico Marcelo Dias do Laboratório de Manejo e Conservação do Solo da UFU, por cederem o espaço, os reagentes e pelo auxílio na realização das análises.

Não poderia deixar de agradecer imensamente ao meu pai José Maria, parte essencial para esta pesquisa, que me acompanhou e me ajudou em todos os campos com toda dedicação e interesse, e organizou tudo que foi necessário.

A toda minha família que me deu todo o apoio, longe ou perto, em especial aos que participaram das excursões de campo e da organização, Ricardo, Fernando, Gustavo, tio Idelbrando, tia Ercy, tia Eugênia e minha mãe, Delma.

Ao Ricardo pelo auxílio com a tradução para a língua inglesa e disponibilidade em ajudar, sempre.

À colega Danúbia Soares, pela ajuda com as análises estatísticas, pelas outras tantas contribuições com este trabalho e por ser tão disposta a ajudar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da UFU pela oportunidade e à secretaria do programa por todo o auxílio.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	8
ABSTRACT .....	9
I. INTRODUÇÃO GERAL .....	10
II. HIPÓTESE E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	13
REFERÊNCIAS .....	14
CAPÍTULO 1 .....	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT .....	19
1. INTRODUÇÃO .....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1 Área de Estudo .....	23
2.2 Amostragem da vegetação arbórea .....	25
2.3 Análise dos dados .....	27
3 RESULTADOS.....	29
4 DISCUSSÃO .....	48
5 CONCLUSÕES .....	51
REFERÊNCIAS.....	52
CAPÍTULO 2 .....	59
RESUMO.....	60
ABSTRACT .....	61
1 INTRODUÇÃO.....	62
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.1 Área de estudo.....	65
2.2 Variáveis ambientais, biofísicas e atributos do solo .....	65
2.3 Análise dos Dados .....	67
3 RESULTADOS.....	69

4	DISCUSSÃO .....	81
5	CONCLUSÕES .....	84
	REFERÊNCIAS .....	85
	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	92
	RECOMENDAÇÕES SILVICULTURAIS .....	93
	APÊNDICE A.....	94

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO I

- Figura 1.** Localização da área de estudo em Minas Gerais (bioma Cerrado em verde) no município de Serra do Salitre, e dos dois fragmentos estudados na Fazenda Santa Cruz.....23
- Figura 2.** Aspecto da vegetação arbórea no Fragmento 1 – F1 (A) e Fragmento 2 - F2 (B) em Serra do Salitre, MG.....24
- Figura 3.** Imagem com a localização da Fazenda Santa Cruz (em amarelo) e dos dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* (F1 e F2) estudados. Fonte: Google Earth (acesso em 15 de junho de 2019).....25
- Figura 4.** Croqui esquemático da alocação dos transectos nos fragmentos e das parcelas aleatorizadas nos transectos (a), e ilustração das classes I e II de amostragem da regeneração natural arbórea (b), na Fazenda Santa Cruz, município de Serra do Salitre, MG. No esquema (a), a linha azul representa a drenagem natural de água, a linha verde representa o contorno do fragmento e as linhas pretas, os transectos de amostragem de vegetação.....26
- Figura 5.** Número de espécies por família botânica na amostragem de regeneração natural na classe I (a) e classe II (b) do Fragmento 1 e na amostragem da classe I (c) e classe II (d) do Fragmento 2 de cerrado *sensu stricto* na fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, MG.....30
- Figura 6.** Porcentagem de indivíduos regenerantes arbóreos por família botânica na amostragem de classe I (a) e classe II (b) do Fragmento 1 e na amostragem de classe I (c) e classe II (d) do Fragmento 2 de cerrado *sensu stricto* na fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, MG.....31
- Figura 7.** Curva de acumulação de espécies (linha sólida) da amostragem da regeneração natural arbórea dos Fragmentos 1 (a) e 2 (b) de cerrado *sensu stricto*, em Serra do Salitre, MG para a classe I de amostragem. A curva tracejada representa a curva logarítmica ajustada, com respectivo valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).....33
- Figura 8.** Curva de acumulação de espécies (linha sólida) da amostragem da regeneração natural arbórea dos fragmentos 1 (a) e 2 (b) de cerrado *sensu stricto* em

Serra do Salitre, MG na classe II de amostragem. A curva tracejada representa a curva logarítmica ajustada, com respectivo valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).....34

**Figura 9.** Estimativas do número de espécies (riqueza) por parcela de 100 m<sup>2</sup> (classe I) em dois fragmentos (F1 e F2) de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG. A caixa representa 50% das observações, a linha interna representa a mediana, o “x” representa a média e as linhas verticais a amplitude dos dados (menor e maior valor).....35

**Figura 10.** Estimativas do número de espécies (riqueza) por parcela de 100 m<sup>2</sup> (classe II) em dois fragmentos (F1 e F2) de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG. A caixa representa 50% das observações, a linha interna representa a mediana, o “x” representa a média e as linhas verticais a amplitude dos dados (menor e maior valor).....35

**Figura 11.** Rank de densidade das espécies arbóreas da amostragem de classe I, nos Fragmentos 1 (a) e 2 (b), em cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG.....37

**Figura 12.** Estimativas da densidade de indivíduos (número de indivíduos) por parcela de 100m<sup>2</sup> (classe I), em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG. A caixa representa 50% das observações, a linha interna representa a mediana, o “x” representa a média e as linhas verticais a amplitude dos dados (menor e maior valor).....38

**Figura 14.** Dendrograma da Análise de Agrupamento da regeneração arbórea de dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG (Correlação Cofenética: 0,8061). P1 a P10 referem-se às parcelas do F1, e P11 a P20 referem-se às parcelas do F2.....47

**LISTA DE FIGURAS**  
**CAPITULO II**

- Figura 1.** Croqui esquemático da coleta das amostras de solo e das variáveis ambientais e biofísicas nas parcelas de regeneração natural arbórea, em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG.....67
- Figura 2.** Estimativa da cobertura do solo nos fragmentos 1 (a) 2 (b) de cerrado *sensu stricto*, em Serra do Salitre, MG. As colunas representam a média da cobertura do solo nas parcelas e as barras verticais representam o erro padrão das estimativas.....69
- Figura 3.** Ordenação pela Análise de Componentes Principais (PCA) baseada nas variáveis ambientais e biofísicas do dossel, nos fragmentos 1 (a) 2 (b) de cerrado *sensu stricto*, em Serra do Salitre, MG.....74
- Figura 4.** Diagrama da Análise de Redundância (RDA) de F1 (a) e F2 (b) de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG. As espécies estão representadas por uma abreviação dos seus nomes.....78

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO I

- Tabela 1.** Densidade (número de indivíduos por hectare), riqueza (número de espécies por área) e número de famílias, nos dois fragmentos de cerrado *sensu stricto*, nas duas classes de amostragem (Classe I e II), em Serra do Salitre, MG.....38
- Tabela 2.** Espécies arbóreas regenerantes amostradas no Fragmento 1 (F1) *de cerrado sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, MG. DR: Densidade Relativa; FR: Frequência Relativa; RNT1: Regeneração Natural Total da classe I; RNT2: Regeneração Natural Total da classe II; RNT: Regeneração Natural Total considerando as duas classes.....40
- Tabela 3.** Espécies arbóreas regenerantes amostradas no Fragmento 2 (F2) *de cerrado sensu stricto* na fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, MG. DR: Densidade Relativa; FR: Frequência Relativa; RNT1: Regeneração Natural Total na classe I; RNT2: Regeneração Natural Total na classe II; RNT: Regeneração Natural Total considerando as duas classes.....43

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO II

- Tabela 1.** Componentes químicos do solo em dois fragmentos (F1 e F2) de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz em Serra do Salitre, MG. EP: erro padrão da estimativa; SB: Soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: saturação de bases; m: saturação de alumínio; MO: Matéria Orgânica; CO: Carbono Orgânico; \*diferença significativa (p<0,05).....71
- Tabela 2.** Composição física do solo em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz em Serra do Salitre, MG. EP: erro padrão da estimativa; \*diferença significativa (p<0,05).....71
- Tabela 3.** Variáveis ambientais e biofísicas em dois fragmentos (F1 e F2) de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz em Serra do Salitre, MG. EP: erro padrão. Os dados de umidade, condutividade elétrica e temperatura apresentados são relativos à medição na superfície (0 cm) do solo. \* diferença significativa entre as amostras (p<0,05).....72
- Tabela 4.** Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) para o F1.....75
- Tabela 5.** Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) para o F2.....75
- Tabela 6.** Resultados da Análise de Redundância (RDA) para F1. V: saturação de bases; m: saturação de alumínio; \*\* diferença significativa (p<0,05).....79
- Tabela 7.** Resultados da Análise de Redundância (RDA) para F2. V: saturação de bases; \* diferença marginalmente significativa (0,10< p >0,05); \*\* significativa (p<0,05); \*\*\* altamente significativa (0,01>p>0,001).....79

## RESUMO GERAL

Os estudos sobre a regeneração natural em locais com influências antrópicas evidenciam a capacidade de recuperação natural dos ambientes, assim como identificam as espécies mais susceptíveis ao sucesso na regeneração natural de um determinado local. O presente estudo avaliou dois fragmentos de vegetação de cerrado *sensu stricto* submetidos a perturbações da atividade de bovinocultura. Os objetivos foram conhecer a diversidade e os padrões florísticos da regeneração natural e identificar possíveis relações ambientais entre a vegetação arbórea e as variáveis ambientais e biofísicas. Foram instaladas 10 parcelas de 100 m<sup>2</sup> (denominadas de Classe I) em cada fragmento, totalizando 20 parcelas, onde foram identificadas e quantificadas todas as espécies vegetais arbóreas com db < 5 cm (diâmetro à 30 centímetros do solo) e H > 1 m (altura). No interior das parcelas Classe I foram delimitadas sub-parcelas de 4 m<sup>2</sup> (denominadas de Classe II), onde foram amostrados os indivíduos arbóreos com 15 cm ≤ H ≤ 1 m. Foram realizadas análises químicas e físicas por meio de amostras de solo, e foram mensuradas as variáveis de cobertura do solo, cobertura do dossel, altura do dossel, rochosidade, umidade do solo, condutividade elétrica do solo, temperatura do solo, declividade e altitude. A dissertação foi estruturada em dois capítulos, em que o primeiro apresenta informações sobre a regeneração natural arbórea e o segundo aborda as características do solo e as variáveis ambientais no intuito de identificar relações ambientais entre os parâmetros avaliados e a vegetação regenerante arbórea nas duas áreas de estudo.

**Palavras chave:** Análise de vegetação. Espécies arbóreas. Padrões florísticos. Relação solo-vegetação.

## ABSTRACT

Studies on natural regeneration in sites with anthropic influences demonstrate the natural recovery capacity of the environments, as well identify the species most susceptible to success in the natural regeneration of a particular site. The present study evaluated two fragments of vegetation of cerrado *sensu stricto* submitted to disturbances of the cattle breeding activity. The objectives were to know the diversity and floristic patterns of natural regeneration and to identify possible environmental relationships between woody vegetation and environmental and biophysical variables. Ten plots of 100 m<sup>2</sup> (denominated Class I) were installed in each fragment, representing a total of 20 plots, where all woody plant species with db < 5 cm (diameter at 30 cm from the soil) and H > 1 m (height) were identified and quantified. Within the Class I plots were delimited sub-plots of 4 m<sup>2</sup> (denominated Class II) where the woody individuals with 15 cm ≤ H ≤ 1 m were sampled. Chemical and physical analysis were analyzed by means of soil samples, and the variables of soil cover, canopy cover, canopy height, rockiness, soil humidity, soil electrical conductivity and soil temperature, slope and altitude were measured. The dissertation was structured in two chapters, in which the first one presents information about the woody natural regeneration and the second one deals with the soil characteristics and the environmental variables in order to identify the environmental relations between the evaluated parameters and the regenerating woody vegetation in the two areas of study.

**Keywords:** Vegetation analysis. Woody species. Floristic patterns. Soil-vegetation relationship.

## I. INTRODUÇÃO GERAL

O bioma Cerrado no Brasil cobre 207 milhões de hectares, o que corresponde a aproximadamente 25% do território brasileiro (SANTOS *et al.*, 2017), sendo considerado a savana tropical mais diversificada do mundo, com diversidade de habitats e alternância de espécies (KLINK; MACHADO, 2005). A sua paisagem é formada por um mosaico de comunidades dispostas em um gradiente de formações ecologicamente relacionadas, que variam de campo limpo a cerradão (COUTINHO, 2006). A variação de diversidade, mesmo entre áreas de mesma fitofisionomia, justifica a grande riqueza vegetal registrada no Cerrado, e coloca a flora do bioma como a mais rica entre as savanas do mundo (FELFILI *et al.*, 2004; MENDONÇA *et al.*, 2008; ABREU *et al.*, 2012).

Este extenso bioma é considerado como o berço das águas no Brasil, abrigando a maioria das nascentes que dão origem a oito (das doze) bacias hidrográficas brasileiras (LIMA, 2011), entre elas as do rio São Francisco, Amazônica e do Tocantins/Araguaia.

Apesar de abrigar uma riqueza biológica única, a região do Cerrado se tornou um importante fator na expansão agrícola brasileira, com ocorrência de inúmeros impactos humanos nas últimas décadas (JEPSON, 2005), que colocaram o bioma em uma situação crítica de degradação ambiental (KLINK; MACHADO, 2005), com milhares de hectares de vegetação nativa convertidos para o uso alternativo do solo. Essas altas taxas de desmatamento contribuem para a perda de informações valiosas sobre a sua flora e seus aspectos ecológicos e biogeográficos (RAMOS; SARTORI, 2013).

Os remanescentes de Cerrado, dispersos em pequenos fragmentos cada vez menores, têm sido alvo de distúrbios diversos que causam uma série de impactos negativos, colocando em risco a estabilidade dos ecossistemas (DURIGAN *et al.*, 1998; MENDONÇA, 2010). Neste contexto, percebe-se que o conhecimento sobre a riqueza e a diversidade de espécies do Cerrado fornece bases para pesquisas posteriores, e se torna de extrema importância para incentivar estratégias de preservação da flora e de recuperação de áreas alteradas, além de servir de referência

para a proteção e a recomposição das suas diversas formações (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2001; ABREU *et al.*, 2012; FREITAS; MAGALHÃES, 2012).

Considerando que a flora dos remanescentes de Cerrado encontra-se bastante ameaçada, já que espécies nativas endêmicas estão desaparecendo ao longo do tempo (ALMEIDA *et al.*, 2014), e considerando ainda a sua extensa área, torna-se essencial a obtenção de conhecimentos sobre a biodiversidade dos mais diversos locais do bioma, no sentido de amostrar a maior variabilidade possível de formações e espécies nativas. E assim, os estudos fitossociológicos representam uma etapa importante para o conhecimento de um ambiente (FREITAS; MAGALHÃES, 2012) e permitem que sejam tomadas medidas para a preservação dos remanescentes e espécies ameaçadas.

A fitofisionomia de cerrado *sensu stricto* é a maior em extensão do bioma (EITEN, 2001) e também em Minas Gerais. As taxas de desmatamento desta formação foram as maiores dentre as fitofisionomias ocorrentes em Minas Gerais, com mais de 117 mil hectares perdidos entre 2003 e 2007 (SCOLFORO; CARVALHO, 2006; CARVALHO; SCOLFORO, 2008).

Conforme os ecossistemas naturais são degradados devido à expansão das atividades humanas, a demanda pela restauração ecológica aumenta (PILON; BUISSON; DURIGAN, 2018). Assim, os estudos sobre a regeneração natural, que se referem às fases iniciais de estabelecimento e desenvolvimento das plantas de um ecossistema (GAMA *et al.*, 2003) são importantes no sentido de gerar informações para compreender os resultados dos impactos antrópicos e a capacidade de regeneração natural de áreas impactadas (VALE; CRESPILO; SCHIAVINI, 2009; SOUTO, 2017) e para conhecer as principais espécies com maior propensão ao sucesso na recuperação dessas áreas. Assim, a análise da regeneração natural, através do número de espécies, suas dimensões e distribuição na comunidade, permite fazer previsões futuras sobre o comportamento e desenvolvimento da vegetação, tornando possível identificar áreas com potencial para serem preservadas (CARVALHO, 1982).

O sucesso do estabelecimento de determinada espécie no processo de regeneração não pode ser atribuído apenas a uma característica intrínseca daquela

espécie, mas como resultado da sua interação com as condições ambientais do local (FRAGOSO *et al.*, 2017). Dessa forma, para entender melhor a regeneração natural da vegetação é importante conhecer e entender os diversos fatores que podem estar envolvidos neste processo.

Neste sentido, sabe-se que alguns fatores influenciam a ocorrência de determinadas fitofisionomias e a composição florística de cada local no Cerrado. Tais como as variações edáficas (ROSSI *et al.*, 2005; MORENO; SCHIAVINI; HARIDASAN, 2008), altitude, declividade, rochosidade, cobertura do solo (RIBEIRO, 2013), umidade no solo, proteção contra o fogo, entre outros (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; MIRANDA; SILVA JÚNIOR; CARVALHO, 2013).

A heterogeneidade ambiental pode ser definida como o resultado da interação desses fatores nas comunidades e a resposta das espécies às variações das características próprias a cada local, possibilitando observar tendências e mudanças (CARVALHO *et al.*, 2005). Dessa forma, a análise da interação dos fatores ambientais e biofísicos, pode ser capaz de explicar similaridades ou disparidades, mesmo entre ambientes da mesma fitofisionomia.

A região mineira do Alto Paranaíba, onde se desenvolveu este estudo, devido à sua aptidão agrícola e localização estratégica, tem intensa pressão para ocupação das áreas de vegetação natural por atividades agrícolas, pecuárias, minerárias e industriais. Os remanescentes de vegetação de Cerrado na região, em geral, são as reservas legais das propriedades e comumente apresentam indícios de influências antrópicas, com uma tendência cada vez maior de desaparecimento desses fragmentos. Sabe-se ainda que nesta região há poucos trabalhos desenvolvidos sobre a riqueza e estrutura das comunidades de cerrado *sensu stricto*, e principalmente sobre a sua regeneração natural, demonstrando o risco da perda de informações biológicas desses locais.

Desta forma, os objetivos deste trabalho foram: I. investigar os padrões de regeneração natural arbórea de dois fragmentos de cerrado *sensu stricto*; e II. avaliar se as variáveis ambientais e biofísicas estão relacionadas formando um gradiente ambiental com a regeneração natural arbórea nestes fragmentos.

## II. HIPÓTESE E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente estudo parte da hipótese de que existe um gradiente ambiental relacionado com a distribuição das espécies arbóreas e com as variáveis ambientais e biofísicas em ambiente de cerrado *sensu stricto*.

A partir desta hipótese inicial, a presente dissertação foi organizada em dois capítulos:

**Capítulo I.** Padrões de regeneração natural arbórea em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais.

**Capítulo II.** Variáveis ambientais e biofísicas relacionadas com a regeneração natural de espécies arbóreas em cerrado *sensu stricto*.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, T. A. L.; PINTO, J. R. R.; LENZA, E.; MEWS, H. A.; SANTOS, T. R. R. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo arbórea em cerrado sentido restrito na serra de Jaraguá, Goiás, Brasil. **Heringeriana**, Brasília, DF, v. 6, n. 2, p. 42-53, 2012.
- ALMEIDA, R. F.; FAGG, C. W.; OLIVEIRA, M. C.; MUNHOZ, C. B. R.; LIMA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. B. Mudanças florísticas e estruturais no cerrado *sensu stricto* ao longo de 27 anos (1985-2012) na Fazenda Água Limpa, Brasília, DF. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 1, p. 001-019, 2014. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602014000100001>
- CARVALHO, J. O. P. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no estado do Pará**. 1982. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1982.
- CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CURI, N.; BERG, E. V. D.; FONTES, M. A. L.; BOTEZELLI, L. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-345, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042005000200013>
- CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. (ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais: monitoramento da flora nativa 2005-2007**. 22. ed. Lavras: Editora UFLA, 2008. 357 p.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002>
- DURIGAN, G.; CONTIERI, W. A.; FRANCO, G. A. D. C.; GARRIDO, M. A. O. Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem, Assis, SP. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 421-429, 1998. <https://doi.org/10.1590/S0102-33061998000400011>
- EITEN, G. **Vegetação natural do Distrito Federal**. Brasília, DF: SEBRAE/DF, 2001. 162p.
- FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. (org.). **Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Faculdade de Tecnologia: Brasília, DF. 2001. 152p.

- FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V.; Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 175, p. 37–46, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:VEGE.0000048090.07022.02>
- FRAGOSO, R. O.; CARPANEZZI, A. A.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Barreiras ao estabelecimento da regeneração natural em áreas de pastagens abandonadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1451-1464, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509830331>
- FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012. <https://doi.org/10.4322/floram.2012.054>
- GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, estado do Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 12, p. 71-82, 2003. <https://doi.org/10.5902/198050981744>
- JEPSON, W. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, New York, v. 171, n. 2, p. 99-111, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2005.00153.x>
- KLINK, C. A; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, n. 3. p. 707-713, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>
- LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 63, n. 3, p. 27-29, 2011. <https://doi.org/10.21800/S0009-67252011000300011>
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do bioma Cerrado. Checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF. Embrapa Cerrados. 2008. v. 2., p. 422-1279.
- MENDONÇA, A. H. **Avaliação do efeito de borda sobre a vegetação de cerrado *stricto sensu* inserido em matriz de pastagem**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2010.
- MIRANDA, S. C.; SILVA JÚNIOR, M. C.; CARVALHO, P. S. O efeito da proteção do fogo na estrutura da vegetação lenhosa de uma área de cerrado sentido restrito no Brasil central. **Heringeriana**, Brasília, DF, v. 7, n. 1, p. 61-72, 2013.

MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I.; HARIDASAN, M. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do cerrado. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 25, p. 173-194, 2008.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. *In*: OLIVEIRA, P.S; MARQUIS, R.J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York. Columbia University Press. 2002. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-007>

PILON, N. A. L; BUISSON, E.; DURINGAN, G. Restoring Brazilian savanna ground layer vegetation by topsoil and hay transfer. **Restoration Ecology**, Malden, v. 26, n. 1, p. 73-81, 2018. <https://doi.org/10.1111/rec.12534>

RAMOS, W. M.; SARTORI, A. L. B. Floristic analysis and dispersal syndromes of woody species of the Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 73, n. 1, p. 67-78, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842013000100009>

RIBEIRO, J. H. C. **A vegetação lenhosa sobre solos quartzíticos na Serra Negra (Rio Preto, MG): estrutura, diversidade e gradientes ambientais**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2013.

ROSSI, M.; MATTOS, I. F. A.; COELHO, R. M.; MENK, J. R. F.; ROCHA, F. T.; PFEIFER, R. M.; MARIA, I. C. Relação solos/vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 45-61, 2005.

SANTOS, G. L.; PEREIRA, M. G.; DELGADO, R. C.; TORRES, J. L. R. Natural regeneration in anthropogenic environments due to agricultural use in the Cerrado, Uberaba, MG, Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 1, p. 169-176, 2017. <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n1a2017-35036>

SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. Universidade Federal de Lavras (ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais: mapeamento e inventário da flora e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Resultados da Flora Nativa 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006, 278 p.

SOUTO, M. A. G. **Dinâmica da regeneração natural de um cerrado stricto sensu no Nordeste do Estado de São Paulo**. 2017. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

VALE, V. S.; CRESPILO, R. F.; SCHIAVINI, I. Análise da regeneração natural em uma comunidade vegetal de cerrado no Parque Victório Siquierolli, Uberlândia-MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 131-145, 2009.

## CAPÍTULO 1

# **Padrões de regeneração natural arbórea em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**

Uberlândia

2019

## RESUMO

Estudos realizados em vegetação de Cerrado demonstram a riqueza e heterogeneidade de espécies em diferentes regiões. A fitofisionomia de cerrado *sensu stricto* é originalmente a mais extensa formação vegetal deste bioma. O presente estudo foi conduzido em dois fragmentos com vegetação de cerrado *sensu stricto*, denominados F1 e F2, utilizando-se duas classes de amostragem (Classe I - 100 m<sup>2</sup> e Classe II - 4 m<sup>2</sup>), na Fazenda Santa Cruz em Serra do Salitre, Minas Gerais. A regeneração natural dos fragmentos foi avaliada utilizando-se o índice de Regeneração Natural Total (RNT) para cada espécie e para cada classe de amostragem. A densidade total foi de 3.520 ( $\pm$  241) indivíduos/ha na classe I de amostragem, e 27.375 ( $\pm$  2.818) indivíduos/ha na classe II. Foram encontradas 77 espécies na amostragem da classe I, e 45 na classe II, com 81 espécies arbóreas regenerantes considerando as duas classes de amostragem. As espécies *Xylopia aromatica*, *Brosimum gaudichaudii*, *Bauhinia rufa*, *Myrsine umbellata*, *Myrcia variabilis*, *Matayba guianensis*, *Moquiniastrum polymorphum*, *Alibertia edulis*, *Miconia albicans*, *Erythroxylum deciduum*, *Ouratea hexasperma*, *Roupala montana* e *Davilla elliptica* apresentaram os maiores potenciais para regeneração natural nas áreas estudadas, e podem ser indicadas em projetos de recomposição de áreas de cerrado *sensu stricto* na região. Observou-se a ocorrência de espécies exclusivas nos fragmentos e a dominância por poucas e diferentes espécies em cada fragmento, o que indica a existência de heterogeneidade ambiental entre as áreas.

**Palavras chave:** Espécies do cerrado. Espécies arbóreas. Heterogeneidade ambiental. Padrões florísticos.

## ABSTRACT

Studies carried out on Cerrado vegetation demonstrate the richness and heterogeneity of species in different regions. The cerrado *sensu stricto* phytophysognomy is originally the most extensive plant formation in this biome. The present study was conducted in two fragments with vegetation of cerrado *sensu stricto*, denominated F1 and F2, using two sampling classes (Class I – 100 m<sup>2</sup> and Class II – 4 m<sup>2</sup>), at Fazenda Santa Cruz in Serra do Salitre, Minas Gerais. The natural regeneration of the fragments was evaluated using the Total Natural Regeneration index (RNT) for each species and for each sampling class. The total density was 3,520 ( $\pm$  241) individuals/ha in class I sampling, and 27,375 ( $\pm$  2,818) individuals/ha in class II. 77 species were found in class I, and 45 species in class II, with 81 regenerating woody species considering the two sampling classes. The species *Xylopia aromatica*, *Brosimum gaudichaudii*, *Bauhinia rufa*, *Myrsine umbellata*, *Myrcia variabilis*, *Matayba guianensis*, *Moquiniastrum polymorphum*, *Alibertia edulis*, *Miconia albicans*, *Erythroxylum deciduum*, *Ouratea hexasperma*, *Roupala montana* and *Davilla elliptica* presented the highest potential for natural regeneration in the studied areas, and can be indicated in recomposition projects of cerrado *sensu stricto* in the region. It was observed the occurrence of exclusive species in the fragments and the dominance by few and different species in each fragment, that indicates the existence of environmental heterogeneity among the areas.

**Keywords:** Cerrado species. Woody species. Environmental heterogeneity. Floristic patterns.

## 1. INTRODUÇÃO

As áreas do bioma Cerrado caracterizam-se pela presença de invernos secos e verões chuvosos (SANO *et al.*, 2008) e média anual de precipitação da ordem de 1.500 mm, variando de 750 a 2.000 mm (ADÁMOLI *et al.* 1985). A duração da estação seca é de aproximadamente cinco meses, de maio até outubro (EITEN, 1993) e as variações de altitude vão desde 300 a mais de 1.600 metros (MARIMON JUNIOR; HARIDASAN, 2005; RIBEIRO; WALTER, 2008).

O Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo (FELFILI *et al.*, 2004), onde estima-se que existam mais de 10 mil espécies vegetais, e que cerca de 40% das espécies de plantas lenhosas sejam endêmicas, comprovando o alto nível de endemismo existente no bioma (KLINK; MACHADO, 2005; MENDONÇA *et al.*, 2008; RIBEIRO; WALTER, 2008). Mendonça *et al.* (2008) consideram que a ocorrência de espécies endêmicas indica a fragilidade do ambiente, pois estas são mais restritas em distribuição, especializadas e susceptíveis à extinção, quando expostas aos impactos ambientais provocados pelo ser humano, afirmando-se a grande fragilidade deste bioma.

A vegetação do Cerrado é classificada em formações florestais, savânicas e campestres, sendo as formações savânicas definidas como áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem formação de um dossel contínuo (RIBEIRO; WALTER, 2008). Essas formações formam o grupo mais fisionomicamente diverso dentro do Cerrado (SOUTO, 2017).

O cerrado *sensu stricto* é um tipo de formação savânica do bioma Cerrado, que ocupa grande parte do Brasil central. Considerada a formação mais extensa do bioma, cobrindo originalmente 60% da área (EITEN, 2001), é a fitofisionomia mais explorada para fins agropecuários, restando hoje áreas fragmentadas de tamanhos diversos e sob diferentes níveis de perturbação (FELFILI; CARVALHO; HAIDAR, 2005).

O cerrado *sensu stricto* é caracterizado pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidências de queimadas (RIBEIRO; WALTER, 2008). Apresenta uma camada herbácea dominada por gramíneas e estrato lenhoso com cobertura arbórea de 10 a

60%, com árvores que alcançam até sete metros de altura, mas a maior parte possui de três a cinco metros, ocorrendo principalmente em solos bem drenados e profundos (FELFILI, 2001; FELFILI; FAGG, 2007), onde geralmente ocorrem mais de 70 espécies lenhosas de árvores e arbustos por hectare (HARIDASAN, 2008).

As pastagens e culturas agrícolas foram as principais causas do rápido desaparecimento do Cerrado (JEPSON, 2005), que nos últimos anos teve mais da metade da sua área original descaracterizada, sendo que as taxas de desmatamento no Cerrado têm sido historicamente superiores às da floresta Amazônica (KLINK; MACHADO, 2005). A taxa de conversão do Cerrado em usos alternativos do solo é maior do que em qualquer outro bioma brasileiro, conforme observado por Aguiar, Machado e Marinho-Filho (2004), que ao analisar por um período de 6 anos, estimaram que a perda de vegetação do Cerrado foi em média de 9,75 milhões de hectares ao ano.

Além da rápida e drástica redução de área, pressões antrópicas diversas ameaçam permanentemente as áreas remanescentes do Cerrado (PINHEIRO; DURIGAN, 2009). A elevada perda de vegetação que vem se observando, aliada à existência de apenas cerca de 3,1% do território protegido sob a forma de Unidade de Conservação de Proteção Integral (BRASIL, 2015), e à inexistência de legislação específica de proteção para o bioma, demonstra que o Cerrado tem sido pouco valorizado e alvo de poucas ações concretas e estudos visando a sua conservação (FELFILI *et al.*, 2002; PINHEIRO; DURIGAN, 2009). Isto traz preocupação com a perda da sua diversidade biológica (JEPSON, 2005) e quanto à garantia da preservação de seus serviços ambientais.

A flora dos remanescentes de Cerrado encontra-se bastante ameaçada, com espécies nativas endêmicas desaparecendo ao longo do tempo (ALMEIDA *et al.*, 2014), e dessa forma, um maior conhecimento das suas diferentes fitofisionomias e variações florísticas se faz necessário (ABREU *et al.*, 2012).

Os remanescentes de cerrado encontram-se fragmentados na maioria das áreas do bioma, compostos normalmente por pequenas áreas de vegetação preservada em locais com menores potenciais de exploração econômica. Entretanto, sabe-se que há diversidade biológica mesmo nos pequenos fragmentos do Cerrado, com a sua

riqueza e diversidade distribuídas em mosaicos (FELFILI *et al.*, 2004; ISHARA *et al.*, 2008). E assim, tornam-se relevantes os estudos da flora nesses remanescentes, mesmo que fragmentados, com o intuito de abranger de modo significativo a variabilidade florística e o potencial de regeneração natural de cada local.

O processo de regeneração natural promove a estabilidade e a continuidade da comunidade em determinado local (MEDEIROS; FELFILI; LIBANO, 2007). Considerando que o conhecimento sobre os processos evolutivos do Cerrado são bastante deficientes (DURINGAN, 2008), o estudo e o entendimento dos processos e a análise estrutural da regeneração natural têm grande importância (GAMA *et al.* 2003; RIBEIRO; FERRAZ FILHO, 2013), já que permitirão avaliar os reais impactos das atividades antrópicas, conhecer o desenvolvimento das várias espécies ao longo dos anos e compreender a dinâmica da vegetação em cada ambiente (BARREIRA *et al.* 2002; ABREU *et al.*, 2012; RIBEIRO; FERRAZ FILHO, 2013). O conhecimento gerado por esses estudos pode ser utilizado para fornecer subsídios técnicos no planejamento de políticas ambientais e ações que objetivem a conservação, preservação e a recuperação em áreas de cerrado (FREITAS; MAGALHÃES, 2012; AMARAL *et al.*, 2015; JEPSON, 2015), além de ser um importante indicador da capacidade de disseminação das espécies (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008).

Cava *et al.* (2016) entendem que a regeneração natural no Cerrado pode ser tão eficaz quanto as técnicas de restauração ativa no que diz respeito à riqueza de espécies, considerando a alta resiliência do bioma, e assim evidencia-se a importância de entender a dinâmica da regeneração natural nas áreas do cerrado.

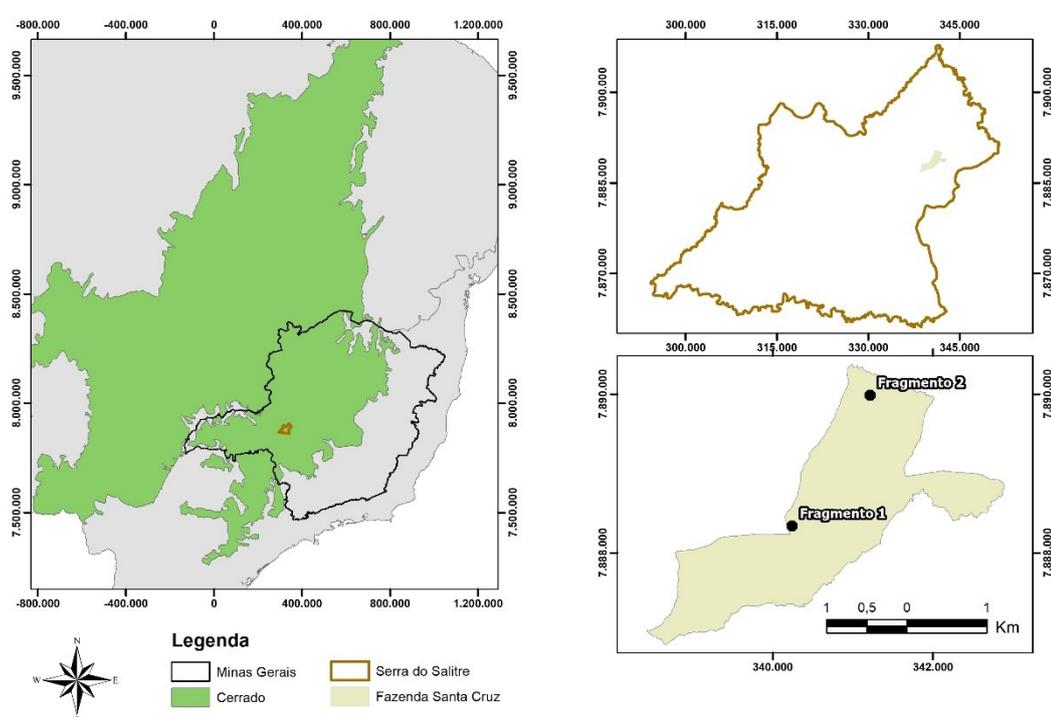
Os estudos sobre regeneração natural fornecem informações sobre a dinâmica sucessional, porém ainda são pouco comuns (SOUTO, 2017). Dessa forma, entender a dinâmica da regeneração natural nos mais diversos locais do bioma Cerrado, é fundamental para o conhecimento da sua biodiversidade, e com o intuito de adotar estratégias de conservação e elaborar planos e ações de recuperação de áreas degradadas.

Assim, o objetivo deste capítulo foi investigar os padrões florísticos e estruturais da regeneração natural arbórea de dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, MG.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

A área selecionada para este estudo está localizada na Fazenda Santa Cruz (19°5'28.20"S e 46°30'59.20"O), no município de Serra do Salitre, estado de Minas Gerais, Brasil, na região do Alto Paranaíba (Figura 1). Localiza-se no bioma Cerrado conforme o mapa de biomas do Brasil elaborado pelo IBGE (2004), na bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

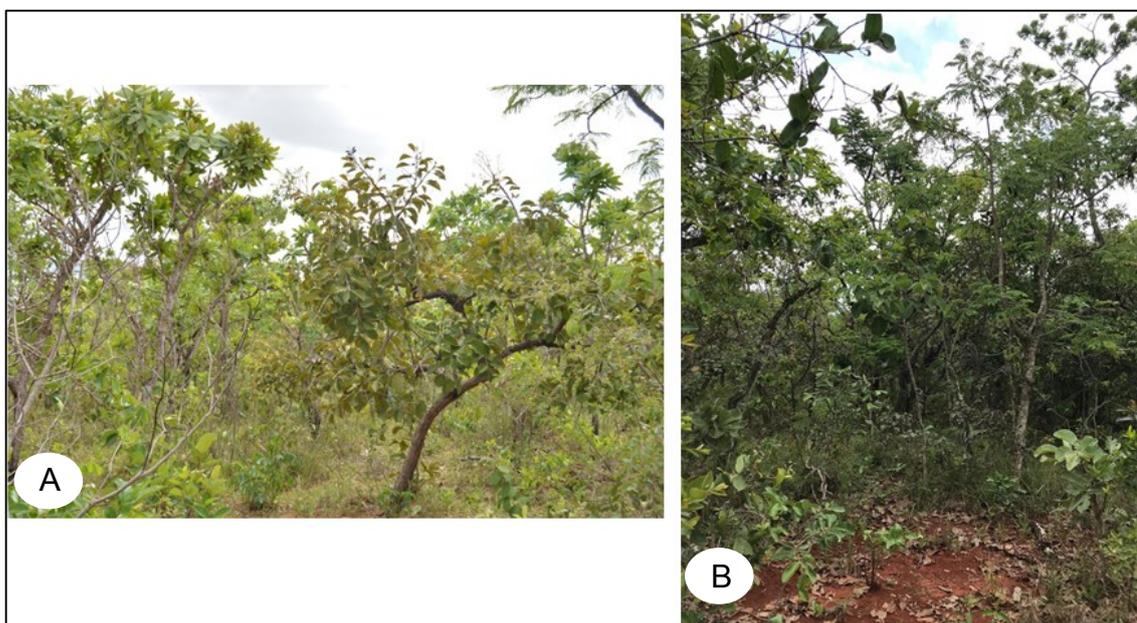


**Figura 1.** Localização da área de estudo em Minas Gerais (bioma Cerrado em verde) no município de Serra do Salitre, e dos dois fragmentos estudados na Fazenda Santa Cruz.

O clima do município é caracterizado como Cwb conforme a classificação climática de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), com inverno seco e verão chuvoso. O município possui 964 m de altitude média, temperatura do mês mais quente (janeiro) 21,6°C e do mês mais frio (julho) 16,5°C, e precipitação média no mês mais chuvoso (dezembro) de 328 mm (ALVARES *et al.*, 2013), com precipitação média anual na região de 1.450 a 1.575 mm (SANTOS, 2015). Os solos presentes na região são do tipo cambissolo e latossolo vermelho-escuro (SERRA DO SALITRE, 2014).

A fazenda Santa Cruz possui área total de aproximadamente 500 hectares, onde é desenvolvida a atividade de bovinocultura de leite há mais de 60 anos. Além das pastagens, na propriedade há plantios de *Eucalyptus* sp., maracujá e sazonalmente milho para silagem.

O presente estudo foi conduzido em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto*, denominados F1 e F2 (Figuras 2 e 3), localizados nos pontos de coordenadas geográficas de 19°5'30.87"S e 46°31'7.08"O e 19°5'37.96"S e 46°30'34.40"O, respectivamente, com distância em linha reta entre eles de pouco menos de 2,0 km.



**Figura 2.** Aspecto da vegetação arbórea no Fragmento 1 – F1 (A) e Fragmento 2 - F2 (B) em Serra do Salitre, MG.

Os dois fragmentos estudados estão sujeitos a impactos similares, causados pela bovinocultura, e possuem áreas de pastagens no seu entorno, e por isso foram selecionadas para o estudo da regeneração natural da vegetação.



**Figura 3.** Imagem com a localização da Fazenda Santa Cruz (em amarelo) e dos dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* (F1 e F2) estudados. Fonte: Google Earth (acesso em 15 de junho de 2019).

## 2.2 Amostragem da vegetação arbórea

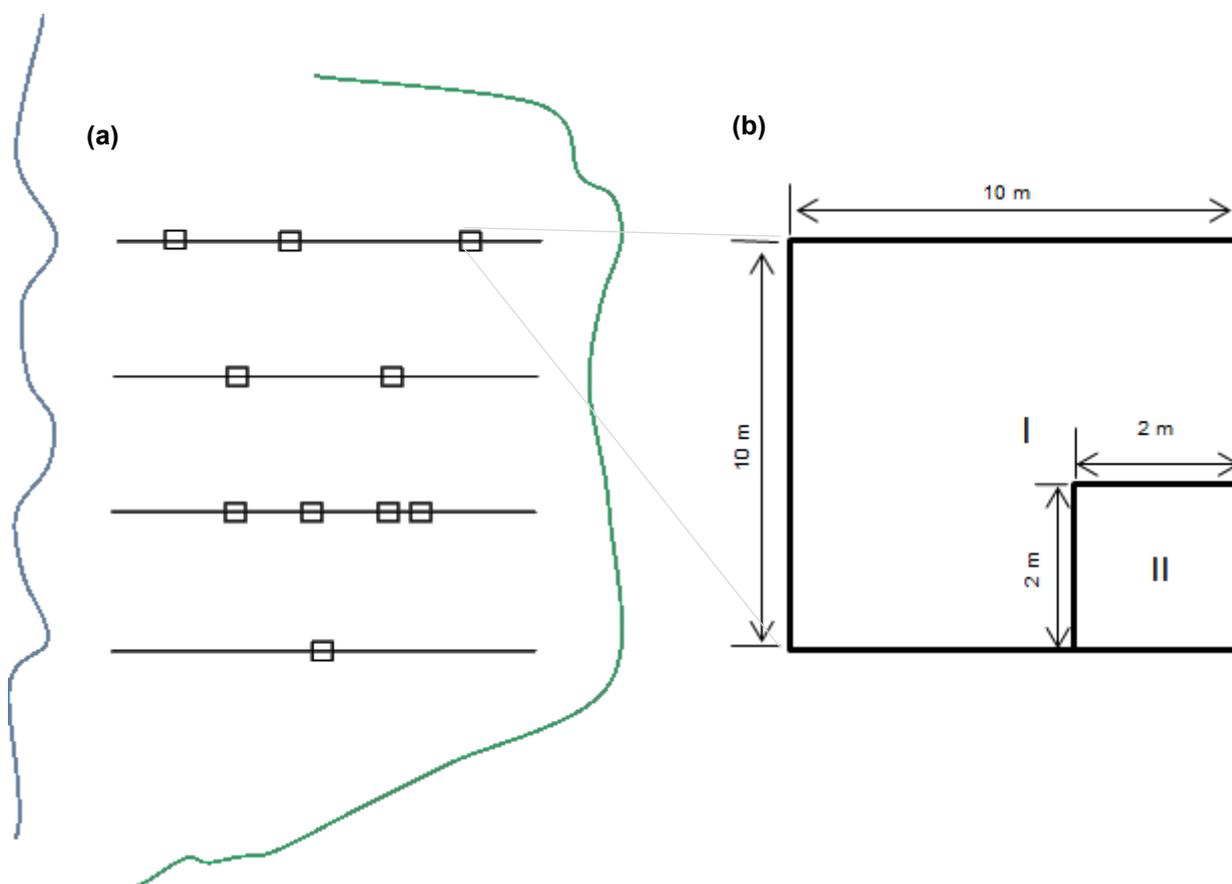
A amostragem da vegetação foi realizada por meio de parcelas de diferentes tamanhos, sendo 10 parcelas em cada fragmento. As parcelas foram demarcadas aleatoriamente ao longo de transectos perpendiculares à drenagem natural e equidistantes entre si em 100 metros (Figura 4), seguindo o protocolo para o bioma Cerrado de Felfili, Carvalho e Haidar (2005). Para evitar o efeito de borda para a amostragem da regeneração de espécies lenhosas em cerrado *sensu stricto* (MENDONÇA, 2010), foi deixada uma distância mínima de 10 metros a partir do contato vegetação-pastagem para a instalação das parcelas.

As parcelas foram demarcadas com estacas de bambu de 1,20 m de altura, com as extremidades pintadas com tinta vermelha para facilitar sua localização. A amostragem da regeneração arbórea foi avaliada por meio de dois tamanhos de parcelas: uma parcela com 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m) denominada de **Classe I**, e uma subparcela com 4 m<sup>2</sup> (2 x 2 m), denominada de **Classe II** (Figura 4).

Felfili, Carvalho e Haidar (2005) definem que os indivíduos lenhosos com db  $\geq$  5 cm (diâmetro a 30 cm do nível do solo) são considerados como a vegetação adulta

em cerrado *sensu stricto* e, portanto, este valor foi o limite máximo de inclusão neste estudo. Com base nos mesmos autores, foram excluídas da análise as espécies de indivíduos de hábito herbáceo ou arbustivo (quando adultos), pois estes não podem ser considerados como vegetação arbórea.

Nas parcelas classe I foram identificadas e mensuradas todas as espécies vegetais arbóreas com altura ( $h$ ) maior que 1 metro ( $h > 1\text{ m}$ ) e diâmetro à 30 cm do solo menor do que 5 cm ( $db < 5\text{ cm}$ ). Nas sub-parcelas classe II, delimitadas no canto inferior direito das parcelas classe I (Figura 4), foram amostrados todos os indivíduos arbóreos com altura entre 15 centímetros e 1 metro ( $15\text{ cm} \leq h \leq 100\text{ cm}$ ). Os indivíduos mortos não foram considerados na análise.



**Figura 4.** Croqui esquemático da alocação dos transectos nos fragmentos e das parcelas aleatorizadas nos transectos (a), e ilustração das classes I e II de amostragem da regeneração natural arbórea (b), na Fazenda Santa Cruz, município de Serra do Salitre, MG. No esquema (a), a linha azul representa a drenagem natural de água, a linha verde representa o contorno do fragmento e as linhas pretas, os transectos de amostragem de vegetação.

As espécies vegetais que não puderam ser identificadas taxonomicamente em campo, foram coletadas, prensadas e herborizadas no Laboratório de Restauração Ecológica (LARE), do INBIO-UFU. Este material botânico foi posteriormente comparado com o acervo do Herbário da Universidade Federal de Uberlândia e também com o acervo digital Flora do Brasil 2020 do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. As espécies que ainda assim não foram identificadas ou com dúvidas acerca da identificação, foram encaminhadas para especialistas.

As espécies foram classificadas de acordo com o Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016), e para a conferência dos nomes científicos atualizados foi consultada a Lista de Espécies da Flora do Brasil 2020 (FLORA DO BRASIL 2020, 2019).

### **2.3 Análise dos dados**

Para verificar a representatividade e abrangência florística da amostragem de vegetação utilizou-se a análise exploratória da curva de acumulação de espécies (PORTO, 2008), que alia o número de espécies encontradas de acordo com o esforço amostral. Se a curva tende à estabilidade quer dizer que a amostragem foi suficiente para abranger a riqueza florística do local.

Foram mensurados os parâmetros de densidade e frequência, absolutos e relativos, para todas as espécies arbóreas. Segundo Freitas e Magalhães (2012), a frequência é um descritor do número de observações realizadas e é expressa normalmente em forma de porcentagem e a densidade é um parâmetro ecológico que revela a ocupação do espaço pelo indivíduo.

Para verificar a normalidade dos dados foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente foi aplicado o teste t, utilizando *software* STATISTICA 8.0 (STATSOFT, 2007), para verificar a existência de diferenças a 5% de significância ( $p < 0,05$ ) para os parâmetros de densidade e riqueza de espécies mensurados nos dois fragmentos.

A regeneração natural foi avaliada com base nas estimativas do índice de Regeneração Natural Total (RNT) para cada espécie, utilizando os parâmetros de frequência relativa (FR) e densidade relativa (DR) em que cada espécie foi amostrada,

nas duas classes de amostragem, conforme metodologia adotada por Silva *et al.* (2007) e descrita abaixo:

$$RNT = \frac{FR + DR}{2}$$

A análise de agrupamento (*cluster analysis*) é uma metodologia de análise multivariada, cuja principal função é identificar uma estrutura de agrupamento dentro dos dados, classificando unidades amostrais ou espécies com base em padrões semelhantes (PECK, 2010).

Foi aplicada a análise de agrupamento usando medidas de dissimilaridade de “Bray-Curtis” e o método de ligação UPGMA, visando identificar o padrão de agrupamento para a regeneração natural das espécies arbóreas, com o auxílio do programa RStudio versão 1.0.153 (2009). Para isto, foram desconsideradas da análise as espécies representadas por até dois indivíduos em somente uma parcela na amostragem, ou seja, as espécies consideradas raras na comunidade, conforme recomendam Oliveira Filho *et al.* (2001), visando detectar padrões mais consistentes na análise.

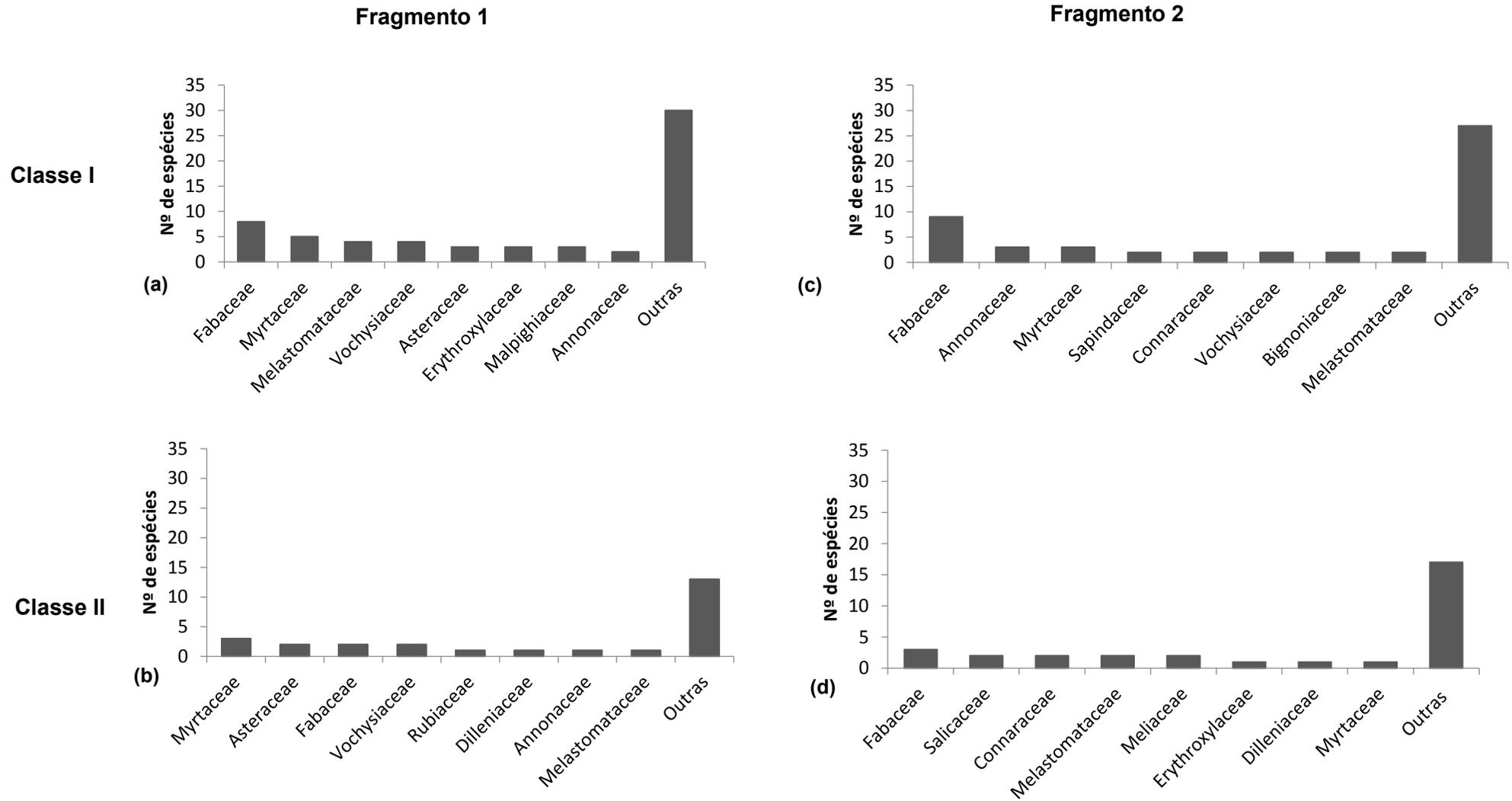
### 3 RESULTADOS

A regeneração natural arbórea total (nas duas classes de amostragem) nos dois fragmentos estudados foi representada por 37 famílias botânicas contendo 69 gêneros e 81 espécies, sendo que destas, 13 espécies são endêmicas do Brasil segundo o banco de dados Flora do Brasil 2020 (2019), e apenas uma não foi classificada a nível de espécie (Apêndice A).

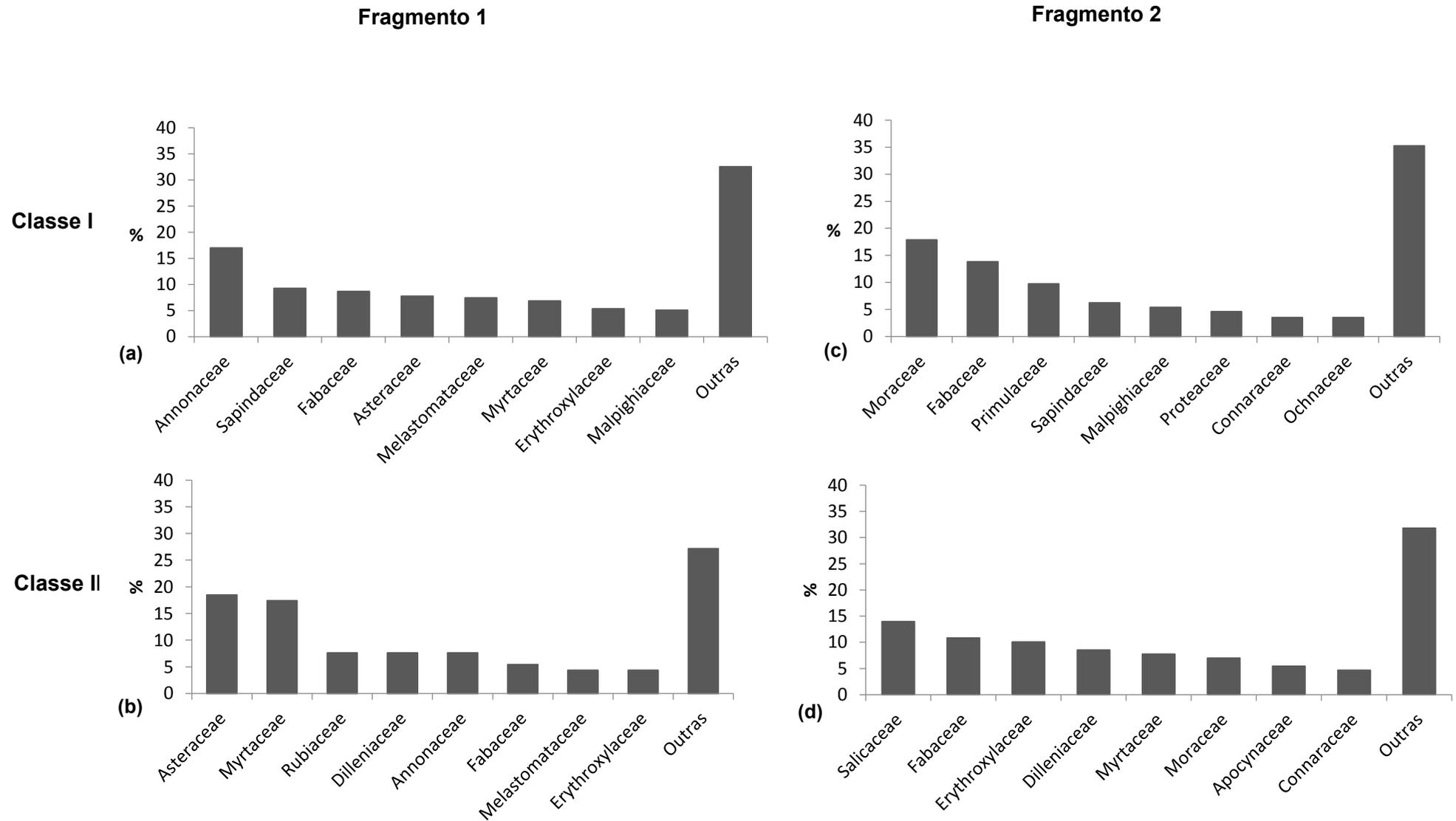
No Fragmento 1, a flora foi representada por 62 espécies arbóreas distribuídas em 52 gêneros e 32 famílias botânicas na classe I, e 26 espécies distribuídas em 26 gêneros e 21 famílias botânicas na classe II. Já no Fragmento 2 foram encontradas 52 espécies distribuídas em 48 gêneros e 33 famílias botânicas na classe I, e 31 espécies distribuídas em 29 gêneros e 25 famílias botânicas na classe II.

No fragmento 1, as famílias com maior número de espécies na classe I foram Fabaceae (8), Myrtaceae (5), Melastomataceae (4), Vochysiaceae (4), Asteraceae (3), Erythroxylaceae (3) e Malpighiaceae (3), representando 50% das espécies amostradas (Figura 5a). Com relação ao número de indivíduos, as famílias mais importantes em ordem decrescente, considerando as classes I e II foram: Annonaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Fabaceae, Sapindaceae, Melastomataceae, Erythroxylaceae e Malpighiaceae, que contribuíram com cerca de 66% dos indivíduos amostrados (Figura 6).

No Fragmento 2, as famílias botânicas mais representativas quanto ao número de espécies de regenerantes arbóreas na classe I (Figura 5c), representando 48,07% dos dados, foram Fabaceae (9), Myrtaceae (3), Annonaceae (3), e Sapindaceae, Vochysiaceae, Bignoniaceae, Connaraceae e Melastomataceae (todas com 2 indivíduos). Diversas famílias, em ambos os fragmentos, foram representadas por apenas uma espécie (Figura 5). Considerando ambas as classes de amostragem, as famílias botânicas com maior número de indivíduos, em ordem decrescente, foram: Moraceae, Fabaceae, Primulaceae, Salicaceae, Sapindaceae, Malpighiaceae e Erythroxylaceae, que representaram cerca de 55,2% dos indivíduos amostrados (Figura 6).



**Figura 5.** Número de espécies por família botânica na amostragem de regeneração natural na classe I (a) e classe II (b) do Fragmento 1 e na amostragem da classe I (c) e classe II (d) do Fragmento 2 de cerrado *sensu stricto* na fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, MG.



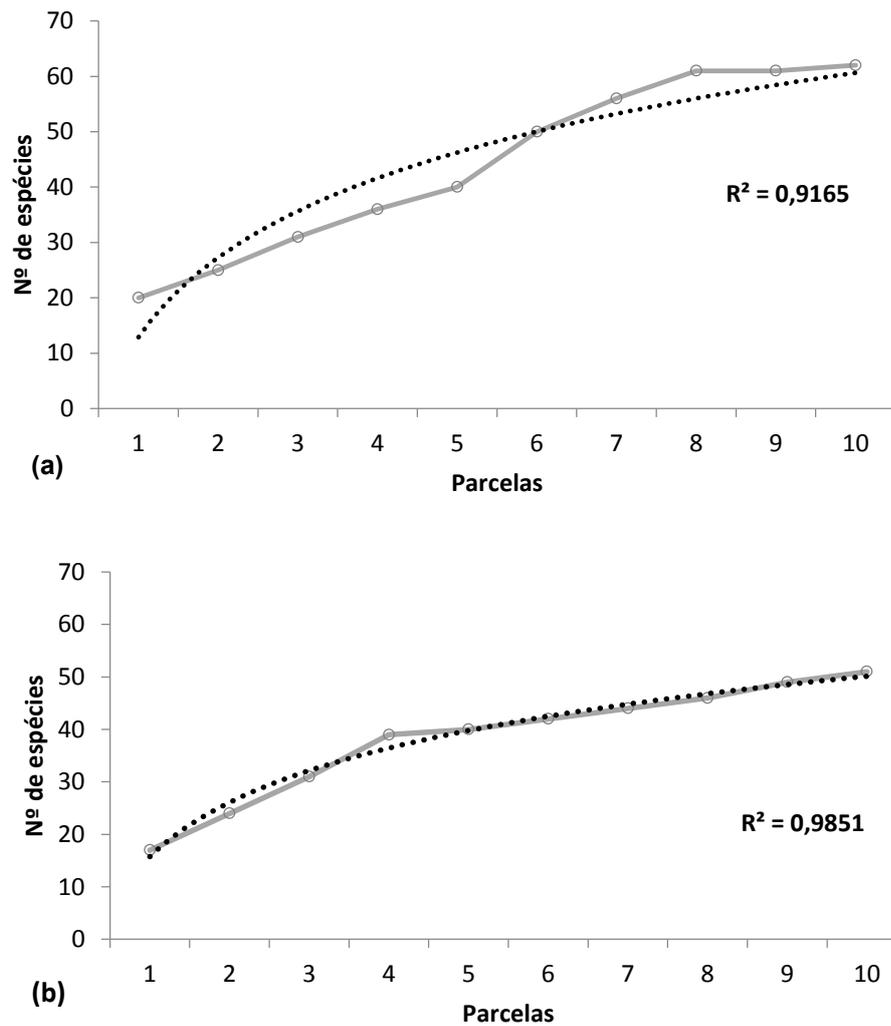
**Figura 6.** Porcentagem de indivíduos regenerantes arbóreos por família botânica na amostragem de classe I (a) e classe II (b) do Fragmento 1 e na amostragem de classe I (c) e classe II (d) do Fragmento 2 de cerrado *sensu stricto* na fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, MG.

Considerando ambas as classes de amostragem, as famílias com maior riqueza de espécies foram Fabaceae, com 12 espécies, seguida de Myrtaceae e Vochysiaceae, ambas com 5 espécies.

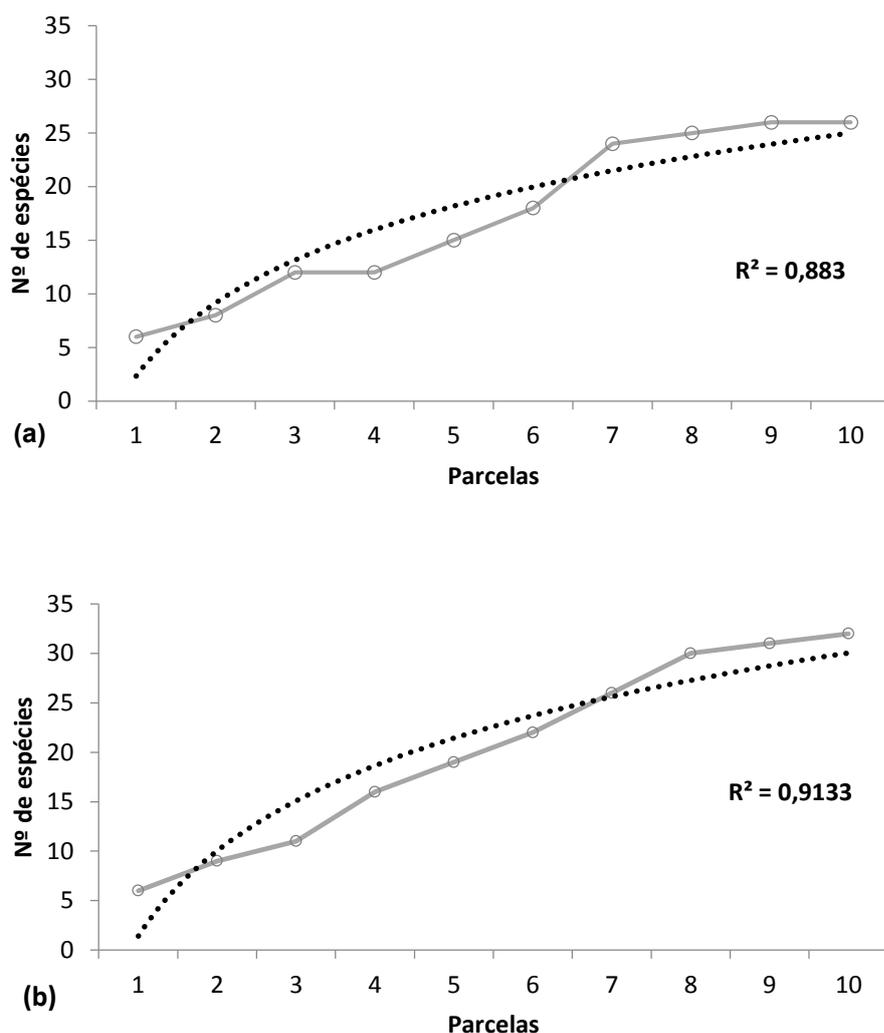
Observou-se composição distinta das famílias mais importantes quanto ao número de indivíduos e número de espécies entre os dois fragmentos. Porém, é possível ressaltar a importância de algumas famílias neste estudo, tais como Fabaceae, quanto ao número de espécies e de indivíduos, e Myrtaceae e Melastomataceae, que apenas não foram observadas nas principais famílias quanto ao número de indivíduos do Fragmento 2.

O esforço amostral da regeneração arbórea nos dois fragmentos estudados foi satisfatório para representar a diversidade da vegetação, apresentando curvas de acumulação de espécies com tendência à estabilização na amostragem de ambas as classes de tamanho, uma vez que os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das curvas de tendência com distribuição logarítmica ajustada foram altos (Figuras 7 e 8).

A análise dos gráficos demonstra que 80% das espécies do fragmento 1 (Classe I) foram encontradas em 6 parcelas (60%), e 78% das espécies do fragmento 2 (Classe I) foram encontradas na metade das parcelas, sugerindo que o estudo teve uma boa representatividade florística. De maneira similar, para a amostragem da classe II, 70% das espécies amostradas no fragmento 1 e 69% das espécies no fragmento 2, foram encontradas nas primeiras 6 parcelas, evidenciando a representatividade satisfatória para a comunidade.

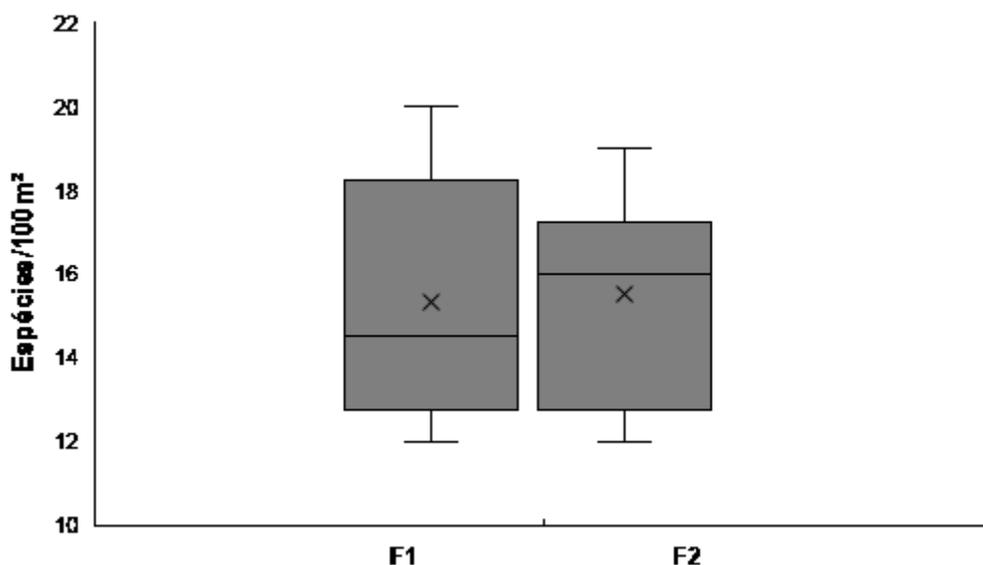


**Figura 7.** Curva de acumulação de espécies (linha sólida) da amostragem da regeneração natural arbórea dos Fragmentos 1 (a) e 2 (b) de cerrado *sensu stricto*, em Serra do Salitre, MG para a classe I de amostragem. A curva tracejada representa a curva logarítmica ajustada, com respectivo valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).



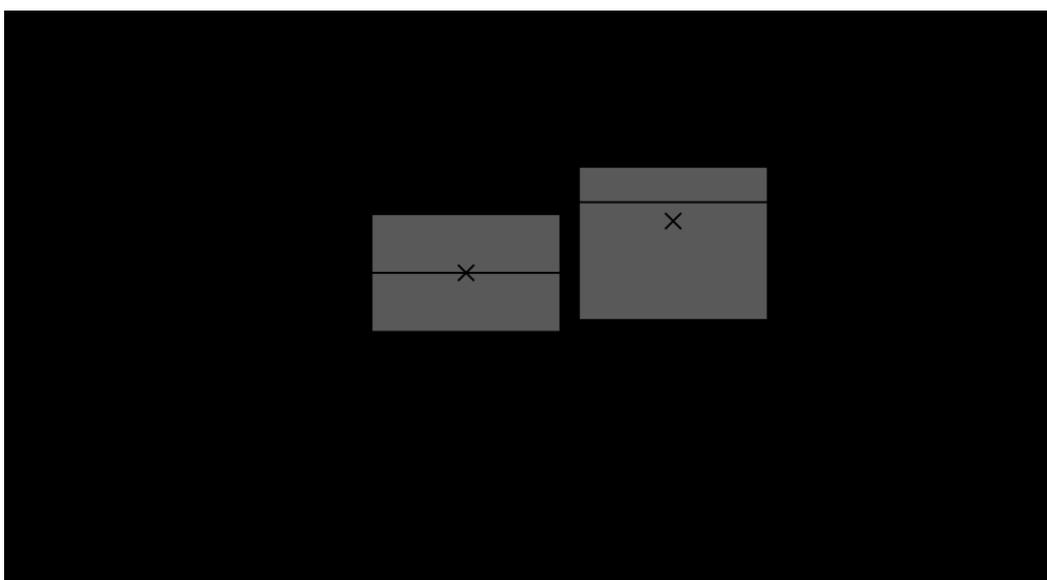
**Figura 8.** Curva de acumulação de espécies (linha sólida) da amostragem da regeneração natural arbórea dos fragmentos 1 (a) e 2 (b) de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG na classe II de amostragem. A curva tracejada representa a curva logarítmica ajustada, com respectivo valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

A riqueza de espécies arbóreas por parcela no levantamento do Fragmento 1 (classe I) variou de 12 a 20 espécies, com média de  $15,3 (\pm 0,94)$  espécies/100 m<sup>2</sup>, e o Fragmento 2 apresentou valores de riqueza entre 12 e 19 espécies/100m<sup>2</sup>, com média de  $15,5 (\pm 0,77)$  espécies/100m<sup>2</sup> (Figura 9). Não foi observada diferença significativa para a riqueza de espécies entre os dois fragmentos.



**Figura 9.** Estimativas do número de espécies (riqueza) por parcela de 100 m<sup>2</sup> (classe I) em dois fragmentos (F1 e F2) de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG. A caixa representa 50% das observações, a linha interna representa a mediana, o “x” representa a média e as linhas verticais a amplitude dos dados (menor e maior valor).

Para a Classe II de amostragem, a riqueza de espécies arbóreas no F1 variou de 1 a 9 espécies por parcela, com média de 5,0 ( $\pm 0,69$ ) espécies/100 m<sup>2</sup>, já no F2 observou-se riqueza de 4 a 8 espécies por parcela, com média de 6,1 ( $\pm 0,50$ ) espécies/100 m<sup>2</sup> (Figura 10). Da mesma forma, não se observou diferença significativa para a riqueza de espécies entre os fragmentos na classe II.



**Figura 10.** Estimativas do número de espécies (riqueza) por parcela de 100 m<sup>2</sup> (classe II) em dois fragmentos (F1 e F2) de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG. A caixa representa 50% das observações, a linha interna representa a mediana, o “x” representa a média e as linhas verticais a amplitude dos dados (menor e maior valor).

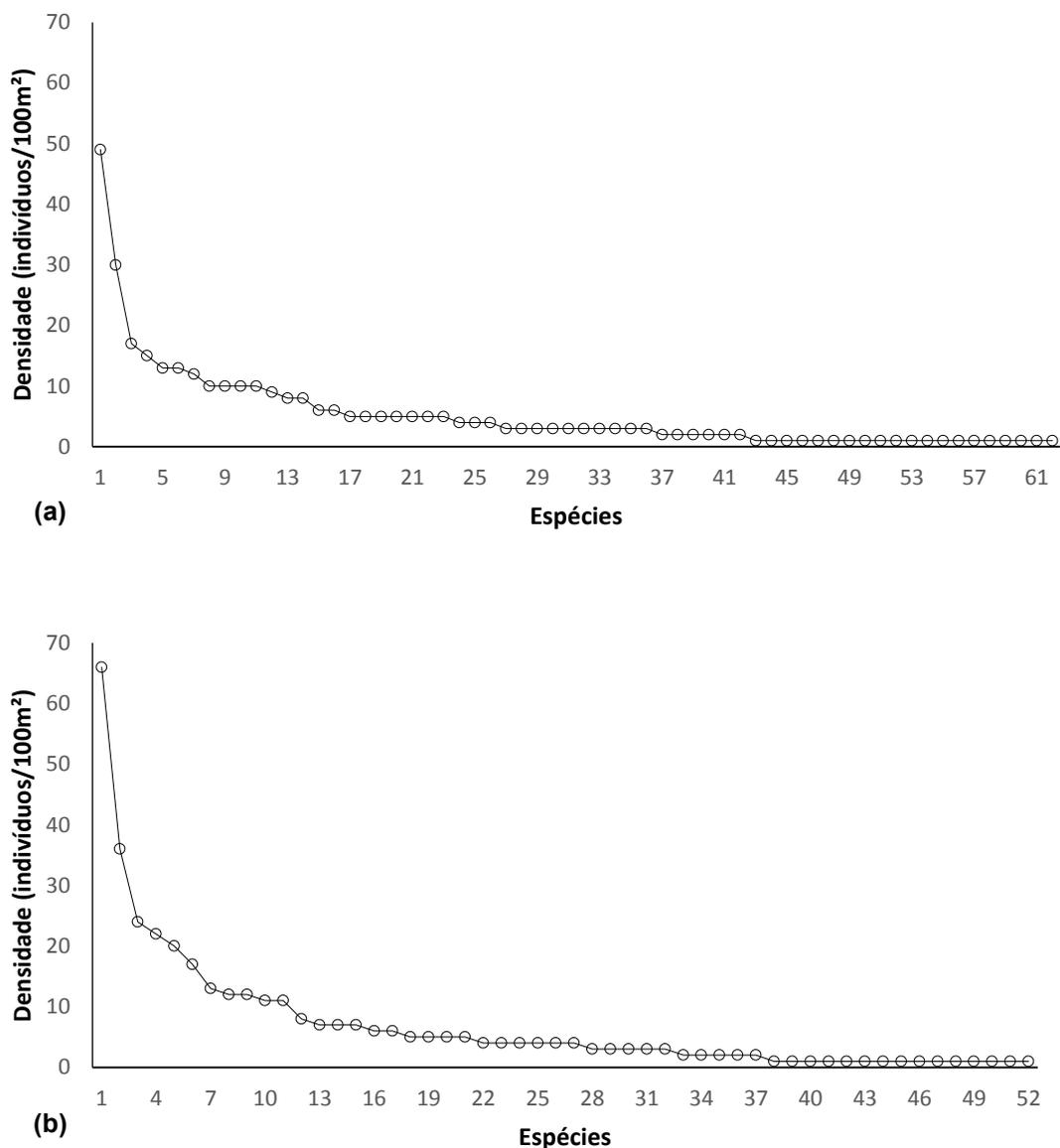
No Fragmento 1 (Figura 11a), sete espécies foram as que mais representaram a comunidade arbórea, dominando em relação à densidade e representando 44,48% dos indivíduos amostrados na classe I. Foram elas, em ordem decrescente: *Xylopia aromatica*, *Matayba guianensis*, *Diplusodom* sp., *Moquiniastrum polymorphum*, *Miconia albicans*, *Myrcia variabilis* e *Bauhinia pulchella*. As espécies com apenas um indivíduo amostrado foram 20, representando 32,25% das espécies encontradas e pouco menos de 6% da densidade total de indivíduos.

O Fragmento 2 (Figura 11b) demonstrou dominância por seis espécies em relação à densidade, que representaram 45,52 % dos indivíduos amostrados na classe I. Foram elas, em ordem decrescente: *Brosimum gaudichaudii*, *Myrsine umbellata*, *Bauhinia rufa*, *Matayba guianensis*, *Erythroxylum deciduum* e *Heteropterys byrsonimifolia*. As espécies com apenas um indivíduo amostrado foram 15, e representaram 4% do total dos indivíduos e 28,85% das espécies amostradas para este fragmento.

O comportamento das curvas (Figura 11) denota uma tendência decrescente com marcada dominância por poucas espécies, demonstrando o padrão clássico de uma comunidade vegetal (MAGURRAN, 2011), com poucas espécies arbóreas dominando o ambiente e muitas espécies com baixos valores de densidade.

Dentre as espécies citadas que dominaram o ambiente nos dois fragmentos com relação à densidade, a maioria possui classificação ecológica de pioneira, sendo quatro espécies de F1 (*X. aromatica*, *M. guianensis*, *G. polymorpha*, *M. albicans*) e todas as espécies dominantes de F2.

Interessante observar que mesmo se tratando da mesma fitofisionomia e com grande proximidade, as espécies dominantes ou colonizadoras quanto à densidade de indivíduos, foram totalmente diferentes em cada fragmento, com exceção de *Matayba guianensis*, única espécie em comum entre as espécies que apresentaram caráter dominante nos dois fragmentos.



**Figura 11.** Rank de densidade das espécies arbóreas da amostragem de classe I, nos Fragmentos 1 (a) e 2 (b), em cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG.

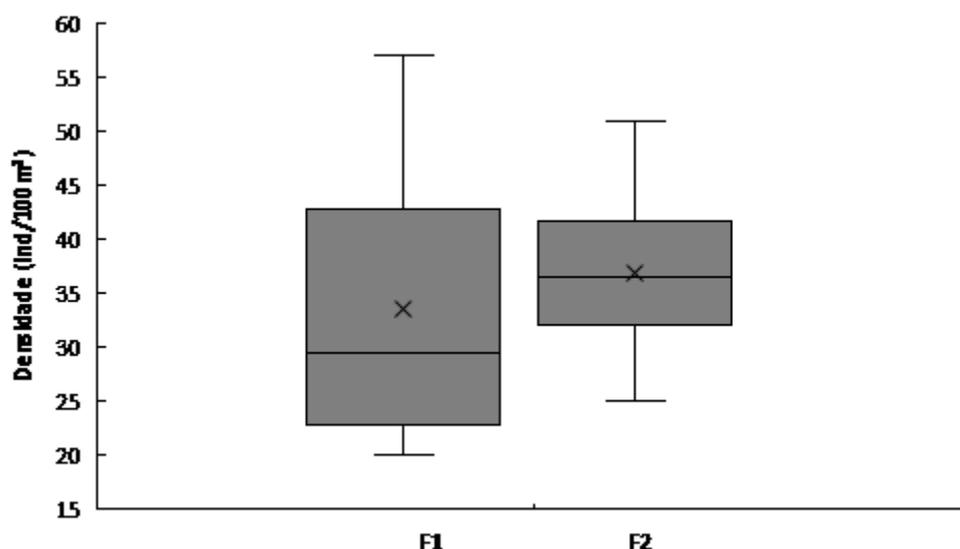
No levantamento da regeneração natural da vegetação arbórea na classe I deste estudo foram encontrados 3.350 indivíduos/ha em F1 e 3.690 indivíduos/ha em F2, com densidade total de 3.520 indivíduos/ha na área de estudo. Já na classe II de amostragem foram encontrados 23.000 indivíduos/ha para F1 e 32.000 indivíduos/ha no F2, totalizando 27.625 indivíduos/ha para a área de estudo (Tabela 1). Não foram observadas diferenças significativas para a densidade de indivíduos (Classe I:  $p =$

0,511 e  $T = - 0,673$ ; Classe II:  $p = 0,109$  e  $T = - 1,684$ ) e para a riqueza de espécies (Classe I:  $p = 0,872$  e  $T = - 0,163$ ; Classe II:  $p = 0,22$  e  $T = - 1,275$ ) nos fragmentos.

**Tabela 1.** Densidade (número de indivíduos por hectare), riqueza (número de espécies por área) e número de famílias, nos dois fragmentos de cerrado *sensu stricto*, nas duas classes de amostragem (Classe I e II), em Serra do Salitre, MG.

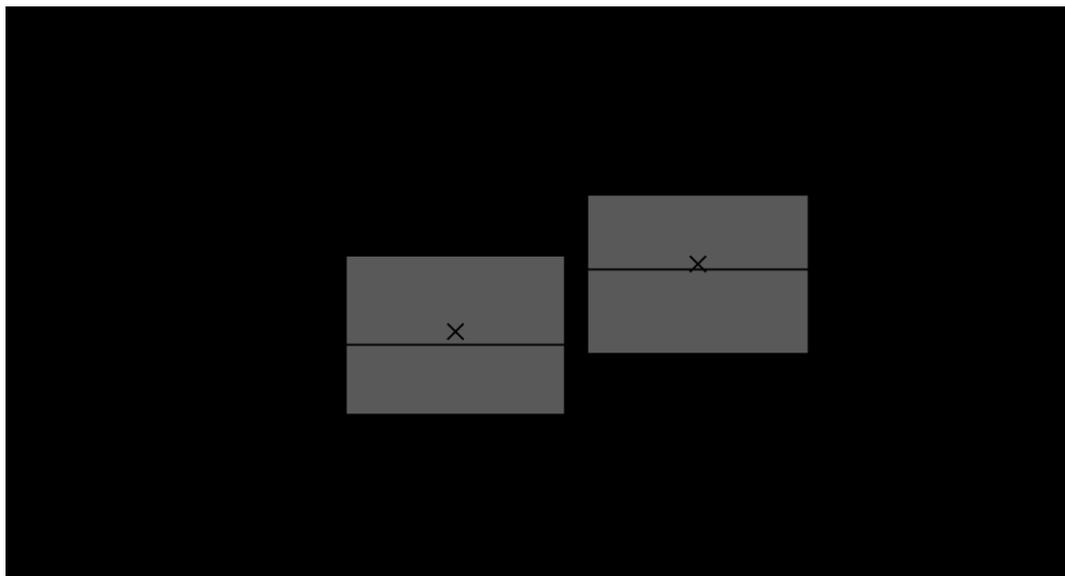
Parâmetro	Densidade		Riqueza		Famílias	
	I	II	I	II	I	II
Fragmento 1	3.350	23.000	62	26	32	21
Fragmento 2	3.690	32.000	52	31	33	25

No levantamento de F1, a densidade de indivíduos arbóreos por parcela (classe I) variou entre 20 e 57 indivíduos, com média de 33,5 ( $\pm 4,17$ ) indivíduos/100 m<sup>2</sup>, e no F2, a densidade arbórea variou de 25 a 51 indivíduos, com média de 36,8 ( $\pm 2,57$ ) indivíduos/100 m<sup>2</sup> (Figura 12).



**Figura 12.** Estimativas da densidade de indivíduos (número de indivíduos) por parcela de 100m<sup>2</sup> (classe I), em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG. A caixa representa 50% das observações, a linha interna representa a mediana, o "x" representa a média e as linhas verticais a amplitude dos dados (menor e maior valor).

Nas parcelas de classe II, a densidade de indivíduos arbóreos por parcela variou entre 3 e 18 indivíduos em F1, com média de 9,2 ( $\pm 1,61$ ) indivíduos/100 m<sup>2</sup>, e em F2 a densidade variou de 8 a 20 indivíduos, com média de 12,8 ( $\pm 1,39$ ) indivíduos/100 m<sup>2</sup> (Figura 13).



**Figura 13.** Estimativas da densidade de indivíduos (número de indivíduos) por parcela de 100m<sup>2</sup> (classe II), em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG. A caixa representa 50% das observações, a linha interna representa a mediana, o “x” representa a média e as linhas verticais a amplitude dos dados (menor e maior valor).

Os parâmetros fitossociológicos e o índice de Regeneração Natural Total (RNT) para a regeneração arbórea do Fragmento 1 estão apresentados na Tabela 2. A análise dos dados permitiu observar que as 10 espécies de maior importância na comunidade, representando 45,05% do RNT, foram *Xylopia aromatica*, *Myrcia variabilis*, *Matayba guianensis*, *Moquiniastrum polymorphum*, *Alibertia edulis*, *Miconia albicans*, *Erythroxylum deciduum*, *Qualea grandiflora*, *Heteropterys byrsonimifolia* e *Diplusodom* sp. Estas foram as espécies com os maiores valores de RNT para a comunidade, considerando as duas classes de amostragem, representando os maiores potenciais para regeneração natural, e podem ser consideradas responsáveis pela caracterização estrutural da comunidade, pois representaram 53,16% do total de indivíduos amostrados.

Das 66 espécies registradas na área, 23 apresentaram participação pouco expressiva para a regeneração natural da comunidade, pois contribuíram com menos de 10% do RNT total. Com relação ao posicionamento das famílias quanto ao RNT, verificou-se que apenas seis delas (Annonaceae, Asteraceae, Erythroxylaceae, Fabaceae, Melastomataceae e Myrtaceae) detêm mais de 50% deste índice.

**Tabela 2.** Espécies arbóreas regenerantes amostradas no Fragmento 1 (F1) de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, MG. DR: Densidade Relativa; FR: Frequência Relativa; RNT1: Regeneração Natural Total da classe I; RNT2: Regeneração Natural Total da classe II; RNT: Regeneração Natural Total considerando as duas classes.

Espécie	Classe I			Classe II			Total
	FR (%)	DR (%)	RNT1	FR (%)	DR (%)	RNT2	RNT
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	4,636	14,627	9,631	4,00	7,609	5,804	8,546
<i>Myrcia variabilis</i> DC.	3,974	3,881	3,927	10,00	11,957	10,978	5,083
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	3,311	8,955	6,133	2,00	1,087	1,543	5,050
<i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	1,987	4,478	3,232	6,00	16,304	11,152	4,933
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.	4,636	2,985	3,810	8,00	7,609	7,804	4,547
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	5,298	3,881	4,589	6,00	4,348	5,174	4,263
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	3,974	2,985	3,479	8,00	4,348	6,174	3,912
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	3,974	2,687	3,330	4,00	2,174	3,087	2,993
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	3,974	2,985	3,479	--	--	--	2,876
<i>Diplusodom</i> sp.	1,987	5,075	3,531	--	--	--	2,843
<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.	1,987	3,582	2,784	6,00	4,348	5,174	2,726
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	2,649	2,985	2,817	4,00	2,174	3,087	2,542
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	2,649	2,388	2,519	--	--	--	2,073
<i>Roupala montana</i> Aubl.	1,987	0,896	1,441	2,00	4,348	3,174	1,956
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	0,662	0,597	0,630	6,00	7,609	6,804	1,906
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	1,987	2,388	2,187	--	--	--	1,789
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	2,649	1,493	2,071	--	--	--	1,722
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	1,987	1,493	1,740	2,00	2,174	2,087	1,672
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	2,649	1,194	1,922	--	--	--	1,605
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	1,987	1,791	1,889	--	--	--	1,555
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	1,987	1,493	1,740	--	--	--	1,438
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	1,987	1,493	1,740	--	--	--	1,438
<i>Pleroma stenocarpum</i> (Schrank et Mart. ex DC.) Triana	1,987	1,493	1,740	--	--	--	1,438
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	1,987	1,493	1,740	--	--	--	1,438
<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B. Walln.	1,987	0,896	1,441	2,00	2,174	2,087	1,438
<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	1,325	0,896	1,110	2,00	2,174	2,087	1,438
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (kunth) O.Berg	1,325	0,896	1,110	2,00	1,087	1,543	1,321
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	--	--	--	6,00	4,348	5,174	1,321
<i>Banisteriopsis malifolia</i> (Nees & Mart.) B.Gates	0,662	1,791	1,227	2,00	2,174	2,087	1,221
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1,987	0,896	1,441	--	--	--	1,204
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	1,987	0,896	1,441	--	--	--	1,204
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	0,662	0,597	0,630	2,00	1,087	1,543	1,204
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	0,662	1,493	1,077	--	--	--	1,154
<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.	0,662	0,299	0,480	4,00	4,348	4,174	1,154
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	1,325	1,194	1,259	--	--	--	1,037
<i>Rourea induta</i> Planch.	1,325	1,194	1,259	--	--	--	1,037

Continua ...

Continuação...

<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	1,325	0,896	1,110	--	--	--	0,919
<i>Cestrum schlechtendalli</i> G. Don	0,662	0,597	0,630	2,00	1,087	1,543	0,919
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	1,325	0,597	0,961	--	--	--	0,802
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin	0,662	0,299	0,480	2,00	1,087	1,543	0,802
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	0,662	0,896	0,779	--	--	--	0,635
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	0,662	0,896	0,779	--	--	--	0,635
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	0,662	0,896	0,779	--	--	--	0,635
<i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O.Berg	0,662	0,597	0,630	--	--	--	0,518
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	0,662	0,597	0,630	--	--	--	0,518
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	0,662	0,299	0,480	2,00	1,087	1,543	0,518
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Vochysia elliptica</i> Mart.	0,662	0,299	0,480	--	--	--	0,401
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	--	--	--	2,00	1,087	1,543	0,401
<i>Hortia brasiliiana</i> Vand. ex DC.	--	--	--	2,00	1,087	1,543	0,401
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	--	--	--	2,00	1,087	1,543	0,401

De forma geral, as espécies com maior potencial de regeneração natural na menor classe foram capazes de sobreviver e evoluir para estarem presentes também na maior classe, ou seja, cerca de 85% das espécies amostradas na fase inicial de desenvolvimento (classe II), também foram encontradas na fase mais evoluída de desenvolvimento (classe I).

Interessante observar que as espécies *Davilla elliptica*, *Styrax ferrugineus* e *Psidium sartorianum* apresentaram alto potencial de regeneração na classe II, com altos valores de RNT2, porém para a comunidade (RNT) tiveram menor representatividade, demonstrando importância maior dessas espécies na fase inicial (classe II). Essas espécies são consideradas pioneiras ou heliófilas, o que pode explicar a sua maior expressividade na menor classe e menor importância na fase mais evoluída da sucessão.

No fragmento 1 (F1), 22 espécies foram amostradas em ambas as classes, representando 33,33% das espécies da comunidade, 40 espécies foram exclusivas da classe I de regeneração arbórea e apenas 4 foram exclusivas da classe II (*Styrax ferrugineus*, *Anadenanthera colubrina*, *Hortia brasiliana* e *Salvertia convallariodora*). Estas últimas são pioneiras, com exceção de *H. brasiliana*, o que pode favorecer a ocorrência exclusiva dessas espécies na menor classe.

Do total de espécies amostradas em ambas as classes de F1, apenas 5 (7,57%) ocorreram em pelo menos 70% das parcelas. Foram elas: *Alibertia edulis*, *Myrcia variabilis*, *Miconia albicans*, *Erythroxylum deciduum* e *Xylopia aromatica*. Nenhuma espécie ocorreu em todas as parcelas. Por outro lado, 27 espécies (40,9%) ocorreram em apenas uma parcela, compondo a população de espécies raras, denotando a importância dos fragmentos em escala regional.

Os parâmetros fitossociológicos avaliados e o índice de Regeneração Natural Total (RNT) para a regeneração arbórea de F2 estão apresentados na Tabela 3. As 10 espécies de maior importância na comunidade para a regeneração natural, representando 46,66% do RNT foram: *Brosimum gaudichaudii*, *Bauhinia rufa*, *Myrsine umbellata*, *Matayba guianensis*, *Ouratea hexasperma*, *Roupala montana*, *Davilla elliptica*, *Erythroxylum deciduum*, *Aspidosperma tomentosum* e *Heteropterys byrsonimifolia*. Essas espécies apresentaram os maiores valores de RNT para a comunidade, considerando ambas as classes de amostragem, e conseqüentemente, possuem os maiores potenciais de regeneração natural neste fragmento. Elas representaram somente 17,54% das espécies amostradas, e podem ser consideradas responsáveis pela caracterização estrutural da comunidade, pois somaram 56,22% do total de indivíduos amostrados.

**Tabela 3.** Espécies arbóreas regenerantes amostradas no Fragmento 2 (F2) de cerrado *sensu stricto* na fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, MG. DR: Densidade Relativa; FR: Frequência Relativa; RNT1: Regeneração Natural Total na classe I; RNT2: Regeneração Natural Total na classe II; RNT: Regeneração Natural Total considerando as duas classes.

Espécie	Classe I			Classe II			Total
	FR (%)	DR (%)	RNT1	FR (%)	DR (%)	RNT2	RNT
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	5,096	17,886	11,491	5,000	6,977	5,988	9,681
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	5,096	6,504	5,800	8,333	7,752	8,043	5,833
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	3,822	9,756	6,789	3,333	3,101	3,217	5,629
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	4,459	5,962	5,210	1,667	0,775	1,221	4,191
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	4,459	3,523	3,991	5,000	2,326	3,663	3,757
<i>Roupala montana</i> Aubl.	4,459	4,607	4,533	1,667	0,775	1,221	3,689
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	1,911	1,084	1,497	8,333	8,527	8,430	3,657
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	2,548	1,897	2,222	6,667	10,078	8,372	3,621
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.	3,185	3,252	3,218	3,333	5,426	4,380	3,521
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	2,548	5,420	3,984	--	--	--	3,083
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	3,185	2,981	3,083	1,667	2,326	1,996	3,019
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	3,185	1,897	2,541	3,333	3,876	3,605	2,818
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	2,548	2,981	2,764	1,667	2,326	1,996	2,750
<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	1,274	1,355	1,314	5,000	7,752	6,376	2,581
<i>Plathymentia reticulata</i> Benth.	3,185	3,252	3,218	--	--	--	2,549
<i>Myrcia variabilis</i> DC.	1,911	1,084	1,497	5,000	7,752	6,376	2,481
<i>Conarus suberosus</i> Planch.	2,548	1,355	1,951	3,333	3,876	3,605	2,348
<i>Rourea induta</i> Planch.	3,185	2,168	2,676	1,667	0,775	1,221	2,248
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	3,185	1,897	2,541	1,667	0,775	1,221	2,147
<i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hil.) Saff.	1,911	1,626	1,768	3,333	1,550	2,442	2,147
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	0,637	0,271	0,454	5,000	6,202	5,601	1,979
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	2,548	1,355	1,951	1,667	0,775	1,221	1,946
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	2,548	1,084	1,816	1,667	0,775	1,221	1,577
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	1,274	0,542	0,908	6,667	3,876	5,271	1,509
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (kunth) O.Berg	2,548	1,084	1,816	--	--	--	1,477
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	1,911	1,626	1,768	--	--	--	1,409
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	1,911	1,355	1,633	--	--	--	1,308
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	1,911	1,084	1,497	--	--	--	1,208
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	1,911	0,813	1,362	1,667	0,775	1,221	1,208
<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B. Walln.	1,274	0,542	0,908	1,667	0,775	1,221	1,107
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	1,274	1,084	1,179	--	--	--	0,939
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	1,274	0,813	1,043	--	--	--	0,839
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	1,274	0,813	1,043	--	--	--	0,839
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	1,274	0,542	0,908	--	--	--	0,738

Continua...

Continuação...

<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	1,274	0,542	0,908	--	--	--	0,738
<i>Banisteriopsis malifolia</i> (Nees & Mart.) B.Gates	--	--	--	3,333	1,550	2,442	0,738
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	0,637	0,813	0,725	--	--	--	0,570
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	0,637	0,813	0,725	--	--	--	0,570
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	0,637	0,271	0,454	1,667	1,550	1,609	0,570
<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	--	--	--	1,667	2,326	1,996	0,570
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	--	--	--	1,667	2,326	1,996	0,570
<i>Diplusodom</i> sp.	0,637	0,542	0,589	--	--	--	0,470
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	0,637	0,271	0,454	1,667	0,775	1,221	0,470
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	0,637	0,271	0,454	1,667	0,775	1,221	0,470
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	1,274	0,271	0,772	--	--	--	0,369
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Hortia brasiliana</i> Vand. ex DC.	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Leptolobium elegans</i> Vogel	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Cordia macrophylla</i> (K. Schum.) Kuntze	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	0,637	0,271	0,454	--	--	--	0,369
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	--	--	--	1,667	0,775	1,221	0,369

Das 57 espécies registradas na área, 21 apresentaram participação pouco expressiva para a regeneração natural da comunidade, pois contribuíram apenas com cerca de 9% do RNT total.

Com relação ao posicionamento das famílias quanto ao RNT em F2, verificou-se que oito famílias (Fabaceae, Malpighiaceae, Moraceae, Myrtaceae, Ochnaceae, Primulaceae, Salicaceae e Sapindaceae) detêm mais de 50% deste índice, demonstrando maior diversidade de famílias dominantes, se comparado ao F1. Nota-se que as famílias dominantes quanto ao RNT são diferentes nos dois fragmentos, tendo em comum apenas Fabaceae e Myrtaceae, evidenciando a heterogeneidade em vegetação de cerrado *sensu stricto*, mesmo em áreas próximas.

De forma geral, as espécies com maior potencial de regeneração natural na menor classe foram capazes de sobreviver e estiveram presentes também na maior classe. Ou seja, a maior parte (84%) das espécies amostradas na fase inicial de desenvolvimento (classe II), também foi encontrada na classe I.

Interessante observar que as espécies *Casearia sylvestris* e *Styrax ferrugineus* apresentaram alto potencial de regeneração na classe II, com altos valores de RNT2, porém para a comunidade tiveram representatividade menor (RNT), demonstrando importância maior dessas espécies na menor classe de tamanho. Ambas as espécies são pioneiras, o que pode explicar a sua maior expressividade na fase inicial da sucessão.

A espécie *Styrax ferrugineus* ocorreu nos dois fragmentos, com grande importância para a regeneração natural na fase inicial de desenvolvimento (classe II), porém não foi considerada importante para a comunidade (baixo valor de RNT). O fato de ser uma espécie pioneira provavelmente contribuiu com o sucesso de estabelecimento na menor classe.

Em F2, 26 espécies foram amostradas em ambas as classes, representando 45,61% das espécies da comunidade, 26 espécies foram exclusivas da classe I e apenas 5 foram exclusivas da classe II de regeneração (*Banisteriopsis malifolia*, *Diospyros lasiocalyx*, *Senna silvestres*, *Tapirira guianensis* e *Trichilia elegans*), sendo que destas últimas, três são espécies pioneiras (*D. burchellii*, *S. silvestres* e *T. guianensis*). Nesta área observou-se, da mesma forma que em F1, a influência das espécies mais importantes na fase inicial da regeneração arbórea (classe II) na ocorrência de espécies de maior potencial de regeneração da classe I, com 45% delas em comum nas duas classes, e poucas espécies exclusivas da classe II.

Do total de espécies amostradas em ambas as classes de F2, apenas 6 (10,52%) ocorreram em pelo menos 70% das parcelas (*Brosimum gaudichaudii*, *Bauhinia rufa*, *Matayba guianensis*, *Ouratea hexasperma*, *Roupala montana*, *Davilla elliptica*). Nenhuma espécie ocorreu em todas as parcelas. Por outro lado, 21 espécies (36,90%) ocorreram em apenas uma parcela, compondo a população de espécies raras de F2.

No F2, *Brosimum gaudichaudii*, *Myrsine umbellata* e *Bauhinia rufa* tiveram as maiores densidades, contabilizando 29,92% da densidade relativa total. Tais espécies também tiveram altas frequências ( $F_a \geq 60\%$ ), ou seja, ocorreram em mais de 60% das parcelas, indicando um caráter dominante na vegetação.

No F1, *Xylopia aromatica*, *Matayba guianensis* e *Moquiniastrum polymorphum*, foram as espécies que tiveram as maiores densidades relativas, com 27,40% do total. Porém, destas espécies, apenas *X. aromatica* obteve frequência maior do que 60%, não sendo possível observar o mesmo padrão do F2. Importante evidenciar que as espécies que ocorreram com maior frequência em F2 foram diferentes das espécies de maior frequência de F1, demonstrando novamente a heterogeneidade existente entre as áreas.

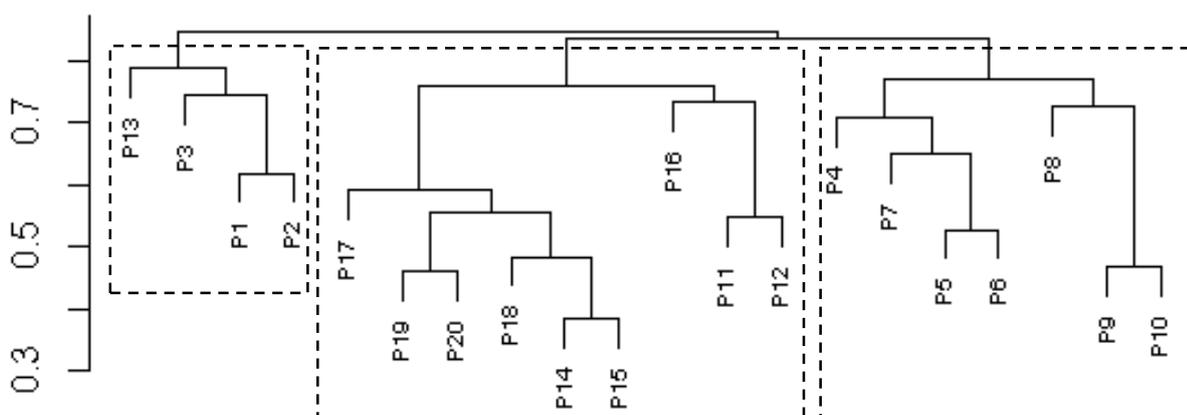
Observou-se também diferenças entre as espécies mais importantes nos fragmentos, considerando ambas as classes de amostragem, com apenas 3 espécies em comum (*Matayba guianensis*, *Erythroxylum deciduum* e *Heteropterys byrsonimifolia*) entre as 10 espécies com maiores valores de RNT. Assim, apesar de compartilharem um número considerável de espécies (62,12% das espécies de F1 e 72,93% de F2), os dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* estudados são diferentes em termos das espécies que dominam cada ambiente.

Ao se avaliar separadamente cada classe com relação as 10 espécies dominantes, nota-se que na classe II há, relativamente, uma maior similaridade florística, com 4 espécies em comum nos dois fragmentos (*Myrcia variabilis*, *Davilla elliptica*, *Erythroxylum deciduum* e *Miconia albicans*), enquanto que na classe I, apenas 2 espécies são comuns entre os fragmentos (*Matayba guianensis* e *Heteropterys byrsonimifolia*). Isto pode indicar que após o início do desenvolvimento das plântulas, as condições ambientais de cada local estariam agindo no sentido de facilitar ou dificultar a ocorrência de determinadas espécies de acordo com as variações locais.

Entre as 81 espécies amostradas nos dois fragmentos, 24 foram exclusivas do F1 e 15 exclusivas do F2, o que equivale a 38,70% das espécies encontradas em F1 e 28,85% das espécies do F2. Isso evidencia novamente que mesmo em áreas muito próximas de mesma fitofisionomia, existe heterogeneidade de espécies. Além disso,

as espécies que dominaram o ambiente foram diferentes nos dois fragmentos, o que corrobora a heterogeneidade ambiental entre eles.

A análise de agrupamento aplicada demonstrou uma tendência ao agrupamento para os dois fragmentos na distribuição de espécies arbóreas em cerrado *sensu stricto*, com a formação de dois ambientes distintos: o primeiro com quase todas as parcelas do fragmento 2 agrupadas na região central e o segundo com 7 parcelas do fragmento 1 agrupadas à direita (Figura 14). A heterogeneidade florística entre os fragmentos contribuiu para a formação dos dois grupos distintos. Nota-se que F2 possuiu maior similaridade entre suas parcelas.



**Figura 14.** Dendrograma da Análise de Agrupamento da regeneração arbórea de dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG (Correlação Cofenética: 0,8061). P1 a P10 referem-se às parcelas do F1, e P11 a P20 referem-se às parcelas do F2.

#### 4 DISCUSSÃO

As espécies regenerantes arbóreas mais importantes deste estudo foram comumente encontradas em vegetação de cerrado *sensu stricto*, tais como *Xylopia aromatica*, *Miconia albicans*, *Qualea grandiflora*, *Brosimum gaudichaudii*, *Matayba guianensis*, *Roupala montana*, *Davilla elliptica*, *Casearia sylvestris*, *Alibertia edulis* e *Ouratea hexasperma* (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003; RIBEIRO; WALTER, 2008). Outras espécies também foram comumente relatadas em estudos de regeneração de cerrado *sensu stricto* em Minas Gerais, como é o caso de *Qualea grandiflora*, *Brosimum gaudichaudii*, *Miconia albicans*, *Xylopia aromatica*, *Aspidosperma tomentosum*, *Copaifera langsdorffii*, *Matayba guianensis*, *Myrcia variabilis* e *Roupala montana* (SAPORETTI JUNIOR; MEIRA NETO; ALMADO, 2003; VALE, CRESPILO; SCHIAVINI, 2009; GOMIDE *et al.*, 2012).

Das espécies amostradas neste trabalho, 53,55% foram citadas na lista de plantas de Cerrado do Triângulo Mineiro de Goodland e Ferri (1979). Entre as dez espécies com maior RNT neste estudo, apenas *Qualea grandiflora* foi citada como uma das dez espécies de maior importância (maior VI - Valor de Importância) para o Cerrado do Triângulo Mineiro (GOODLAND; FERRI, 1979). Esta espécie também foi citada em 85% dos estudos em áreas de Cerrado, enquanto que *Xylopia aromatica*, *Qualea grandiflora*, *Brosimum gaudichaudii*, *Ouratea hexasperma*, *Roupala montana*, *Davilla elliptica* e *Aspidosperma tomentosum*, foram citadas como espécies ocorrentes em mais de 50% dos estudos em áreas de Cerrado (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003).

Fabaceae, Myrtaceae, Melastomataceae, Asteraceae, Annonaceae e Erythroxylaceae foram consideradas famílias importantes na regeneração natural de cerrado *sensu stricto* em outros locais (SAPORETTI JUNIOR; MEIRA NETO; ALMADO, 2003; TOPPA, 2004; NERI *et al.*, 2011; GOMIDE *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2014; REIS, 2018; SOUTO, 2017). Com exceção de Annonaceae e Erythroxylaceae, essas famílias também fazem parte da lista das dez famílias mais ricas do bioma Cerrado segundo Mendonça *et al.* (2008).

Sabe-se que a maioria das espécies das famílias Vochysiaceae e Melastomataceae, que estiveram entre as principais famílias em relação ao número

de espécies neste estudo, são comprovadamente acumuladoras de alumínio (FURLEY; RATTER, 1988; HARIDASAN, 2000; ARAÚJO; RODRIGUES; GUSSON, 2008; HARIDASAN, 2008). Neste sentido, *Miconia albicans*, *Palicourea rigida*, *Qualea grandiflora*, *Q. parviflora*, *Salvertia convallariodora*, *Vochysia elliptica* e *V. tucanorum* foram amostradas neste estudo e são consideradas espécies acumuladoras de alumínio (HARIDASAN, 2000; ARAÚJO; RODRIGUES; GUSSON, 2008). Dentre elas, *M. albicans* e *Q. grandiflora* tiveram altas frequências neste estudo, e possuem ampla distribuição no Cerrado (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003). Além disso, espécies indicadoras de solos distróficos, como *Virola sebifera*, *Blepharocalyx salicifolius* e *Siparuna guianensis* (FURLEY; RATTER, 1988), também estiveram presentes nos fragmentos avaliados.

A densidade de indivíduos encontrada neste estudo foi semelhante à encontrada por Souto (2017) no nordeste de São Paulo, porém foi inferior aos valores encontrados por muitos autores para a regeneração natural de cerrado *sensu stricto* (BARREIRA *et al.*, 2002, MEDEIROS; FELFILI; LIBANO, 2007; PEREIRA *et al.*, 2014; REIS, 2018). Por outro lado, a riqueza de espécies e famílias observada neste estudo foi superior à encontrada por diversos autores para a regeneração de cerrado *sensu stricto* nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e no Distrito Federal (BARREIRA *et al.*, 2002; TOPPA, 2004; MEDEIROS; FELFILI; LIBANO, 2007; PAULA *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2014; SOUTO, 2017; REIS, 2018). Isso demonstra que apesar da menor densidade de indivíduos, a regeneração natural do cerrado *sensu stricto* da área do presente estudo apresentou elevada riqueza.

A estrutura de uma comunidade adulta depende do desenvolvimento dos indivíduos em regeneração, e uma densa população de regenerantes é indicativa da capacidade de autorregeneração da comunidade (AMARAL *et al.*, 2015). Entretanto grande parte dos indivíduos da regeneração pode não se estabelecer (MEDEIROS; FELFILI; LIBANO, 2007) devido à fragilidade da fase regenerativa e à competição por espaço. Assim, a alta proporção de indivíduos regenerantes das espécies mais importantes sugere que estas poderão representar a futura comunidade arbórea (SALLES; SCHIAVINI, 2007).

Desta forma, as espécies arbóreas com maior número de indivíduos em regeneração e com os maiores valores de RNT podem ser as que irão representar a

comunidade adulta no futuro. Assim, *Xylopia aromatica*, *Brosimum gaudichaudii*, *Myrcia variabilis*, *Bauhinia rufa*, *Matayba guianensis* e *Myrsine umbellata*, podem ser recomendadas para projetos de restauração em ambientes de cerrado *sensu stricto* na região do estudo.

Nas fitofisionomias do Cerrado, a ocorrência de espécies vegetais se dá em mosaicos, com poucas espécies dominantes e as demais pouco abundantes ou raras (FELFILI; SEVILHA; SILVA JÚNIOR, 2001). Este padrão, no qual um grupo pequeno de espécies prevalece sobre as demais na regeneração natural, ocorreu neste trabalho, com poucas espécies (menos de 10) dominando os ambientes, e também tem sido verificada em outros estudos de regeneração (BARREIRA *et al.*, 2002; PEREIRA *et al.*, 2014; REIS, 2018).

A diversidade de uma determinada área é reflexo tanto das espécies dominantes, quanto das espécies raras, e um maior número de espécies raras na comunidade indica uma maior taxa de recrutamento. Assim, a alta porcentagem de espécies raras em ambos os fragmentos avaliados indica uma área com alta diversidade, e evidencia a importância dos fragmentos a nível regional.

A espécie *Hortia brasiliiana*, que consta na categoria de ameaça 'Quase Ameaçada' (NT) do Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora, 2019), foi encontrada em ambos os fragmentos estudados, porém com baixa frequência (apenas um indivíduo em cada fragmento), podendo ser considerada uma espécie rara nesta amostragem.

Ao se comparar as espécies mais importantes na regeneração natural deste trabalho com outros estudos, observou-se que há poucas espécies em comum (BARREIRA *et al.*, 2002; SENA; PINTO, 2008; VALE, CRESPILO; SCHIAVINI, 2009; PEREIRA *et al.*, 2014; PINHO JÚNIOR *et al.*, 2015), reforçando a existência da heterogeneidade de espécies no Cerrado brasileiro.

A heterogeneidade de espécies entre os dois fragmentos pode estar associada com as variações de fatores ambientais e biofísicos, o que pode facilitar a ocorrência de diferentes espécies em cada fragmento. Essas relações serão discutidas no Capítulo 2.

## 5 CONCLUSÕES

Os dois fragmentos avaliados apresentaram bom potencial de regeneração, evidenciado pela riqueza encontrada, e foram representados por espécies características de cerrado *sensu stricto*, das quais se destacaram *Xylopia aromatica*, *Myrcia variabilis*, *Matayba guianensis*, *Moquiniastrum polymorphum*, *Alibertia edulis*, *Miconia albicans*, *Brosimum gaudichaudii*, *Bauhinia rufa*, *Myrsine umbellata*, *Ouratea hexasperma* e *Roupala montana*, com os maiores valores de RNT para a comunidade. Estas são espécies interessantes de serem utilizadas em projetos de recuperação de áreas com características similares com a região do estudo.

Analisados em conjunto, os resultados de densidade e RNT, confirmam que a estrutura da comunidade arbórea regenerante estudada é dominada por poucas espécies, e que a maioria apresenta menores valores de regeneração natural total na comunidade. As comunidades vegetais estudadas apresentaram marcante dominância por *Xylopia aromatica* e *Brosimum gaudichaudii*, no que diz respeito à densidade de indivíduos regenerantes arbóreos.

Foi observada heterogeneidade florística entre os fragmentos de cerrado *sensu stricto* avaliados, com diversas espécies ocorrendo exclusivamente em um dos fragmentos, embora estes sejam próximos. Isto pode estar associado com as variáveis ambientais e características de solo distintas de cada área. A heterogeneidade de espécies entre os fragmentos, de forma geral, contribuiu para uma tendência ao agrupamento de dois grupos distintos, um em cada fragmento. A alta porcentagem de espécies raras observada nos fragmentos indicou uma comunidade com grande diversidade.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, T. A. L.; PINTO, J. R. R.; LENZA, E.; MEWS, H. A.; SANTOS, T. R. R. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo arbórea em cerrado sentido restrito na serra de Jaraguá, Goiás, Brasil. **Heringeriana**, Brasília, DF, v. 6, n. 2, p. 42-53, 2012.
- ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. *In*: GOEDERT, W. J. (ed.). **Solos dos Cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Editora Nobel; Brasília: Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 1985.
- AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. *In*: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado**: ecologia e caracterização. Brasília: Embrapa Cerrados. 2004.
- ALMEIDA, R. F.; FAGG, C. W.; OLIVEIRA, M. C.; MUNHOZ, C. B. R.; LIMA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. B. Mudanças florísticas e estruturais no cerrado *sensu stricto* ao longo de 27 anos (1985-2012) na Fazenda Água Limpa, Brasília, DF. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 1, p. 001-019, 2014. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602014000100001>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711–728. 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- AMARAL, C. S.; AMARAL, W. G.; PEREIRA, I. M.; OLIVEIRA, P. A.; MACHADO, V. M. Comparação florístico-estrutural dos estratos adultos e regenerantes em área minerada de campo rupestre, Diamantina, MG. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 183-190, 2015. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- APG IV. THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. The Linnean Society of London. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 181, p.1–20, 2016. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- ARAÚJO, G. M.; RODRIGUES, R. F.; GUSSON, A. E. Espécies acumuladoras de Al em dois cerradões, em diferentes solos no Triângulo Mineiro. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2, 2008, Brasília, DF. **Anais [...]** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

BARREIRA, S.; SCOLFORO, J. R. S.; BOTELHO, S. A.; MELLO, J. M. Estudo da estrutura da regeneração natural e da vegetação adulta de um cerrado *senso stricto* para fins de manejo florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 64-78, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado**: projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília, DF. 2015. 67p.

CAVA, M. G. B.; ISERNHAGEN, I.; MENDONÇA, A. H.; DURIGAN, G. Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. **Hoehnea**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 301-315, 2016.

<https://doi.org/10.1590/2236-8906-18/2016>

CNCFlora. Centro Nacional de Conservação da Flora. **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>. Acesso em: 20 ago. 2019.

DURINGAN, G. Bases e diretrizes para a restauração da vegetação de cerrado. *In*: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (org.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. 2008.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. *In*: PINTO, M. N. (org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília. 2. ed. 681p. 1993.

EITEN, G. **Vegetação natural do Distrito Federal**. Brasília, DF: SEBRAE/DF. 162p. 2001.

FELFILI, J. M. Principais fisionomias do Espigão Mestre do São Francisco. *In*: FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. (org.). **Biogeografia do Bioma Cerrado**: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. 2001.

FELFILI, J. M.; SEVILHA, A. C.; SILVA JÚNIOR, M. C. Comparação entre as unidades fisiográficas Chapada Pratinha, Veadeiros e Espigão Mestre do São Francisco. *In*: FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. (org.). **Biogeografia do Bioma Cerrado**: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. 2001.

FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MARIMON, B. S.; DELITTI, W. B. C. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa – MT. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 103-112, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000100012>

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. Diversity, floristic and structural patterns

of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 175: p. 37–46, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:VEGE.0000048090.07022.02>

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos Biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. 2005.

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” *sensu stricto* on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 375-385, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000300004>

FLORA do Brasil (em construção). 2020. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012. <https://doi.org/10.4322/floram.2012.054>

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal Of Biogeography**, Oxford, v. 15, p. 97-108, 1988. <https://doi.org/10.2307/2845050>

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, estado do Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 12, p. 71-82, 2003. <https://doi.org/10.5902/198050981744>

GOODLAND, R.; FERRI, M. G. **Ecologia do Cerrado**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 193 p.

GOOGLE EARTH PRO. Versão 7.3.2. Acesso em: 15 jun. 2019.

GOMIDE, L. R.; ACERBI JUNIOR, F. W.; SCOLFORO, S. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, L. M. T.; CALEGÁRIO, N.; FERRAZ FILHO, A. C. Sustainable forest management of native vegetation remnants in Brazil. *In*: MARTIN-GARCIA, J.; DIEZ, J. J. (ed.). **Sustainable forest management: case studies**. Rijeka: Intech, 2012.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 183-195, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202008000300003>

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Ed UFPR; 2008.

IBGE. Mapa de Biomas e de Vegetação. *In*: IBGE: **Geociências**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em:  
<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>.  
 Acesso em: 15 nov. 2018

ISHARA, R. L.; DÉSTRO, G. F. G.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S.; YANAGIZAWA, Y. A. N. P. Composição florística de remanescente de cerrado *sensu stricto* em Botucatu, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 575-586, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042008000400004>

JEPSON, W. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, New York, v. 171, n. 2, p. 99-111, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2005.00153.x>

KLINK, C. A; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, n. 3. p. 707-713, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Porto Alegre. Editora da UFRGS. 2011. 261p

MARIMON JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 913-926, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400026>

MEDEIROS, M. M.; FELFILI, J. M.; LIBANO, A. M. Comparação florístico-estrutural dos estratos de regeneração e adulto em cerrado *sensu stricto* no Brasil Central. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 291-298, 2007.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do bioma Cerrado. Checklist com 12.356 espécies. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. (ed.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília, DF: Embrapa Cerrados. v. 2., p. 422-1279. 2008.

MENDONÇA, A. H. **Avaliação do efeito de borda sobre a vegetação de cerrado *stricto sensu* inserido em matriz de pastagem**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2010.

NERI, A. V.; SOARES, M. P.; MEIRA NETO, J. A.; DIAS, L. E. Espécies de Cerrado com potencial para recuperação de áreas degradadas por mineração de ouro, Paracatu-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 907-918, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500016>

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; NILTON, C., VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, n. 58, p. 139–158, 2001.

<https://doi.org/10.1017/S0960428601000506>

PAULA, J. E.; IMAÑA-ENCINAS, J.; SANTANA, O. A.; RIBEIRO, G. S.; IMAÑA, C. R. Levantamento florístico e sua distribuição diamétrica da vegetação de um cerrado *sensu stricto* e de um fragmento de floresta de galeria no ribeirão Dois Irmãos na APA de Cafuringa, DF, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 35-46, 2009.

<https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n3p35>

PECK, J. E. **Multivariate analysis for community ecologists**: Step-by-step using PC-ORD. Gleneden Beach: Mjm Software Desing, 2010. 162 p.

PEREIRA, I. M.; GONZAGA, A. P. D.; OTONI, T. J. O.; RIBEIRO, P. S. S. P.; CHAVES, D. A. Regeneração natural pós fogo em dois ambientes de Cerrado no Parque Estadual do Biribiri em Diamantina, MG. **MG Biota**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 23-39, 2014.

PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 441-454, 2009.

<https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000300005>

PINHO JÚNIOR, G. V; NASCIMENTO, A. R. T.; VALVERDE, B. T.; CLEMENTE, L. H. Brazilian savanna re-establishment in a monoculture forest: diversity and environmental relations of native regenerating understory in *Pinus caribaea* Morelet. stands. **Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 26, n. 3, p. 571–579, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s11676-015-0050-z>

PREFEITURA DE SERRA DO SALITRE. **Plano Municipal de Saneamento Básico**: diagnóstico técnico participativo. Serra do Salitre: Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Araguari; ABHA, 2014. 148 p.

PORTO, M. L. (ed.) **Comunidades vegetais e fitossociologia**: fundamentos para avaliação e manejo de ecossistemas. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 240p. 2008.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. 2009.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal Of Botany**, Edinburgh, v. 60, n. 1, p. 57-109, 2003. <https://doi.org/10.1017/S0960428603000064>

REIS, S. A. **Morfometria de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia aurea* e regeneração natural da vegetação lenhosa em cerrado *sensu stricto***. 2018. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados. v. 1., p. 151-199. 2008.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C. Estudo da metodologia proposta para classificação dos diferentes estágios de regeneração no Cerrado. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p. 91-98, 2013. <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.73.390>

SALLES, J. C.; SCHIAVINI, I. Estrutura e composição do estrato de regeneração em um fragmento florestal urbano: implicações para a dinâmica e a conservação da comunidade arbórea. **Acta Botânica Brasileira**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 223-233, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000100021>

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado**. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento. Embrapa Cerrados. v. 205. 2008.

SANTOS, J. G. **Variabilidade pluviométrica na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

SAPORETTI JUNIOR, A. W.; MEIRA NETO, J. A. A.; ALMADO, R. Fitossociologia de sub-bosque de cerrado em talhão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no município de Bom Despacho-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 905-910, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000600017>

SENA, A. L. M.; PINTO, J. R. R. **Regeneração natural em áreas degradadas com enfoque na capacidade de resiliência das espécies lenhosas do cerrado**. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Anais [...]**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

SILVA, W. C.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; FELICIANO, A. L. P.; COSTA JÚNIOR, R. F. Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta ombrófila densa, mata das galinhas, no município de Catende, zona da mata sul de Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 321-331. 2007. <https://doi.org/10.5902/198050981964>

SOUTO, M. A. G. **Dinâmica da regeneração natural de um cerrado *stricto sensu* no Nordeste do Estado de São Paulo**. 2017. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

STATSOFT, INC. **Software STATISTICA** (data analysis software system), version 8.0. 2007.

TOPPA, R. H. **Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP**. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2004.

VALE, V. S.; CRESPILO, R. F.; SCHIAVINI, I. Análise da regeneração natural em uma comunidade vegetal de cerrado no Parque Victório Siquierolli, Uberlândia-MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p.131-145, 2009.

## **CAPÍTULO 2**

**Variáveis ambientais e biofísicas relacionadas com a  
regeneração natural de espécies arbóreas em cerrado  
*sensu stricto***

**Uberlândia  
2019**

## RESUMO

A distribuição da flora do Cerrado é bastante heterogênea, e diversos são os fatores que condicionam a ocorrência de determinada fitofisionomia no bioma. Muitos autores citam que as variáveis ambientais e biofísicas de cada local são responsáveis pela diversidade de espécies vegetais em ambientes de cerrado *sensu stricto*. Neste sentido, o presente estudo objetivou relacionar a densidade da regeneração arbórea com as variáveis ambientais e biofísicas, visando identificar possíveis gradientes ambientais e padrões ecológicos na distribuição das espécies em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz, em Serra do Salitre, Minas Gerais. A heterogeneidade ambiental foi avaliada pela Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando-se duas variáveis biofísicas do dossel e oito variáveis ambientais. A correlação entre a vegetação e as variáveis ambientais foi avaliada por meio da Análise de Redundância (RDA), utilizando uma matriz de densidade de espécies e uma matriz de variáveis ambientais e biofísicas. Foram observadas diferenças significativas para os parâmetros do solo P, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Al+H, SB, CTC efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), saturação de alumínio (M) e CO, entre os dois fragmentos, e também para a composição física do solo (areia grossa, silte e argila), assim como para a umidade do solo, altura do dossel, rochosidade, altitude e declividade. A análise exploratória dos dados permitiu observar que existe heterogeneidade ambiental nos fragmentos. Foi verificado um gradiente ambiental relacionado principalmente com os aspectos do solo e parâmetros biofísicos e ambientais, gerando um maior número de microsítios de recrutamento para as espécies arbóreas.

**Palavras chave:** Cerrado. Espécies arbóreas. Heterogeneidade ambiental. Padrões ecológicos. Relação solo-vegetação.

## ABSTRACT

The distribution of Cerrado flora is quite heterogeneous, and several factors determine the occurrence of a certain phytophysiology in the biome. Many authors mention that environmental and biophysical variables of each site are responsible for the diversity of plant species in cerrado *sensu stricto* environments. In this sense, the present study aimed to relate the density of woody regeneration with environmental and biophysical variables, aiming to identify possible environmental gradients and ecological patterns in the distribution of species in two fragments of cerrado *sensu stricto* at Fazenda Santa Cruz, in Serra do Salitre, Minas Gerais. The environmental heterogeneity was evaluated by the Principal Component Analysis (PCA), using two biophysical canopy variables and eight environmental variables. The correlation between vegetation and environmental variables was evaluated through the Redundancy Analysis (RDA), using a species density matrix and an environmental and biophysical variables matrix. Were observed significant differences for the soil parameters P, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Al+H, SB, effective CTC (t), CTC at pH 7.0 (T), aluminum saturation (M) and CO, between the two fragments, and also for the physical composition of the soil (coarse sand, silt and clay), as well as for soil moisture, canopy height, rockiness, altitude and slope. The exploratory analysis of the data allowed to observe that there is environmental heterogeneity in the fragments. An environmental gradient mostly related to soil aspects and biophysical and environmental parameters was verified, resulting in a larger number of recruitment microsites for the woody species.

**Keywords:** Cerrado. Woody species. Environmental heterogeneity. Ecological patterns. Soil-vegetation relationship.

## 1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é o segundo maior em extensão no território brasileiro e abriga uma elevada biodiversidade, reconhecida como uma das maiores do mundo. As características florísticas e a densidade de indivíduos lenhosos no Cerrado podem ser variáveis na sua extensa área (PIVELLO; COUTINHO, 1996; DURINGAN, 2008), sendo a distribuição da sua flora heterogênea, com vários fatores influenciando a ocorrência de determinada fitofisionomia (EITEN, 2001; RIBEIRO; WALTER, 2008).

Uma comunidade de plantas é caracterizada pela riqueza de espécies, cuja presença e densidade dependem das interações entre elas, bem como das inúmeras condições ambientais (PECK, 2010). Considerando as condições altamente restritivas em relação aos padrões convencionais ideais para o desenvolvimento de plantas, encontra-se no Cerrado uma flora peculiar (DURINGAN, 2008), onde diversos fatores, possivelmente variáveis com o tempo, podem ser considerados determinantes na distribuição dessas espécies vegetais e na ocorrência das fitofisionomias em diferentes locais do bioma.

Tilman *et al.* (1997) reuniram informações de diversos estudos que indicavam que as variáveis do ecossistema estavam relacionadas com a diversidade vegetal, assim como Ruggiero *et al.* (2002) e Toppa (2004) demonstraram que a hierarquia de fatores que condiciona a ocorrência das distintas fisionomias do Cerrado pode mudar com o local estudado. Neste sentido, o conhecimento dos atributos bióticos e abióticos da paisagem é um fator importante para o entendimento da dinâmica da vegetação (FINGER; FINGER, 2015).

Muitos são os fatores considerados determinantes para a ocorrência das fitofisionomias e para a distribuição das espécies no Cerrado. Abreu *et al.* (2012) mencionam diversos estudos que corroboram que fatores edáficos podem influenciar a distribuição de espécies. No mesmo sentido, diversos autores consideram as variáveis químicas e físicas do solo, assim como o grau e a duração da saturação das camadas do solo, como alguns dos principais determinantes da distribuição da vegetação e das variações fitofisionômicas (EITEN, 1994; 2001; DURINGAN *et al.*, 1998; HARIDASAN, 2000; MORENO; SCHIAVINI, 2001; ASSIS *et al.*, 2011; PAULA *et al.*, 2015). A disponibilidade de água e nutrientes, aliado às ações antrópicas,

podem explicar a ocorrência das diferentes fisionomias no Cerrado (ASSIS *et al.*, 2011; DURIGAN *et al.*, 2011; CARVALHO *et al.*, 2016).

As variações florísticas e estruturais da vegetação do Cerrado e suas relações de similaridade florística são dependentes do clima, fertilidade dos solos, disponibilidade de água e nutrientes, geomorfologia, topografia, declividade, distribuição geográfica, frequência de queimadas, exposição à radiação solar, profundidade do lençol freático e fatores antrópicos (DURIGAN *et al.*, 2003; FELFILI *et al.*, 2004; KREFT; JETZ, 2007; RODRIGUES *et al.*, 2007; RIBEIRO; WALTER, 2008; PAULA *et al.*, 2015; PRADO, 2018).

A temperatura, umidade e luminosidade, os baixos níveis de nutrientes e de matéria orgânica no solo assim como a competição por recursos com gramíneas invasoras são considerados fatores limitadores do processo de regeneração natural de algumas plantas segundo Fragoso *et al.* (2017), enquanto que Santos *et al.* (2017) entendem que a precipitação é o fator ambiental determinante para a regeneração natural no Cerrado.

O reflexo da associação de todos esses fatores é observado na estrutura da vegetação, na distribuição espacial dos indivíduos e na florística (RIBEIRO; WALTER, 2008), e a resposta das espécies a esses diversos fatores e a interação entre eles, evidencia que cada local tem características próprias, passíveis de serem identificadas (FELFILI *et al.* 2008) e que podem trazer informações sobre a distribuição das espécies no Cerrado.

Dessa forma, torna-se necessária a análise integrada de todos esses fatores (SOUTO, 2017). Assim, as análises multivariadas são consideradas ferramentas úteis quando se deseja analisar a combinação de vários fatores, pois a variável de interesse, neste caso a regeneração natural, pode estar sinergicamente definida pela relação entre as variáveis (PECK, 2010).

Considerando que o Cerrado oferece condições diferenciadas para as plantas devido à ocorrência frequente de incêndios e nutrientes limitados dos solos, espera-se que sua flora tenha estratégias peculiares para sobreviver, o que se reflete em suas características (ABE; MIATTO; BATALHA, 2018), tornando interessante o estudo das características ambientais no Cerrado brasileiro, com poucos estudos neste sentido.

Considerando o exposto, o objetivo deste capítulo foi relacionar a regeneração natural arbórea com as variáveis ambientais e biofísicas em cerrado *sensu stricto*, visando identificar possíveis gradientes ambientais e padrões ecológicos na distribuição das espécies arbóreas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz, localizada no município de Serra do Salitre, Estado de Minas Gerais, na região do Alto Paranaíba. Para a descrição detalhada da área, ver Capítulo 1.

### 2.2 Variáveis ambientais, biofísicas e atributos do solo

Para conhecer as condições ambientais dos locais estudados e avaliar as relações entre ambiente e vegetação (PORTO, 2008), foram coletadas as variáveis ambientais de cobertura do solo, declividade, altitude e rochosidade, além de umidade, condutividade elétrica e temperatura do solo. Foram coletadas amostras de solo e realizadas análises de seus componentes químicos e texturais. As variáveis biofísicas mensuradas foram altura e cobertura do dossel, e os dados qualitativos de presença e ausência de fatores bióticos.

A cobertura do solo foi avaliada por meio do método do Intercepto Linear (CANFIELD, 1941), mensurada utilizando-se um metro linear no interior de cada parcela. A medição foi realizada na extremidade interna da subparcela de 4 m<sup>2</sup> (Classe II) a uma altura aproximada de 50 cm do solo (Figura 1). Foram consideradas cinco classes de cobertura, utilizando a classificação modificada de Soares *et al.* (2019): cobertura arbórea, gramíneas nativas, gramíneas exóticas, solo exposto e serapilheira.

A rochosidade também foi avaliada pelo método do Intercepto Linear no interior da subparcela (Figura 1). Foi mensurada a cobertura linear de rochas de qualquer diâmetro no solo, e expressa em porcentagem. A declividade foi avaliada utilizando-se um clinômetro ótico Suunto, mensurada nas extremidades das parcelas, no sentido da pendente do terreno (PINHO JÚNIOR *et al.*, 2015). A altitude foi obtida utilizando-se um GPS GARMIM Etrex 10.

Os dados de umidade, temperatura e condutividade elétrica do solo, foram coletados no ponto central da parcela de classe I (100 m<sup>2</sup>) a 0 cm (superfície), 10 cm

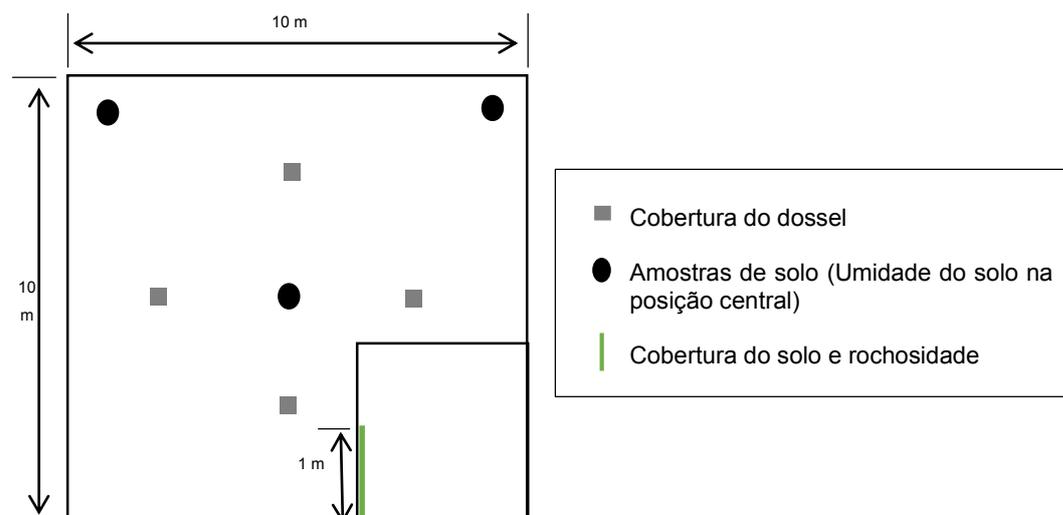
e 20 cm de profundidade, utilizando-se uma sonda TDR ProCheck Decagon Devices, durante a estação seca.

A altura do dossel foi mensurada com o auxílio de um clinômetro digital Haglof, selecionando-se um indivíduo representante da altura predominante do dossel em cada parcela, e mensurando a sua altura a partir de dados conhecidos de distância até a árvore selecionada. Para a cobertura do dossel, utilizou-se um densiômetro esférico convexo. Foram realizadas medições nos sentidos norte, sul, leste e oeste de cada parcela (Figura 1), a uma altura de 1,30 m do solo, sempre pela mesma pessoa para reduzir possíveis variações nos dados. Os quadrantes que refletiram o dossel em mais de 50% da área em cada ponto foram somados e esse valor foi multiplicado pelo fator de correção (SUGANUMA *et al.*, 2008; LIMA, 2016), resultando em um valor de cobertura do dossel em porcentagem.

Também foi registrada a presença ou ausência da gramínea exótica *Urochloa* sp. (braquiária) e de fezes bovina em cada parcela, um indicativo da presença recente de gado no local. Essas variáveis qualitativas indicam um maior ou menor impacto da atividade de bovinocultura nas áreas.

Foram coletadas 10 amostras compostas de solo em cada fragmento (uma em cada parcela) na profundidade de 0-20 cm, em 3 pontos dentro de cada parcela e misturadas posteriormente (Figura 1). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e vedados, e posteriormente submetidas a análises químicas e texturais. Parte do material foi encaminhado para o Laboratório de Análises de Solo (LABAS) da UFU, onde foram efetuadas as análises químicas, seguindo a metodologia do Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 2017). Para as análises texturais, as amostras foram secas ao ar e posteriormente foram realizadas as análises de granulometria no Laboratório de Manejo e Conservação do Solo (LAMAS) da UFU. A textura do solo seguiu a classificação disponível em Santos *et al.* (2018).

Os componentes do solo avaliados na análise química foram: pH em água, fósforo (P), potássio ( $K^+$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), alumínio ( $Al^{3+}$ ), hidrogênio e alumínio (H+Al), matéria orgânica (M.O.), carbono orgânico (C.O.), soma de bases (SB), coeficiente de troca catiônica (CTC) efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), saturação de bases (V) e saturação de alumínio (m).



**Figura 1.** Croqui esquemático da coleta das amostras de solo e das variáveis ambientais e biofísicas nas parcelas de regeneração natural arbórea, em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG.

## 2.3 Análise dos Dados

Foram calculadas as estimativas de média e erro padrão para todas as variáveis ambientais e biofísicas coletadas. Para verificar a normalidade dos dados foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para detectar a existência de diferenças significativas para as variáveis ambientais e biofísicas entre os dois fragmentos foi aplicado o teste t para as variáveis com distribuição normal, e o teste não-paramétrico de Wilcoxon para as variáveis que não atenderam as premissas da normalidade, utilizando o programa STATISTICA 8.0 (STATSOFT, 2007). O nível de significância de 5% foi adotado em todas as análises estatísticas.

A heterogeneidade ambiental e o efeito das variáveis ambientais e biofísicas na vegetação foram avaliados utilizando duas técnicas de ordenação: Análise de Componentes Principais (da sigla PCA em inglês) e Análise de Redundância (da sigla RDA em inglês). Essas técnicas geram diagramas de ordenação que permitem avaliar como a vegetação e a composição de espécies varia entre distintos locais (BELLAMY *et al.*, 2018).

A PCA é uma técnica de ordenação indireta baseada em matrizes de variância e covariância de variáveis, construídas de maneira a captar o máximo da variância, onde o primeiro eixo explica a máxima variação dos dados, o segundo eixo a próxima

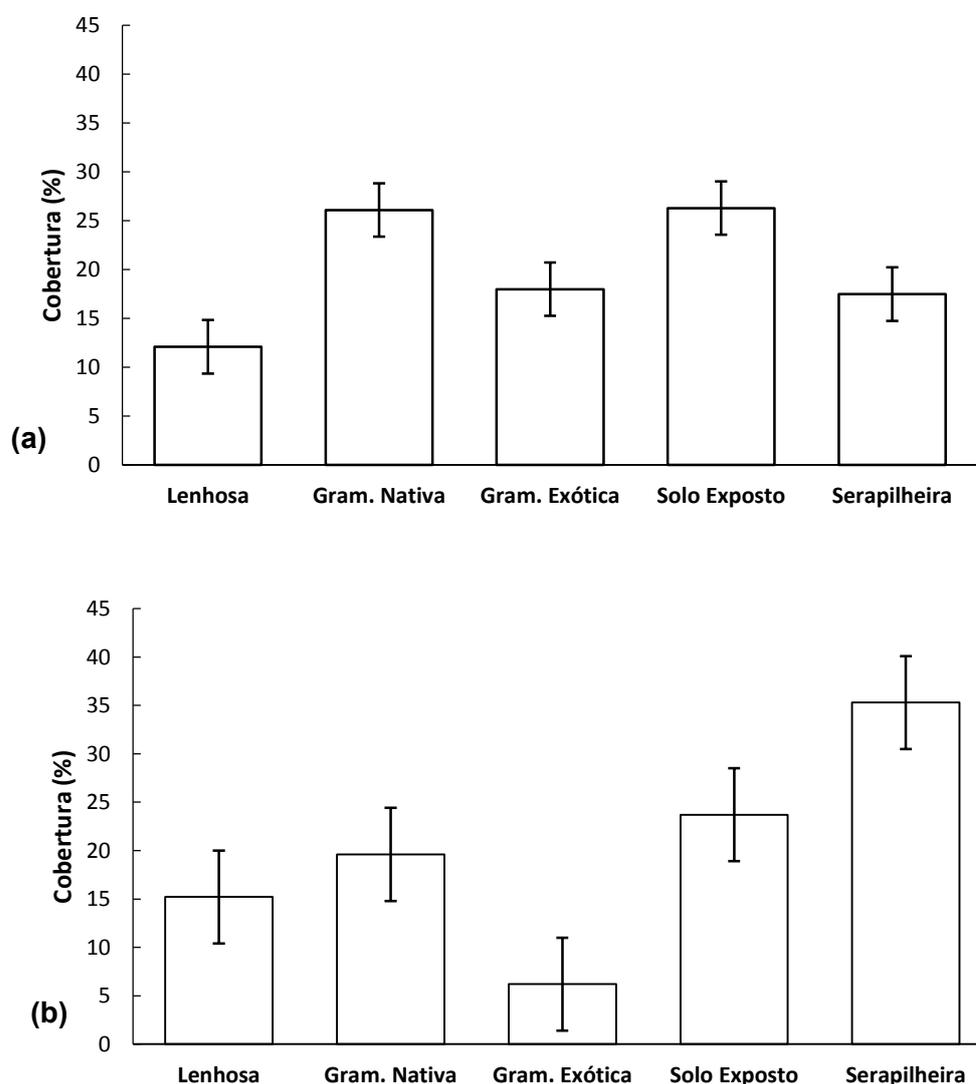
maior variação e assim sucessivamente (SANTOS *et al.*, 2004). A RDA é uma técnica de ordenação direta de gradientes, onde o interesse é relacionar diretamente os dados de espécies e unidades amostrais com variáveis ambientais (FELFILI *et al.*, 2007). Para ambas as análises multivariadas (PCA e RDA) foram utilizados apenas os dados da classe I de regeneração arbórea de cada fragmento.

A heterogeneidade ambiental representada pelas variáveis ambientais e biofísicas nos dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* foi avaliada pela PCA, baseada na matriz de correlação das variáveis com a vegetação, no intuito de identificar as variáveis mais fortemente correlacionadas. Foram utilizadas duas variáveis biofísicas do dossel (cobertura e altura) e oito variáveis ambientais mensuradas nas parcelas (declividade, rochiosidade, umidade, condutividade elétrica, pH, matéria orgânica, magnésio e cálcio). Utilizou-se os dados de condutividade elétrica e umidade do solo obtidos na camada superficial, onde existem as melhores correlações entre a vegetação e as propriedades do solo (RUGGIERO *et al.*, 2002). As análises da PCA foram efetuadas com o auxílio do *software* PC-ORD versão 6.22 (MCCUNE; MEFFORD, 2011).

As possíveis influências das variáveis ambientais e biofísicas na regeneração de espécies arbóreas foram analisadas por meio da RDA, com o auxílio do *software* RStudio versão 1.0.153 (2009). Para avaliar a significância do modelo estatístico foi aplicado o teste de Monte Carlo. Foram utilizadas duas matrizes, uma de vegetação com os dados de densidade das espécies e outra contendo as variáveis ambientais e biofísicas. A seleção da matriz de variáveis levou em consideração os principais componentes resultantes da PCA de cada fragmento e os testes preliminares realizados com as variáveis, eliminando aquelas que produzem baixas correlações com os eixos de ordenação e também as redundantes (CUNHA *et al.*, 2003), sendo que as variáveis selecionadas para a análise de cada fragmento foram distintas. Foram desconsideradas as espécies representadas por até dois indivíduos que ocorreram em somente uma parcela, ou seja, as espécies consideradas raras na comunidade, conforme recomendam Oliveira Filho *et al.* (2001), visando detectar padrões mais consistentes na análise.

### 3 RESULTADOS

As classes predominantes de cobertura do solo do F1 foram “solo exposto” com média de 26,3% ( $\pm 6,86$ ) e “gramínea nativa” com média de 26,1% ( $\pm 8,92$ ) (Figura 2a), que somaram 52% da cobertura total. Já no F2 as classes de cobertura do solo predominantes foram “serapilheira” com média de 35,3% ( $\pm 6,45$ ) e “solo exposto” com média de 23,7% ( $\pm 6,46$ ), somando 59% da cobertura linear (Figura 2b).



**Figura 2.** Estimativa da cobertura do solo nos fragmentos 1 (a) 2 (b) de cerrado *sensu stricto*, em Serra do Salitre, MG. As colunas representam a média da cobertura do solo nas parcelas e as barras verticais representam o erro padrão das estimativas.

Não foram observadas diferenças significativas para as classes de cobertura do solo, com exceção de serapilheira. As diferentes coberturas de serapilheira nos fragmentos não propiciaram diferenças significativas na densidade de indivíduos ou na riqueza de espécies entre os fragmentos, em nenhuma das classes de amostragem, conforme apresentado no Capítulo 1.

Em ambos os fragmentos a presença de gramíneas exóticas (Figura 2) pode ser prejudicial para a regeneração natural, principalmente para as plantas mais jovens, devido à dificuldade de competição por recursos com espécies exóticas, que são fortes colonizadoras do ambiente, além da alelopatia. Por outro lado, a maior cobertura de serapilheira no fragmento 2 pode ser favorável para o desenvolvimento das plantas, principalmente nos estágios iniciais, por propiciar maior retenção de umidade. Logo, de maneira geral, o F2 está mais conservado do que o F1 quanto à cobertura do solo, por ter maior proporção de serapilheira e menor cobertura de gramíneas exóticas.

Foram observadas diferenças significativas nas análises químicas do solo (Tabela 1) entre os dois fragmentos para os seguintes componentes: Fósforo (P), Potássio ( $K^+$ ), Alumínio ( $Al^{3+}$ ), Alumínio + Hidrogênio (Al+H), Soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), Saturação por alumínio (m), Matéria orgânica (MO) e Carbono orgânico (CO).

Com base nas análises químicas do solo, observou-se que os solos dos locais estudados são ácidos (com pH entre 4,25 e 4,40), condição também refletida pelos baixos teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e matéria orgânica (VIEIRA *et al.*, 2017), são distróficos (baixa saturação por bases) e possuem altos teores de alumínio. Essas características corroboram a classificação de Furley e Ratter (1988) para os solos de cerrado *sensu stricto* no Brasil Central.

**Tabela 1.** Componentes químicos do solo em dois fragmentos (F1 e F2) de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz em Serra do Salitre, MG. EP: erro padrão da estimativa; SB: Soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: saturação de bases; m: saturação de alumínio; MO: Matéria Orgânica; CO: Carbono Orgânico; \*diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Componente	F1		F2	
	Média $\pm$ EP	Amplitude	Média $\pm$ EP	Amplitude
<b>pH</b> (H <sub>2</sub> O)	4,30 $\pm$ 0,05	4,25 - 4,35	4,35 $\pm$ 0,05	4,30 - 4,40
<b>P</b> (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,48 $\pm$ 0,13*	0,34 - 0,61	0,18 $\pm$ 0,03*	0,15 - 0,21
<b>K<sup>+</sup></b> (mg.dm <sup>-3</sup> )	165,4 $\pm$ 19,67*	145,72 - 185,07	70,70 $\pm$ 11,24*	59,46 - 81,94
<b>Ca<sup>2+</sup></b> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0,19 $\pm$ 0,02	0,16 - 0,21	0,21 $\pm$ 0,02	0,19 - 0,23
<b>Mg<sup>2+</sup></b> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0,26 $\pm$ 0,02	0,23 - 0,28	0,25 $\pm$ 0,02	0,22 - 0,27
<b>Al<sup>3+</sup></b> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	1,39 $\pm$ 0,15*	1,23 - 1,54	0,67 $\pm$ 0,05*	0,62 - 0,72
<b>Al+H</b> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	5,4 $\pm$ 0,21*	5,18 - 5,61	4,11 $\pm$ 0,27*	3,83 - 4,38
<b>SB</b> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0,87 $\pm$ 0,09*	0,78 - 0,96	0,64 $\pm$ 0,06*	0,57 - 0,70
<b>t</b> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	2,26 $\pm$ 0,21*	2,05 - 2,47	1,31 $\pm$ 0,10*	1,21 - 1,41
<b>T</b> (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	6,27 $\pm$ 0,24*	6,03 - 6,51	4,75 $\pm$ 0,28*	4,46 - 5,03
<b>V</b> (%)	14,0 $\pm$ 1,31	12,68 - 15,31	13,80 $\pm$ 1,30	12,49 - 15,10
<b>m</b> (%)	60,7 $\pm$ 2,93*	57,76 - 63,63	51,50 $\pm$ 2,02*	49,48 - 53,52
<b>MO</b> (dag.Kg <sup>-1</sup> )	2,9 $\pm$ 0,10*	2,79 - 3,0	2,35 $\pm$ 0,29*	2,06 - 2,64
<b>CO</b> (dag/Kg <sup>-1</sup> )	1,68 $\pm$ 0,06*	1,61 - 1,74	1,50 $\pm$ 0,06*	1,44 - 1,55

O resultado das análises físicas das amostras de solo indicou que o solo das duas áreas de estudo possui textura Argilosa ou Muito Argilosa (SANTOS *et al.*, 2018), com teor de argila variando entre 539 e 604 g/kg de solo e média de 573,4 g/kg ( $\pm$  9,85) (F1), e de 578 a 671 g/kg, com média de 621 g/kg ( $\pm$  11,53) (F2). A textura do solo variou entre os fragmentos, com diferenças significativas para todos os componentes, exceto areia fina (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição física do solo em dois fragmentos de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz em Serra do Salitre, MG. EP: erro padrão da estimativa; \*diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Composição	F1		F2	
	Média $\pm$ EP	Amplitude	Média $\pm$ EP	Amplitude
<b>Areia Grossa</b> (g.Kg <sup>-1</sup> )	177,6 $\pm$ 15,58*	162,01 – 193,18	94,8 $\pm$ 9,56*	85,23 – 104,36
<b>Areia Fina</b> (g.Kg <sup>-1</sup> )	92,5 $\pm$ 5,47	87,02 – 97,97	86,2 $\pm$ 8,30	77,89 – 94,50
<b>Silte</b> (g.Kg <sup>-1</sup> )	156,5 $\pm$ 10,59*	145,90 – 167,09	198,0 $\pm$ 13,56*	184,43 – 211,56
<b>Argila</b> (g.Kg <sup>-1</sup> )	573,4 $\pm$ 9,84*	563,55 – 583,25	621,0 $\pm$ 11,52*	609,47 – 632,53

A análise estatística indicou diferenças significativas entre os fragmentos para as variáveis de umidade do solo, altura do dossel, rochosidade, altitude e declividade (Tabela 3).

O F1 localiza-se em área com altitudes mais elevadas, onde o gradiente de altitude entre as parcelas também foi maior, e associado com os maiores valores de declividade (Tabela 3) indica uma área com relevo mais ondulado, enquanto o F2 possui relevo mais plano.

**Tabela 3.** Variáveis ambientais e biofísicas em dois fragmentos (F1 e F2) de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Santa Cruz em Serra do Salitre, MG. EP: erro padrão. Os dados de umidade, condutividade elétrica e temperatura apresentados são relativos à medição na superfície (0 cm) do solo. \* diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

Componente	F1		F2	
	Média ± EP	Amplitude	Média ± EP	Amplitude
<b>Umidade solo</b> (m <sup>3</sup> /m)	0,27 ± 0,03*	0,244 - 0,304	0,38 ± 0,02*	0,36 - 0,41
<b>Condutividade elétrica solo</b> (dS/m)	0,007 ± 0,002	0,005 - 0,009	0,009 ± 0,002	0,007 - 0,011
<b>Temperatura do solo</b> (°C)	31,04 ± 0,784	30,255 - 31,824	31,73 ± 1,02	30,71 - 32,74
<b>Cobertura de Dossel</b> (m)	61,15 ± 5,74	55,404 - 66,899	74,36 ± 6,60	67,76 - 80,96
<b>Altura Dossel</b> (m)	4,14 ± 0,49*	3,647 - 4,634	5,34 ± 0,32*	5,02 - 5,67
<b>Rochosidade</b> (%)	27,20 ± 12,09*	15,106 - 39,293	11,60 ± 8,16*	3,43 - 19,76
<b>Altitude</b> (m)	1007,7 ± 2,98*	1004,7 - 1010,6	917,70 ± 2,02*	915,67 - 919,72
<b>Declividade</b> (%)	7,30 ± 0,667*	6,632 - 7,967	4,10 ± 0,29*	3,80 - 4,39

Freitas e Magalhães (2012) e Santos *et al.* (2004) entendem que os métodos de ordenação (PCA e RDA, por exemplo) são mais indicados quando o objetivo é determinar relações entre a vegetação e o ambiente. Peck (2010) explica que a principal função da análise multivariada é relacionar as principais fontes de variações e identificar padrões.

No F1 a maior parte da variação florística nas parcelas pode estar associada com as variáveis de rochosidade, umidade do solo, cobertura do dossel e teor de cálcio (Figura 3a). Isto se deve à maior variância do primeiro eixo, indicando que apesar do gradiente elevado do pH no eixo 2, este demonstra menor influência devido a menor variância explicada (autovalor) deste eixo (Tabela 4).

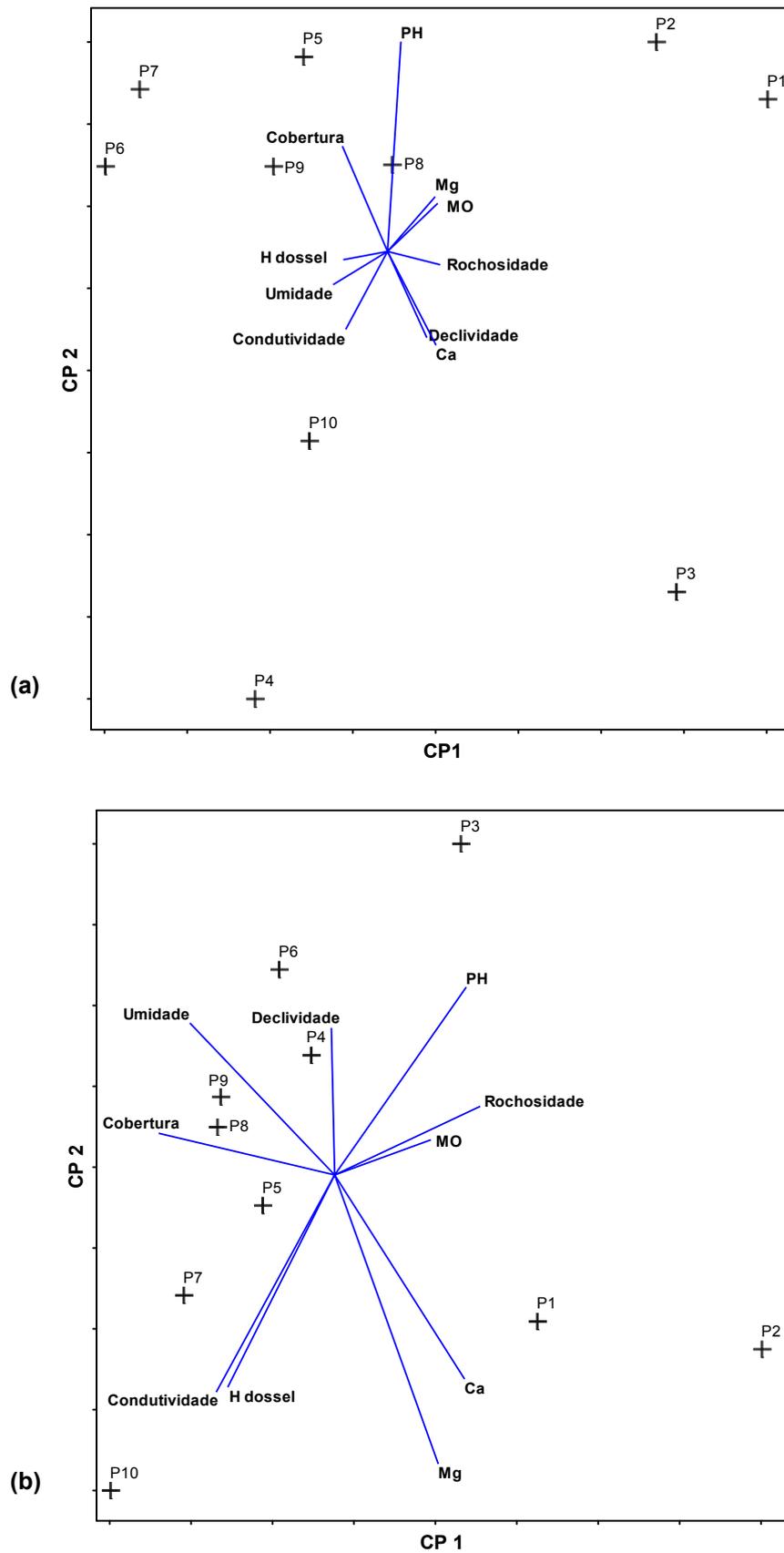
A Tabela 4 apresenta a contribuição de cada componente na explicação da variância dos dados no F1. Observa-se que os dois primeiros eixos da PCA representaram 75,47% da variância total dos dados nas parcelas, com o primeiro eixo

representando mais de 60% da variação. O autovalor se refere à importância de cada componente (ou eixo), ou seja, neste caso o componente 1 (horizontal), obteve mais de 60% da variância explicada, e por isso, as variáveis que tiveram maior importância neste eixo podem estar mais relacionadas com a regeneração natural.

A Análise de Componentes Principais (PCA) do F2 apresentou gradientes mais longos (Figura 3b). A maior parte da variação dos dados parece estar associada com a cobertura do dossel, rochividade, umidade, pH e aos teores de Mg e Ca no solo. A maioria das parcelas deste fragmento aparentam ter maior associação com as variáveis de cobertura do dossel, umidade do solo e declividade. Já a influência do teor de matéria orgânica foi semelhante nas duas áreas, indicando que foi pouco significativo na análise.

Na Tabela 5 estão representadas as informações sobre a contribuição de cada componente na explicação da variância dos dados no F2. Observa-se que os dois primeiros eixos da PCA representaram 62,15% da variância total dos dados nas parcelas, com o primeiro componente representando cerca de 41% da variação, explicando satisfatoriamente a variabilidade da área.

Ao se comparar os dois fragmentos estudados, nota-se que o fragmento 1 apresentou gradientes mais curtos, demonstrando que as variáveis têm importância similar na explicação da distribuição das espécies.



**Figura 3.** Ordenação pela Análise de Componentes Principais (PCA) baseada nas variáveis ambientais e biofísicas do dossel, nos fragmentos 1 (a) 2 (b) de cerrado *sensu stricto*, em Serra do Salitre, MG.

**Tabela 4.** Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) para o F1.

Componente	Autovalor	Variância explicada (%)	Variância Cumulativa (%)
1	6,026	60,262	60,262
2	1,522	15,215	75,477
3	0,926	9,260	84,736
4	0,671	6,713	91,449
5	0,488	4,880	96,329
6	0,203	2,028	98,356
7	0,101	1,007	99,363
8	0,061	0,609	99,972
9	0,003	0,028	100
10	0,000	0	100

**Tabela 5.** Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) para o F2.

Componente	Autovalor	Variância explicada (%)	Variância Cumulativa (%)
1	4,168	41,679	41,679
2	2,047	20,467	62,146
3	1,868	18,677	80,824
4	1,004	10,037	90,860
5	0,475	4,750	95,610
6	0,193	1,932	97,542
7	0,136	1,355	98,897
8	0,096	0,962	99,859
9	0,014	0,141	100
10	0,000	0	100

A Análise de Redundância (RDA) é uma ferramenta de ordenação que produz coeficientes de ordenação que resumem a relação linear entre as variáveis explicativas e a resposta de cada espécie (PECK, 2010). Este tipo de análise correlaciona simultaneamente as matrizes de densidade de espécies e de variáveis ambientais, realizando uma análise de gradientes na vegetação (CUNHA *et al.*, 2003), capaz de explicar a distribuição das espécies, correlacionando-as com as variáveis ambientais avaliadas.

A RDA aplicada para o F1 explicou 51,37% da variação nos dois primeiros eixos, e resultou em um modelo marginalmente significativo ( $F = 4,493$ ;  $p = 0,066$ ) pelo

teste de Monte Carlo. As variáveis utilizadas neste modelo foram rochosoidade, cobertura de dossel, umidade do solo, saturação de bases (V), saturação de alumínio (m), percentual de areia no solo e solo exposto. A posição das espécies no diagrama resultante da RDA (Figuras 4a e 4b) expressa as relações entre si e o padrão de distribuição de acordo com as variáveis ambientais e biofísicas analisadas.

O primeiro eixo de ordenação, responsável pela maior parte da variância encontrada, correlacionou-se principalmente com as variáveis “rochosoidade” (-0,959), “umidade” (0,877), “solo exposto” (0,868) e “cobertura do dossel” (0,798). No segundo eixo, “saturação de bases” (0,938), “saturação de alumínio” (-0,814) e “areia” (0,800), foram os fatores mais importantes, e as demais variáveis apresentaram baixas correlações (Tabela 6).

A RDA aplicada para o F2 explicou 54,19% da variação nos dois primeiros eixos, onde o modelo foi marginalmente significativo ( $F= 1,322$ ;  $p= 0,091$ ), pelo teste de Monte Carlo. As variáveis utilizadas foram o percentual de areia no solo, umidade do solo, saturação de bases (V), pH, cobertura por gramínea exótica e cobertura do dossel.

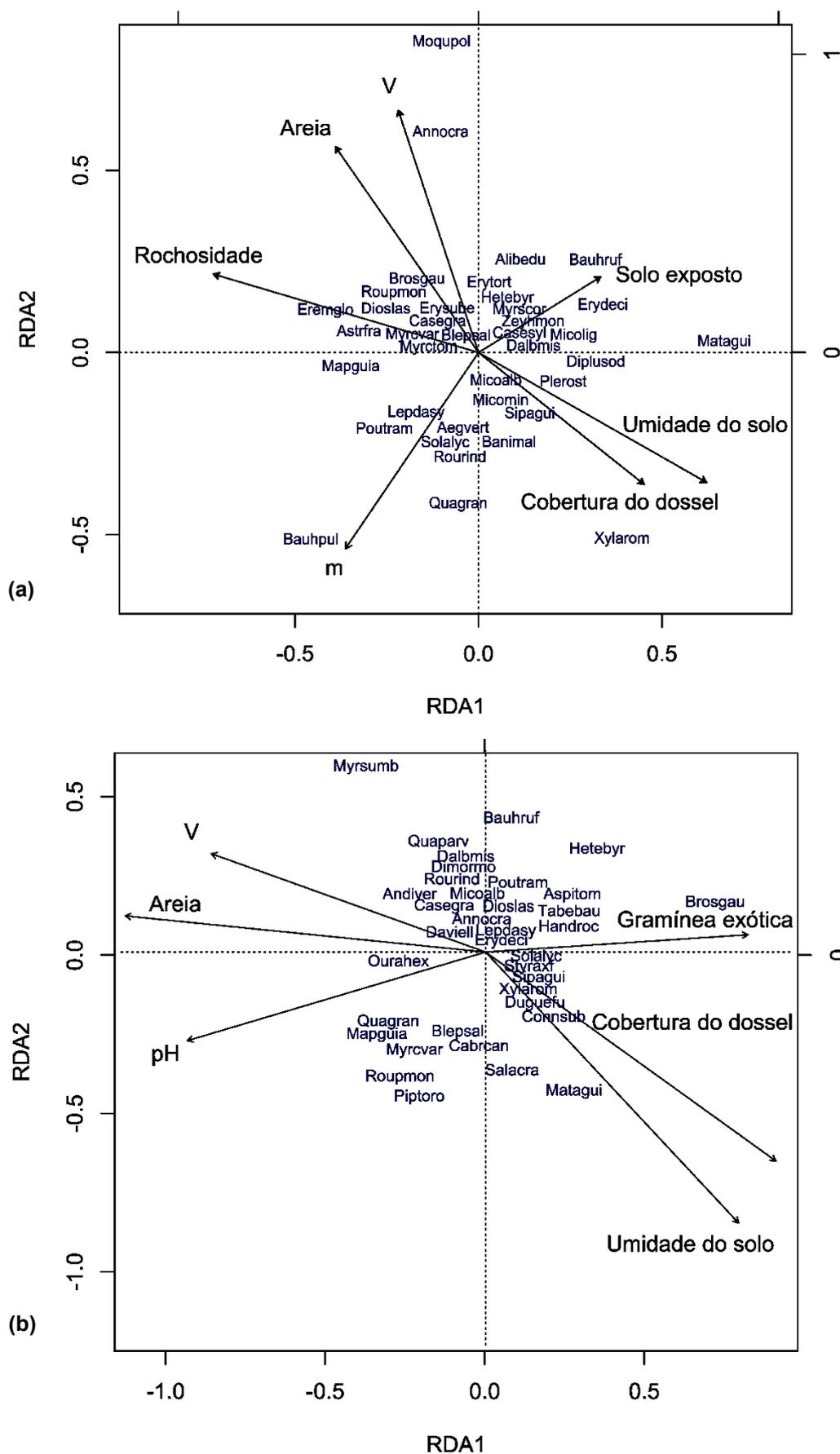
O primeiro eixo de ordenação, responsável pela maior parte da variância encontrada, correlacionou-se bem com todas as variáveis utilizadas, com destaque para as variáveis do solo, com correlação negativa, “areia” (-0,994), “pH” (-0,969) e “saturação de bases” (-0,946), além de “cobertura do dossel” (0,834) e “umidade” (0,717) com correlação positiva. No segundo eixo, “umidade” (-0,696) e “cobertura de dossel” (-0,551) foram os fatores mais importantes, negativamente correlacionados, e as demais variáveis apresentaram baixas correlações (Tabela 7).

Observou-se a importância das características químicas e físicas do solo, da presença de rochas e da cobertura do dossel para a regeneração natural arbórea do F1. *Bauhinia pulchella* e *Qualea grandiflora* apresentaram clara associação com saturação de alumínio (m). E outras espécies como *Pouteria ramiflora*, *Leptolobium dasycarpum*, *Solanum lycocarpum*, *Rourea induta* e *Aegiphila verticillata* também demonstraram preferência pelo ambiente com maior saturação por alumínio, e conseqüentemente menores valores de pH. Enquanto que *Xylopia aromatica*, espécie com as maiores densidades neste fragmento, apresentou ligação com maior cobertura

do dossel e umidade do solo e menor saturação de bases (menor fertilidade), assim como *Siparuna guianensis*, *Banisteriopsis malifolia*, *Miconia albicans*, *M. minutiflora* e *Pleroma stenocarpum*.

No F1, as espécies *Moquiniastrum polymorphum* e *Annona crassiflora* demonstraram forte associação com solos com maiores valores de saturação de bases, menor umidade do solo e cobertura do dossel. *Eremanthus glomerulatus*, *Astronium fraxinifolium*, *Diospyros lasiocalyx*, *Roupala montana*, *Brosimum gaudichaudii* e *Erythroxylum suberosum* estiveram mais associadas com ambientes com maior rochosidade e teor de areia no solo.

Com relação às espécies com maior densidade na classe I do fragmento 1, *Xylopia aromatica* como já discutido, apresentou forte ligação com maior cobertura do dossel e umidade do solo. Este fato é interessante já que esta espécie é amplamente conhecida como pioneira e colonizadora de ambientes perturbados. *Matayba guianensis* e *Diplusodon* sp. também estiveram associadas com maior umidade, *Moquiniastrum polymorphum* teve associação com solos férteis (maior V), *Bauhinia pulchella* com saturação por alumínio, e *Miconia albicans* e *Myrcia variabilis* apresentaram características mais generalistas.



**Figura 4.** Diagrama da Análise de Redundância (RDA) de F1 (a) e F2 (b) de cerrado *sensu stricto* em Serra do Salitre, MG. As espécies estão representadas por uma abreviação dos seus nomes.

**Tabela 6.** Resultados da Análise de Redundância (RDA) para F1. V: saturação de bases; m: saturação de alumínio; \*\* diferença significativa ( $p < 0,05$ ) - teste de Monte Carlo.

Variável	Coeficientes	
	Eixo 1	Eixo 2
V**	-0,34526	0,93851
m**	-0,58064	-0,81416
Umidade do solo**	0,87755	-0,47949
Cobertura do dossel	0,79835	-0,60219
Rochosidade**	-0,95973	0,28093
Solo Exposto	0,86805	0,49648
Areia**	-0,59921	0,80060

**Tabela 7.** Resultados da Análise de Redundância (RDA) para F2. V: saturação de bases; \* diferença marginalmente significativa ( $0,10 < p > 0,05$ ); \*\* significativa ( $p < 0,05$ ); \*\*\* altamente significativa ( $0,01 > p > 0,001$ ) - teste de Monte Carlo.

Variável	Coeficientes	
	Eixo 1	Eixo 2
pH**	-0,9694	-0,24531
V*	-0,94672	0,32206
Umidade do solo***	0,71794	-0,69611
Cobertura do dossel***	0,83417	-0,55151
Gramínea Exótica	0,99910	0,04246
Areia***	-0,99421	0,10741

As características do solo e a cobertura do dossel foram as variáveis mais importantes para a regeneração natural arbórea em F2. Basicamente observou-se a separação das espécies em dois grupos, um mais ligado a maiores percentuais de areia no solo, saturação por bases e cobertura por gramínea exótica, e outro grupo mais associado com maior cobertura do dossel, umidade do solo e pH.

A maioria das espécies ficou localizada na parte positiva do eixo 1 ou muito próximas a ele, e estão relacionadas com características de solo mais ácido, menor cobertura de dossel e menor umidade do solo. Algumas dessas espécies tais como *Solanum lycocarpum*, *Xylopia aromatica*, *Davilla elliptica*, *Miconia albicans*, *Qualea parviflora* e *Tabebuia aurea*, são consideradas espécies pioneiras e heliófitas, colonizadoras de ambientes mais abertos, características de ambientes de savana.

Observou-se forte associação de *Brosimum gaudichaudii* com a cobertura de gramínea exótica, provavelmente associada com perturbação (mesmo essa variável não sendo significativa na análise). Essa espécie, que apresentou as maiores

frequências e densidades no F2 e maior valor do índice RNT, pode estar atuando com uma espécie oportunista, no sentido de que a espécie invasora pode estar facilitando a sua distribuição no ambiente. Novamente, assim como no F1, *Matayba guianensis* demonstrou associação com maior umidade do solo e cobertura de dossel. *Myrsine umbellata* demonstrou associação com solos com maiores valores de saturação de bases, menor cobertura do dossel e menor umidade do solo. Essas estão entre as espécies com as maiores densidades na classe I do F2. Quanto as demais espécies com altas densidades, *Bauhinia rufa* e *Heteropterys byrsonimifolia* apresentaram tendência à associação com solos ácidos, menor umidade do solo e menor cobertura do dossel, enquanto que *Roupala montana* e *Ouratea hexasperma* apresentaram preferência por solos menos ácidos.

As espécies consideradas generalistas são aquelas que ocuparam a região central do diagrama das RDAs, o que pode indicar uma menor associação com as variações dos atributos ambientais e biofísicos, sendo capazes de ocorrer em distintas condições ambientais.

#### 4 DISCUSSÃO

A associação entre o maior volume de serapilheira depositado no solo e maior umidade da camada superficial do solo (0-20 cm) foi encontrada por Vieira *et al.* (2017). Isto demonstra que a serapilheira foi importante no sentido de manter a umidade na superfície do solo e criar um microambiente favorável para os propágulos. Neste sentido, por apresentar maior cobertura de serapilheira, F2 pode apresentar condições mais favoráveis para o desenvolvimento dos propágulos.

A invasão por gramíneas exóticas correlacionou-se negativamente com a densidade e riqueza do estrato subarbustivo em vegetação de cerrado *sensu stricto* no estudo de Mendonça (2010). Porém neste estudo, a associação da cobertura por gramínea exótica não foi significativa, apesar do alto coeficiente de correlação na RDA. Entretanto, observou-se uma forte associação de *Brosimum gaudichaudii* com a maior ocorrência das gramíneas exóticas.

Nas áreas avaliadas, o sombreamento provocado pelo dossel dos indivíduos arbóreos de maior porte pode ter sido um facilitador para a regeneração natural, por propiciar maiores dificuldades de estabelecimento para gramíneas invasoras e favorecer o crescimento de espécies nativas. Observou-se correlação de várias espécies com a maior ou menor cobertura do dossel, demonstrando a sua influência na regeneração arbórea. Esta mesma associação também foi observada por Vieira *et al.* (2017) e Guilherme (2000), em que a intensidade de luz e a cobertura do dossel foram correlacionadas com a densidade e riqueza da regeneração natural da vegetação lenhosa.

O solo é considerado como um importante fator condicionante da vegetação do Cerrado (DURINGAN, 2008), e neste sentido muitos autores observaram que a composição e a estrutura da vegetação deste bioma são influenciadas pelas variáveis edáficas (FURLEY; RATTER, 1988; RUGGIERO *et al.*, 2002; TOPPA, 2004; ABREU *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2019). Essa tendência foi corroborada por este estudo, onde os fatores físicos e químicos do solo, a fertilidade, a presença de rochas e a umidade do solo estiveram correlacionadas com a regeneração arbórea das espécies.

As variações de declividade e altitude apresentaram diferenças significativas nos dois fragmentos, sendo que a variação destes componentes pode gerar microsítios favoráveis ao estabelecimento de diferentes espécies em cada local. Estas variáveis podem estar influenciando a heterogeneidade de espécies entre os dois fragmentos, discutida no Capítulo 1.

A análise exploratória dos dados utilizando a Análise de Componentes Principais (PCA) demonstrou a existência da heterogeneidade ambiental em ambos os fragmentos, devido à dispersão das parcelas ao longo dos eixos. Porém, observou-se menor dispersão nas parcelas de F2, o que pode indicar uma área de menor heterogeneidade ambiental, principalmente quando se considera o maior agrupamento das parcelas neste fragmento (Capítulo 1) pela Análise de Agrupamento. A menor heterogeneidade da regeneração de espécies arbóreas em F2, foi reforçada pela RDA, onde observou-se maior ocorrência de espécies generalistas.

Segundo Cunha *et al.* (2003), a distância da origem de cada seta das variáveis ambientais é proporcional à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo. Assim, as setas maiores na RDA das duas áreas, demonstraram que o gradiente foi forte e importante na distribuição das espécies e que as variáveis utilizadas, de forma geral, explicaram bem a distribuição das espécies. Assim, a correlação das espécies com as variáveis avaliadas demonstrou forte associação entre a vegetação regenerante e as características edáficas e a cobertura do dossel, principalmente.

A saturação de alumínio foi relacionada com a distribuição de espécies em vegetação de Cerrado por muitos autores (FURLEY; RATTER, 1988; HARIDASAN, 2000; TOPPA, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2011; MENDES *et al.*, 2012; VALE *et al.*, 2017), o que foi observado também neste estudo, com as maiores associações apresentadas por *Bauhinia pulchella* e *Qualea grandiflora*. Esta última espécie, assim como diversas outras da família Vochysiaceae, é reconhecidamente uma espécie acumuladora de alumínio (HARIDASAN, 2000; TOPPA, 2004; HARIDASAN, 2008; ARAÚJO *et al.*, 2011). Porém, apesar da associação observada de *B. pulchella* com a saturação de alumínio neste estudo, essa espécie não é citada na literatura como acumuladora de alumínio.

Outros autores não encontraram o mesmo padrão de associação observado neste trabalho, de algumas espécies com as variáveis ambientais e biofísicas, e isto chama a atenção para a heterogeneidade de ambientes existente no Cerrado. Ao contrário do que foi observado neste trabalho para *Siparuna guianensis*, Pinto *et al.* (2008) encontraram esta espécie associada com ambientes de grande luminosidade, pouca umidade, solo arenoso e baixa fertilidade. Da mesma forma, a associação observada neste estudo para as espécies *Xylopia aromatica* e *Annona crassiflora* foi divergente com o observado por Toppa (2004), onde as mesmas estiveram correlacionadas com maior e menor fertilidade do solo, respectivamente. *X. aromatica* foi encontrada em área com altos valores de pH por Santos *et al.* (2019), padrão que, apesar de pouco acentuado, também foi observado neste estudo.

Com base nos valores de variância explicada na RDA, notou-se que essa técnica de análise multivariada foi eficaz para relacionar a distribuição das espécies com as variáveis ambientais e biofísicas avaliadas neste estudo. A variância explicada nos dois primeiros eixos da RDA pelas variáveis ambientais e biofísicas, foi similar aos valores encontrados por Svenning *et al.* (2004), e maior do que em outros estudos que avaliaram a correlação de dados ecológicos com variáveis do ambiente (BOEKEN; SHACHAK, 1994; AHAN *et al.*, 2017; BELLAMY *et al.*, 2018).

## 5 CONCLUSÕES

A análise exploratória dos dados utilizando a Análise de Componentes Principais (PCA) permitiu observar, devido à dispersão entre as parcelas ao longo dos eixos, que existe heterogeneidade ambiental entre os fragmentos. A Análise de Redundância (RDA) demonstrou que as variáveis ambientais e biofísicas foram relacionadas com a distribuição de diversas espécies nos fragmentos estudados. As características químicas e físicas do solo, a umidade do solo e a cobertura do dossel foram as variáveis que mais influenciaram a distribuição das espécies, confirmando a existência de gradientes ambientais relacionados com a distribuição da regeneração arbórea em cerrado *sensu stricto*.

Portanto, com base nos resultados do presente estudo, pode-se concluir que existe associação da vegetação com as características ambientais e edáficas em cerrado *sensu stricto*. As diferenças na textura e nos teores de alguns componentes do solo provavelmente contribuíram para a associação com distintos grupos de espécies. A heterogeneidade ambiental, representada pelos fatores biofísicos e ambientais, gerou diversidade ao propiciar um maior número microsítios de recrutamento para as espécies arbóreas em pequena escala espacial.

## REFERÊNCIAS

- ABE, N.; MIATTO, R. C.; BATALHA, M. A. Relationships among functional traits define primary strategies in woody species of the Brazilian “cerrado”. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 351-360, 2018.  
<https://doi.org/10.1007/s40415-018-0448-x>
- ABREU, M. F.; PINTO, J. R. R.; MARACAHIPES, L.; GOMES, L.; OLIVEIRA, E. A.; MARIMON, B. S.; MARIMON JUNIOR, B. H.; FARIAS, J.; LENZA, E. Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 259-272, 2012.  
<https://doi.org/10.1590/S1806-99592012000300005>
- AHAN, J.; HAN, D.; ZHAO, Y.; ZHANG, W.; CUI, D.; YANG, Y. Plant species richness and composition along edaphic gradients in *Caragana aurantiaca* community in Riparian zone of Yili valley in Xinjiang, China. **Austrian Journal of Forest Science**, Vienna, v. 134, n. 1, p. 19-36, 2017.
- ARAÚJO, G. M.; NASCIMENTO, A. R. T.; LOPES, S. F.; RODRIGUES, R. F.; RATTER, J. A. Structure and floristics of the arboreal component of a dystrophic cerradão and comparison with other cerradões in central Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 68, n. 3, p.401-418, 2011.  
<https://doi.org/10.1017/S0960428611000242>
- ASSIS, A. C. C.; COELHO, R. M., PINHEIRO, E. S., DURIGAN, G. Water availability determines physiognomic gradient in an area of low-fertility soils under Cerrado vegetation. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 212, n. 7, p. 1135-1147, 2011.  
<https://doi.org/10.1007/s11258-010-9893-8>
- BELLAMY, A. S.; SVENSSON, O.; BRINK, P. J.; GUNNARSSON, J. TEDENGREN, M. Insect community composition and functional roles along a tropical agricultural production gradient. **Environmental Science And Pollution Research**, [s.i], v. 25, n. 14, p. 13426-13438, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1818-4>
- BOEKEN, B.; SHACHAK, M. Desert Plant Communities in human-made patches: Implications for management. **Jstor**, New York, v. 4, n. 4, p. 702-716, 1994.  
<https://doi.org/10.2307/1942001>
- CANFIELD, R. H. Application of the line interception method in sampling range vegetation. **Journal of Forestry**, Washington, p. 388-394, 1941.

CARVALHO, D. C.; PESSOA, M. M. L.; PEREIRA, M. G.; DELGADO, R. C. Evolution of cerrado vegetal cover on a river island based on orbital imaging data. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 6, p. 1186-1197, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v36n6p1186-1197/2016>

CUNHA, L. O.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA, A. D.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 503-515, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000400011>

DURIGAN, G.; CONTIERI, W. A.; FRANCO, G. A. D. C.; GARRIDO, M. A. O. Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem, Assis, SP. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 421-429, 1998. <https://doi.org/10.1590/S0102-33061998000400011>

DURIGAN, G.; RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. **Hoehnea**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 39-51, 2003.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962–2000. **Edinburgh Journal Of Botany**, Edinburgh, v. 63, n. 1, p. 119-130, 2006. <https://doi.org/10.1017/S0960428606000357>

DURINGAN, G. Bases e diretrizes para a restauração da vegetação de cerrado. *In*: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (org.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu-SP. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. 2008. p. 186-204.

DURIGAN, G.; MELO, A. C. G.; MAX, J. C. M.; BOAS, O. V.; CONTIERI, W. A.; RAMOS, V. S. **Manual para recuperação da vegetação de cerrado**. 3. ed. São Paulo: SMA, 2011. 19 p.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. *In*: PINTO, M. N. (org.). **Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília. 2. ed. 1994. 681p.

EITEN, G. **Vegetação natural do Distrito Federal**. Brasília: SEBRAE/DF. 2001, 162p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa (ed.), 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. E-book.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 175: p. 37–46. 2004. <https://doi.org/10.1023/B:VEGE.0000048090.07022.02>

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; LIBANO, A. M.; VENTUROLI, F. PEREIRA, B. A. S. **Análise Multivariada em estudos de vegetação**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. 2007. 60p.

FELFILI, J. M.; FELFILI, M. C.; NOGUEIRA, P. E.; ARMAS, J. F. S.; FARINAS, M. R.; NUNES, M. SILVA JÚNIOR, M. C. S.; REZENDE, A. V.; FAGG, C. W. Padrões fitogeográficos e sua relação com sistemas de terra do bioma cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília. Embrapa Cerrados. v. 1, 2008.

FINGER, Z.; FINGER, F. A. Fitossociologia em comunidades arbóreas remanescentes de cerrado *sensu stricto* no Brasil Central. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 769-780, 2015. <https://doi.org/10.5380/rf.v45i4.30860>

FRAGOSO, R. O.; CARPANEZZI, A. A.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Barreiras ao estabelecimento da regeneração natural em áreas de pastagens abandonadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1451-1464, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509830331>

FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012. <https://doi.org/10.4322/floram.2012.054>

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 15, p. 97-108, 1988. <https://doi.org/10.2307/2845050>

GUILHERME, F. A. G. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília-DF. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 60-66, 2000.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 20, n.3, p. 183-195, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202008000300003>

KREFT, H.; JETZ, W. Global patterns and determinants of vascular plant diversity. **PNAS**, Washington, v. 104, n. 14, p. 5925-5930, 2007.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0608361104>

LIMA, J. O. S. **Aplicação de quatro métodos indiretos na medição de densidade de dossel em fragmento de mata nativa, recuperada e floresta de Eucalyptus urophylla (S.T. Brake)**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2016.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.22. MjM **Software**, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 2011.

MENDES, M. R. A.; MUNHOZ, C. B. R.; SILVA JÚNIOR, M. C.; CASTRO, A. A. J. F. Relação entre a vegetação e as propriedades do solo em áreas de campo limpo úmido no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 63, n. 4, p. 971-984, 2012. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000400014>

MENDONÇA, A. H. **Avaliação do efeito de borda sobre a vegetação de cerrado stricto sensu inserido em matriz de pastagem**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2010.

MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 537-544, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000500008>

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; NILTON, C.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, n. 58, p. 139–158, 2001.

<https://doi.org/10.1017/S0960428601000506>

PAULA, A.; MARTINS, F. Q.; BATALHA, M. A. P. L.; RODRIGUES, R.; MANHÃES, M. A. Riqueza, diversidade e composição florística em áreas de cerrado em regeneração e preservado na estação ecológica de Itirapina - SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 231-238, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509817481>

PECK, J. E. **Multivariate analysis for community ecologists: Step-by-step using PC-ORD**. Gleneden Beach: Mjm Software Desing, 2010. 162 p.

PINHO JÚNIOR, G. V; NASCIMENTO, A. R. T.; VALVERDE, B. T.; CLEMENTE, L. H. Brazilian savanna re-establishment in a monoculture forest: diversity and

environmental relations of native regenerating understory in *Pinus caribaea* Morelet stands. **Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 26, n. 3, p. 571–579, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s11676-015-0050-z>

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T.; KUNZ, S. H. Influence of environmental variables on the shrub and tree species distribution in two Semideciduous Forest sites in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, San José, v. 56, n. 3, p. 1557-1569, 2008.

<https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.5729>

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 87 p. 127-138, 1996. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03829-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03829-7)

PORTO, M. L. (ed.) **Comunidades vegetais e fitossociologia**: fundamentos para avaliação e manejo de ecossistemas. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2008. 240p.

PRADO, C. H. B. A. Shading effects on sapling of tree species in the Brazilian Savanna. *In*: PRICE, R. (ed.) **Savannas**: exploration, threats and management strategies. New York. Environmental Research Advances. 2018. p. 31-56.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. 2009.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Cerrados. v. 1, 2008.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100004>

RUGGIERO, P. G. C., BATALHA, M. A., PIVELLO, V. R., MEIRELLES, S. T. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 160, n. 1, p. 1-16, 2002.

<https://doi.org/10.1023/A:1015819219386>

SANTOS, J. H. S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SOUZA, A. L.; SANTOS, E. S.; MEUNIER, I. M. J. Distinguição de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 387-396, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000300010>

SANTOS, G. L.; PEREIRA, M. G.; DELGADO, R. C.; TORRES, J. L. R. Natural regeneration in anthropogenic environments due to agricultural use in the Cerrado, Uberaba, MG, Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 1, p. 169-176, 2017. <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n1a2017-35036>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed, revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, G. L.; PEREIRA, M. G.; CARVALHO, D. C.; SANTOS, R. N.; DELGADO, R. C.; TORRES, J. L. R.; CRAVO, M. D. S. Relationship between the environmental conditions and floristic patterns in two phytophysionomies of the Brazilian Cerrado. **Environment, Development And Sustainability**, [S.l.], v. 21, n. 1, p. 95-113, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0025-7>

SOARES, D. M. **Regeneração natural, relações ambientais e invasão biológica em duas veredas do Triângulo Mineiro**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

SOARES, D. M; NASCIMENTO, A. R. T.; SILVA, L. C.; OLIVEIRA, C. H. E. Regeneração natural lenhosa e cobertura do solo em duas veredas no Triângulo Mineiro, MG. *In*: FRANCISCO, A. L. O. (Org.). **Botânica aplicada 2**. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. v. 2, cap. 21. p. 248-263. <https://doi.org/10.22533/at.ed.55119220121>

SOUTO, M. A. G. **Dinâmica da regeneração natural de um cerrado stricto sensu no Nordeste do Estado de São Paulo**. 2017. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

STATSOFT, INC. **Software STATISTICA** (data analysis software system), version 8.0. 2007.

SUGANUMA, M. S.; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, A. L.; VANZELA, A. L. L.; BENATO, T. Comparando metodologias para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 377-385, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000200020>

SVENNING, J. C.; KINNER, D. A. STALLARD, R. F.; ENGELBRECHT, B. M. J.; WRIGHT, S. J. Ecological determinism in plant community structure across a tropical forest landscape. **Ecology**, Brooklyn, v. 85, n. 9, p. 2526-2538, 2004. <https://doi.org/10.1890/03-0396>

TILMAN, D.; NAEEM, S.; KNOPS, J.; REICH, P.; SIEMANN, E.; WEDIN, D.; RITCHIE, M; LAWTON, J. Biodiversity and Ecosystem Properties. **Science**, [S.l.], v. 278, n. 5345, p. 1865-1869, 1997. <https://doi.org/10.1126/science.278.5345.1865c>

TOPPA, R. H. **Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP**. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

VIEIRA, D. A.; INKOTTE, J.; VALADÃO, M. B. X.; GATTO, A. Cerrado natural regeneration in understory of Eucalyptus sp. stands, in the Federal District, Brazil. **Agrária: Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 1, p.68-73, 2017. <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i1a5415>

VALE, V. S.; ARAÚJO, G. M.; OLIVEIRA, A. S.; PRADO-JÚNIOR, J. A.; SANTOS, L. C. S. Estrutura da comunidade arbórea e características edáficas de um fragmento urbano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1415-1428, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509830322>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fragmentos avaliados apresentaram uma comunidade estruturada e dominada por poucas espécies, com diferentes espécies dominantes e diversas exclusivas em cada fragmento. Por outro lado, a ocorrência de uma porcentagem significativa de espécies raras denotou a importância regional desses fragmentos, à medida que estas refletem a diversidade da regeneração arbórea. *Xylopia aromática*, *Brosimum gaudichaudii*, *Myrcia variabilis*, *Bauhinia rufa*, *Matayba guianensis* e *Myrsine umbellata* tiveram os maiores potenciais para regeneração natural nos fragmentos. Essas são espécies interessantes para serem incorporadas em programas de recuperação de áreas de cerrado *sensu stricto* na região.

Na comunidade arbórea em regeneração foram observadas espécies acumuladoras de alumínio e, também, indicadoras de solos distróficos, o que enfatiza elementos constituintes da vegetação de cerrado *sensu stricto*. As variações de declividade e altitude nos dois fragmentos, associadas aos fatores biofísicos, pode gerar microsítios favoráveis ao estabelecimento de diferentes espécies. A existência de gradientes ambientais relacionados com a regeneração natural mostra que a heterogeneidade das comunidades de cerrado *sensu stricto* é complexa e multifacetada.

A distribuição da vegetação arbórea em regeneração natural apresentou correlação principalmente com as variáveis edáficas e biofísicas (cobertura do dossel), demonstrando que são variáveis importantes para avaliar a distribuição da regeneração de espécies vegetais em cerrado *sensu stricto*. Observou-se um padrão distinto envolvendo a distribuição de diversas espécies e as variáveis ambientais e biofísicas em relação a outros trabalhos, o que reforça a complexidade dos gradientes ambientais existentes em formações savânicas no bioma Cerrado.

## RECOMENDAÇÕES SILVICULTURAIS

Sugere-se que as áreas avaliadas sejam cercadas e protegidas dos principais distúrbios e sejam remedidas no futuro com o intuito de avaliar as mudanças ocorridas no período e entender o funcionamento da dinâmica sucessional da vegetação de cerrado *sensu stricto* na região. Isso é importante ao se considerar que as características da dinâmica da regeneração natural são modificadas de acordo com o tipo e a extensão das perturbações realizadas (SOUTO, 2017), e que a redução de pressões antrópicas, como incêndios e presença de gado, pode ser responsável pela facilitação da sucessão ecológica (DURIGAN; RATTER, 2006), em locais que já foram expostos a ações antrópicas.

As áreas avaliadas possuem uma matriz de pastagem no seu entorno, com invasão biológica de braquiária em diversos pontos na borda dos fragmentos. Isso evidencia a permeabilidade do cerrado *sensu stricto* à invasão por espécies de gramíneas exóticas. Esse efeito de invasão biológica também foi mencionado por Soares (2016) em veredas na região, o que indica os riscos para as espécies nativas por competição por recursos. Analogamente, a diversidade biológica do Cerrado vem sendo colocada em risco, já que cada vez mais essa biodiversidade fica restrita a pequenos fragmentos, sujeitos ao efeito de borda e à invasão biológica por espécies de diferentes ciclos de vida. A presença dessa espécie invasora no entorno, nas bordas e no interior do fragmento, além de dificultar a regeneração natural, aumenta o risco de incêndios. Desta forma, sugere-se o controle dessa gramínea exótica e a instalação de aceiros separando a borda dos fragmentos das áreas de pasto como uma estratégia no sentido de minimizar esses impactos em curto prazo.

## APÊNDICE A

Famílias botânicas e espécies arbóreas em regeneração encontradas no cerrado *sensu stricto* da Fazenda Santa Cruz, município de Serra do Salitre – MG. F1 e F2: Fragmentos 1 e 2. \*espécie endêmica do Brasil.

	F1	F2
<b>ANACARDIACEAE</b>		
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	•	
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.		•
<b>ANNONACEAE</b>		
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	•	•
<i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hil.) Saff.		•
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	•	•
<b>APOCYNACEAE</b>		
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc. *		•
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	•	
<b>ARALIACEAE</b>		
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schldl.) Frodin *	•	•
<b>ASTERACEAE</b>		
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less. *	•	
<i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	•	
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	•	•
<b>BIGNONIACEAE</b>		
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos		•
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore		•
<i>Zeyheria montana</i> Mart. *	•	
<b>CALOPHYLLACEAE</b>		
<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil. *	•	
<b>CARYOCARACEAE</b>		
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.		•
<b>CELASTRACEAE</b>		
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don		•
<b>COMBRETACEAE</b>		
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	•	•
<b>CONNARACEAE</b>		
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	•	•
<i>Rourea induta</i> Planch.	•	•
<b>DILLENIACEAE</b>		
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	•	•
<b>EBENACEAE</b>		
<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B. Walln.	•	•

Continua...

Continuação...

**ERYTHROXYLACEAE**

<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	•	•
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	•	
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	•	

**EUPHORBIACEAE**

<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	•	•
-----------------------------------	---	---

**FABACEAE**

<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	•	
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.		•
<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.	•	
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	•	•
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	•	•
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr. *	•	•
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	•	•
<i>Leptolobium elegans</i> Vogel		•
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	•	•
<i>Plathymeria reticulata</i> Benth.	•	•
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.		•
<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	•	•

**LAMIACEAE**

<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	•	•
-------------------------------------	---	---

**LOGANIACEAE**

<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	•	
---	---	--

**LYTHRACEAE**

<i>Diplusodom</i> sp.	•	•
-----------------------	---	---

**MALPIGHIACEAE**

<i>Banisteriopsis malifolia</i> (Nees & Mart.) B.Gates *	•	•
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	•	
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss. *	•	•

**MELASTOMATACEAE**

<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	•	•
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin *	•	•
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	•	
<i>Pleroma stenocarpum</i> (Schränk et Mart. ex DC.) Triana	•	

**MELIACEAE**

<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.		•
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss. *		•

Continua...

Continuação...

**MORACEAE***Brosimum gaudichaudii* Trécul • •**MYRISTICACEAE***Virola sebifera* Aubl. •**MYRTACEAE***Blepharocalyx salicifolius* (kunth) O.Berg • •*Campomanesia pubescens* (Mart. ex DC.) O.Berg •*Eugenia dysenterica* (Mart.) DC. \* •*Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC. •*Myrcia variabilis* DC. \* •*Psidium sartorianum* (O.Berg) Nied. •**OCHNACEAE***Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. • •**PRIMULACEAE***Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult. • •*Myrsine umbellata* Mart. •**PROTEACEAE***Roupala montana* Aubl. • •**RUBIACEAE***Alibertia edulis* (Rich.) A.Rich. •*Cordia macrophylla* (K. Schum.) Kuntze •*Palicourea rigida* Kunth •*Randia armata* (Sw.) DC. •**RUTACEAE***Hortia brasiliiana* Vand. ex DC. • •**SALICACEAE***Casearia grandiflora* Cambess. • •*Casearia sylvestris* Sw. • •**SAPINDACEAE***Cupania vernalis* Cambess. • •*Matayba guianensis* Aubl. • •**SAPOTACEAE***Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk. • •**SIPARUNACEAE***Siparuna guianensis* Aubl. • •**SOLANACEAE***Cestrum schlechtendalli* G. Don •*Solanum lycocarpum* A.St.-Hil. • •

Continua...

Continuação...

---

**STYRACACEAE***Styrax ferrugineus* Nees & Mart.

• •

**VOCHYSIACEAE***Qualea grandiflora* Mart.

• •

*Qualea parviflora* Mart.

• •

*Salvertia convallariodora* A.St.-Hil.

•

*Vochysia elliptica* Mart. \*

•

*Vochysia tucanorum* Mart.•

---