



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



Influência de fatores abióticos no padrão de distribuição de plantas lenhosas no cerrado *sensu stricto*

NATHÁLIA FERNANDES CANASSA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas Botânica, Área de concentração Ecologia Vegetal.

**Botucatu – SP
2018**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU

Influência de fatores abióticos no padrão de distribuição de plantas
lenhosas no cerrado *sensu stricto*

NATHÁLIA FERNANDES CANASSA
DR. ANSELMO NOGUEIRA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas Botânica, Área de concentração Ecologia Vegetal.

Botucatu – SP
2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Canassa, Nathália Fernandes.

Influência de fatores abióticos no padrão de distribuição de plantas lenhosas no cerrado *sensu stricto* / Nathália Fernandes Canassa. - Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Anselmo Nogueira

Capes: 20300000

1. Plantas dos cerrados. 2. Fogo. 3. Precipitação (Química). 4. Fatores abióticos. 5. Biogeografia.

Palavras-chave: escala regional; fatores edáficos; fogo; gradientes geográficos; precipitação.

Dedico esse trabalho os meus pais
Maria Ivone e Mario, e ao meu
irmão Vinícius pelo apoio e suporte
sempre necessário.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por ter me financiado com a bolsa de mestrado para que eu pudesse executar o meu projeto.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Anselmo Nogueira, por ter me aceito como orientanda mesmo não sendo da área de ecologia vegetal. Tendo toda a paciência quando necessário e dedicação nesses dois anos para transmitir todo o seu conhecimento e me ajudar sempre que necessário.

Gostaria de agradecer a todos os especialistas botânicos que se propuseram a ter uma dedicação e tempo para identificação das plantas coletadas para essa pesquisa. Prof. Dr. Juliana Rando, Prof. Dr. Benoît Loeuille, Prof. Dr. Matheus Santos, Prof. Dr. Leonardo Borges, Prof. Dr. Rafael Almeida, Dr. Gustavo Shimizu, Prof. Dr. Cássio Toledo, Dra. Jnifer Lopes, Prof. Dr. Heimo Rainer, Dr. Alexandre Zuntini, Msc Ana Laura Scudeler, Msc Ana Flávia Versiane, Prof. Dr. Renato de Melo, Dra. Rafaela Trad, Profa. Dra. Fátima Gonçalves, Profa. Dra. Maria Iracema Loiola, Prof. Dr. Pedro Fiaschi e Prof. Dra. Carla Bruniera.

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Sebastian Sendoya e a Profa. Gabriela Zuquim, por estarem participando e colaborando para melhora desse trabalho, dando sugestões importantes para as análises do mesmo.

Gostaria de agradecer a Profa. Dra. Flávia Costa do INPA, por me aceitar nas suas disciplinas e transmitir todo o seu conhecimento possível, que foram essenciais para a compreensão teórica e empírica desse projeto.

Gostaria de agradecer aos amigos do Laboratório da UFABC por estarem presente no convívio e nos momentos do café. Em especial a Luana Porchazka, que me ajudou em algumas morfotipagens e envio de material para os especialistas.

Gostaria de agradecer em especial minha família meus pais, Mario Canassa e Maria Ivone, e meu irmão Vinícius Canassa por sempre estarem me apoiando em minhas decisões, por não deixarem abaixar minha cabeça sempre que as coisas ficavam complicadas, por estarem ao meu lado compartilhando cada conquista e frustração.

Gostaria de agradecer a todos da pós-graduação de botânica (Camila, Marília, Fernanda, Angélica, Tais, Diana e Juan), que me aturaram nas disciplinas, em seus laboratórios compartilhando o café e por me ajudarem sempre que entrava em desespero para cumprir com minhas obrigações diante da pós. Em especial obrigada Tayeme e Lorena por me abrigarem em suas casas, obrigada pelas broncas, conselhos para não desistir e me esforçar mais, agradeço pela amizade que construímos.

Gostaria de agradecer as meninas do futebol da UFABC, que fizeram parte dos meus momentos de descontração, garantindo ótimas risadas, medalhas, troféus e pela amizade. Agradeço a Michele, pela paciência e o tempo que teve em realizar meus mapas de fogo. Agradeço em especial a Aline Karen, por tirar tempo de suas férias ou de seus momentos de lazer para me ajudar em tarefas simples mais que foram importantes para o trabalho ou por simplesmente estar por perto me fazendo companhia e me dando apoio.

Agraço a todos as pessoas do INPA que me acolheram em seus laboratórios, que me levaram para conhecer Manaus, pelas risadas, conversar fiadas e produtivas. Agradeço em especial a Elisângela, por me abrigar em sua casa em Manaus, pelas discussões sobre os temas das disciplinas que realizei, pelo carinho e atenção que teve comigo enquanto estive por lá.

| | |
|---|----|
| Sumário | |
| Agradecimentos | 5 |
| Resumo | 8 |
| 1. Introdução | 10 |
| 2. Materiais e Métodos | 13 |
| 2.1. Sítios amostrais | 13 |
| 2.2. Coleta de dados: Desenho amostral | 16 |
| 2.3. Coleta de dados: Dados florísticos | 16 |
| 2.4. Coleta de dados: Dados abióticos | 18 |
| 2.5. Análise de dados | 19 |
| 3. Resultados | 20 |
| 3.1. Fatores edáficos, climáticos e pontos de incêndio. | 21 |
| 3.2. Padrão de distribuição da riqueza de espécies e alpha de Fisher | 23 |
| 3.3. Padrão de mudança da composição de espécies | 25 |
| 4. Discussão | 31 |
| 4.1. Diversidade de espécies e os gradientes ambientais | 31 |
| 4.2. Principais determinantes da variação da composição de espécies. | 32 |
| 4.3. Considerações sobre a conservação do Cerrado e perspectivas futuras | 33 |
| Apêndice S1 | 34 |
| Apêndice S2 | 35 |
| Apêndice S3 | 36 |
| Apêndice S4: | 37 |
| Apêndice S5: | 39 |
| Apêndice S6: | 43 |
| Referências | 49 |

Resumo

Questões: Como é o padrão da diversidade e composição de espécies lenhosas ao longo do cerrado *sensu stricto*? Quais fatores abióticos estruturam essa diversidade e composição de espécies?

Localização: Região do Cerrado no central do Brasil.

Metodologia: Distribuimos 34 parcelas permanentes em sete unidades de conservação que possuísem porções de vegetação cerrado *sensu stricto*. Aplicando modelos lineares mistos para investigar como é o padrão de distribuição da diversidade – riqueza e alfa de Fisher – e composição de espécies estariam relacionados com os fatores edáficos, climáticos e de pontos de incêndios, no qual o sítio foi tratado como variável randômica nos modelos. Para as análises de composição de espécies utilizamos dados de ocorrência e aplicamos um índice de dissimilaridade estendido para obter os eixos de ordenação em análises de coordenadas principais (PCoA). Análises de matrizes de Mantel simples e parcial também foram aplicadas para explorar o papel do espaço na estruturação da comunidade e dos fatores abióticos.

Resultados: Embora em nossa escala de amostragem não tenha sido possível identificar fatores preditivos da riqueza de espécies lenhosas, a composição de espécies esteve relacionada com o gradiente de precipitação e frequência dos pontos de incêndio ao longo do Cerrado. Os fatores edáficos não parecem ser determinantes, e sua importância relativa deve ser menor dentro dessa fitofisionomia do Cerrado ou na escala sob estudo. Embora o fogo, como fonte de distúrbio recorrente no Cerrado, tenha ganho importância maior na literatura explicando grande parte das diferenças na biomassa vegetal entre as fitofisionomias aqui nós discutimos sua importância na modificação da composição de espécies dentro do Cerrado *sensu stricto*, favorecendo o aumento da diversidade regional entre sítios. Neste trabalho investigamos a relação entre diferentes gradientes ambientais e a riqueza e composição de espécies lenhosas no Cerrado *sensu stricto* em escala regional pouco explorada até aqui na literatura sobre o Cerrado.

Conclusão: Neste trabalho investigamos a relação entre diferentes gradientes ambientais e a riqueza e composição de espécies lenhosas no Cerrado *sensu stricto* em escala regional pouco explorada até aqui na literatura. O gradiente de intensidade de fogo parece ser determinante para a mudança da composição de espécies, embora não explique a riqueza de espécies. Esse aspecto da vegetação de Cerrado retoma discussões sobre o papel do fogo para além da manutenção de sua estrutura e adensamento.

Palavras-chaves

Fogo, precipitação, fatores edáficos, escala regional, gradientes geográficos.

Abstract

Questions: How is the diversity pattern and composition of woody species through cerrado *sensu stricto*? Which abiotic factors structure this species diversity and composition?

Location: Brazilian's central Cerrado region

Methodology: We distributed 34 permanent plots into seven conservation units that had portions of cerrado *sensu stricto* vegetation. Applying the linear mixed model to investigate how the diversity distribution pattern and species composition would be related with edaphic factors, climatic, and fire frequency in which the site was treated as random variable in the models. For the analysis of species composition, we used a dataset of occurrence, and we applied an index of extended dissimilarity to obtain the ordered axis in Principal Coordination of Analysis (PCoA). Analyses of simple and partial Mantel were also applied to explore the role of distance in the community structural and abiotic factors.

Results: Although in our scale of samples were not possible to identify predictive factors of woody species richness, the composition of species were related with the precipitation gradient and frequency of fire frequency through Cerrado. The edaphic factors do not seem to be determined, and its relative importance should be lower in the fitofisionomy of Cerrado or the studied scale. Though the fire, as a source of disturbance recurrent on Cerrado, has given more significant importance in literature explaining a great part of differences in the vegetation biomass between the fitofisionomy here we are discussing it is important in the species composition modification inside Cerrado *sensu stricto*, supporting the increase of regional diversity between sites. In this study, we investigate the relation in different environmental gradients and the richness and woody species compositions in Cerrado *sensu stricto* in the little-explored regional scale in the literature so far about Cerrado

Conclusion: In this paper, we investigated the relationship between different environmental gradients and the richness and composition of woody species in Cerrado *sensu stricto* in the little-explored regional scale in the literature so far. The intensity of fire gradient seems to be determinant to species composition changes, although it does not explain the species richness. This aspect of Cerrado vegetation resume arguments about the role that fire beyond support of its structure and densification.

Key Words: Fire; Precipitation; Edaphic factors; regional scale; geographic distribution.

1. Introdução

Um dos objetivos da ecologia de comunidades é investigar os padrões de diversidade, abundância e composição de espécies ao longo do tempo e espaço (Vellend 2010). Um dos primeiros padrões de diversidade descritos em larga escala descreveu a maior diversidade de espécies nas regiões tropicais em comparação com as regiões temperadas, isto é, a relação negativa entre diversidade e latitude nos sistemas terrestres (Gillison 2018). A distribuição desigual da diversidade em diferentes escalas passou a suscitar hipóteses sobre processos geradores e mantenedores de tais padrões. Uma revisão de Mittelbach et al. (2007) propôs três explicações para esse padrão latitudinal, a primeira se utiliza de hipóteses ecológicas focada em mecanismos de coexistência e manutenção da diversidade de espécies, a segunda se utiliza de hipóteses evolutivas como as variações na taxa de diversificação, e por último as hipóteses históricas focadas na duração e extensão dos ambientes tropicais ao longo do tempo. De forma ampla, os padrões de distribuição da diversidade nos ajudam a entender a heterogeneidade de espécies pela Terra, há áreas que são repletas de variações biológicas (Floresta Tropicais Úmidas), mas também há áreas quase desprovida de vida, (desertos) (Gaston 2000).

Nos trópicos, as comunidades de plantas em geral são muito diversas, e essa diversidade encontra-se estruturada ao longo de diferentes gradientes ambientais. Os fatores ecológicos estruturando a diversidade vegetal atuam em diferentes escalas, modificando a composição de espécies e permitindo a coexistência entre elas (Abreu et al. 2012). Em escala regional, a diversidade é influenciada principalmente pela especiação, extinção e imigração, porém nem todas as espécies podem ocorrer em todos os lugares, seja pela existência de filtros ambientais, ou devido a limitação de dispersão. Na escala local, processos como competição interespecífica, extinção aleatória e predação afetam a diversidade (Zagt & ter Steege 2002; Ricklefs 2008). Estudos teóricos e empíricos tem justificado a coexistência de espécies por processos baseados nas diferenças do nicho ecológico e/ou processos neutros (Gaston & Chown 2005). Os modelos de nicho ecológico assumem que a coexistência das espécies é possível dada a existência de diferenças no uso dos recursos entre espécies, dessa forma as espécies evitam ou amenizam a competição e são capazes de coexistir (Gause 1934; Garrett Hardin 1960; Chesson 2000). Os modelos baseados em processos neutros assumem que todos os indivíduos de uma comunidade são funcionalmente equivalentes, possuem a mesma probabilidade de migrar, reproduzir e morrer, e que os padrões de abundância das espécies são dependentes do acaso e não da superioridade competitiva de um indivíduo. Segundo o modelo neutro, a coexistência das espécies em diferentes escalas é resultado de um equilíbrio entre imigração e extinção em escala local, e entre as taxas de especiação e extinção em escala regional (Hubbell 2001; Rosindell et

al. 2011). Tem sido sugerido que a importância relativa dos fatores ambientais e neutros está relacionada à escala (Normand et al. 2006), mas é possível que isso também dependa da heterogeneidade interna em cada área estudada (Pansonato et al. 2013).

Ainda hoje é discutido quais e como os fatores ecológicos determinam a distribuição das plantas em diferentes escalas geográficas. Se aumentarmos a distância geográfica, podemos diminuir a similaridade ambiental, permitindo que fatores ambientais atuem na composição de espécie (White & Nekola 1999). As espécies de plantas podem coexistir dentro de uma comunidade sendo elas associadas há algum desses fatores ambientais, assim a distribuição das espécies de plantas estará relacionada à distribuição heterogênea desses fatores no espaço (Pyke et al. 2001; Zuquim et al. 2007). Scudeller et al (2001) mostrou que a distribuição de plantas se modifica ao longo do espaço nas regiões tropicais, e atribui a variação de riqueza e composição de espécies entre locais basicamente à limitação de dispersão das espécies. Esses estudos corroboram pelo menos parcialmente a teoria neutra devido à similaridade de espécies diminuir com o aumento da distância entre parcelas (Matos et al. 2013). Outros estudos mostram que a variação na riqueza e composição de espécies está associada à variação de fatores climáticos (temperatura e precipitação) e edáficos dependentes da escala (e.g. Figueiredo et al. 2018).

As savanas cobrem cerca de 20 % da superfície terrestre e são caracterizadas por climas sazonais secos, sendo determinadas pela média de precipitação anual e extensão do período seco (Cole, 1986; Eiten, 1972). Dentre as savanas, o Cerrado se destaca pela sua amplitude latitudinal, incluindo grandes variações climáticas e edáficas relacionadas a disponibilidade de nutrientes e umidade do solo ao longo de toda a sua distribuição (Felfili & Fagg 2007). É o segundo maior domínio fitogeográfico do Brasil com cerca de dois milhões de km² (Oliveira-Filho & Ratter 2002; Klink & Machado 2005), formando zonas de transição com a Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal, o que permite uma mistura florística em diferentes porções do Cerrado, determinando a composição de espécie em diferentes escalas e favorecendo a alta diversidade (Abreu et al. 2012). Vários estudos têm testado a relação entre os fatores abióticos e a distribuição da vegetação do Cerrado, dentre eles a precipitação sazonal, fertilidade e drenagem do solo, fogo e as flutuações climáticas do Quaternário (Oliveira-Filho & Ratter 1995; Pennington et al. 2000; Abreu et al. 2012).

De acordo com Goedert et al. (2008) o principal fator determinante da cobertura vegetal das savanas é a distribuição anual de chuvas. Em áreas com maior precipitação pluviométrica e curtos períodos de seca o extrato arbóreo é mais abundante, nas áreas com menor índice de precipitação e períodos mais longos de seca, predominam vegetação de desertos. As vegetações das savanas são classificadas em quatro tipos quando relacionadas a precipitação e nutrientes do solo: (1) baixa disponibilidade de água e alta oferta de nutrientes; (2) alta disponibilidade de

água com solo extremamente pobre em nutrientes; (3) limitado em água e nutrientes; e (4) sem limitações de água e nutrientes (Henriques & Hay 2002). Em escala local a sazonalidade no regime de chuvas no cerrado e a baixa disponibilidade de nutrientes no solo são fatores críticos que permitem a coexistência de muitas espécies lenhosas (Franco 2002). Em geral, espera-se uma vegetação maior e mais densa onde há maior fertilidade do solo (Henriques 2005).

Nas savanas em geral existem distúrbios recorrentes que alteram a estrutura da vegetação, e assim a diversidade de espécies vegetais localmente. Nas savanas africanas temos os grandes herbívoros que por meio de sua movimentação (e.g. elefantes) e alimentação (e.g. zebras) consomem e modificam a paisagem vegetacional (Scariot et al. 2005; Goedert et al. 2008). Na paisagem sul-americana, e no Cerrado em especial, não existe grandes herbívoros e o acúmulo de biomassa vegetal em um clima extremamente sazonal favorece a ocorrência de queimadas que se alternam ao longo do tempo entre locais dentro de uma mesma região (Libano & Felfili, 2006). Na ausência do fogo, a fisionomia da vegetação do Cerrado se modifica ao longo do tempo, ocorrendo um aumento gradual e progressivo da vegetação lenhosa (e.g. San José & Fariñas 1983; Moreira 2000). Esse efeito estrutural do fogo também foi verificado em um monitoramento de 18 anos no cerrado *sensu stricto* onde verificou-se que após a exclusão do fogo, ocorreu um incremento progressivo na densidade e área basal da vegetação lenhosa, permitindo a regeneração de uma vegetação mais densa (Libano & Felfili, 2006).

O desmatamento do Cerrado tem sido causado principalmente pela expansão extensiva da fronteira agropecuária nas últimas décadas, e ainda são escassos os trabalhos investigando o modo como a diversidade vegetal do Cerrado está organizada e distribuída em escalas maiores. Esse momento é crucial para o conhecimento e entendimento dos padrões regionais e sua relação com os fatores ambientais e a distribuição das populações de plantas. Tais padrões podem ser o primeiro passo para a elaboração de ações direcionadas para a conservação de espécies, incluindo a avaliação dos impactos decorrentes de atividades antrópicas, planejamento e criação de novas unidades de conservação e adoção de técnicas de manejo (Felfili & Felfili 2001; Neri et al. 2006). Dessa forma, nosso objetivo principal nesse trabalho é investigar quais fatores abióticos estão estruturando a riqueza e composição de espécies lenhosas do cerrado *sensu stricto*. Nossa primeira hipótese é de que a composição do cerrado *sensu stricto* irá mudar em relação ao gradiente edáfico, pois trabalhos como Oliveira-Filho & Ratter (2002) e Moura et al. (2010) observaram que tanto a fertilidade do solo quanto a parte física influenciam a composição florística local e distribuição de espécies. A segunda hipótese do nosso trabalho é de que a composição do cerrado *sensu stricto* mudará conforme as variações climáticas, especialmente precipitação. A terceira hipótese do nosso trabalho será que a composição do cerrado *sensu stricto* mudará conforme a intensificação do fogo, pois tem sido

considerado como importante fator de influência na estrutura e composição da vegetação nas savanas tropicais (Soares 1990). Esses padrões de associação da composição de espécies em relação aos fatores abióticos que hipotetizamos a cima, esperamos que os mesmos possam ser encontrados em associação com a distribuição de espécies.

2. Materiais e Métodos

2.1. Sítios amostrais

O estudo foi Federal. No estado de São Paulo a UC representada é a Estação Ecológica de Itirapina (EEI realizado em sete unidades de conservação (UC), distribuídas em quatro estados brasileiros e o Distrito), no estado de Minas Gerais as UC representadas são os Parque Nacionais da Serra do Cipó (PNCI) e da Canastra (PNCA), no estado de Goiás as UC são representadas pelo Parque Nacional Chapada dos Veadeiros (PNCV) e o Parque Nacional das Emas (PNE), no Distrito Federal a UC representada é o Parque Nacional de Brasília (PNB) e por último o estado do Mato Grosso representada pela UC Parque Estadual Serra Azul (PESA)(Figura 1). Essas UC foram escolhidas por possuírem porções da vegetação ocupadas pela fitofisionomia do cerrado *sensu stricto* dominada por árvores baixas e arbustos dentro de uma matriz herbácea. Predominante o Clima Tropical Sazonal, com inverno seco (maio-setembro) e verão quente e úmido (outubro-abril). As áreas escolhidas seguem o mesmo padrão climático com pequenas variações (Oliveira-Filho & Ratter 2002). Os sítios possuem uma distância máxima entre si de 991,06 km sentido Leste-Oeste (PNCI- PESA) a 910 Km sentido Norte-Sul (PNCV – EEI) e distância mínima entre si 667 km sentido Leste-Oeste (PNB – PNCI) e 253 km sentido Norte-Sul (PNCA – EEI) (Figura 1), buscando representar grande parte do gradiente latitudinal do Cerrado. Na tabela 1 abaixo está a descrição das unidades de conservação amostradas.

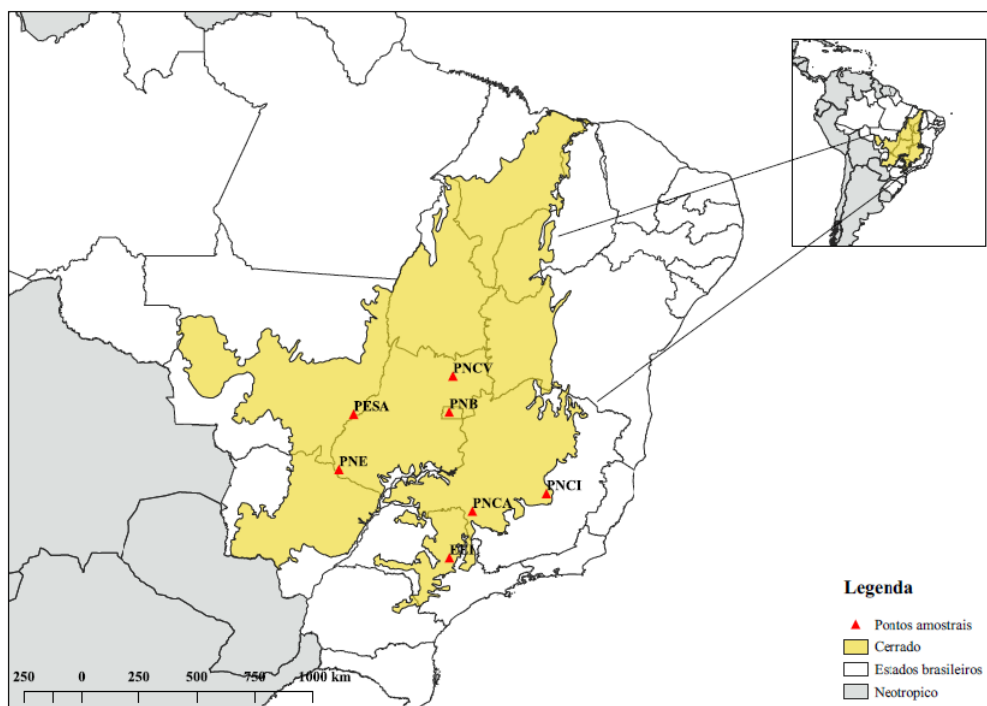


Figura 1. Sítios amostrais distribuídos no domínio Cerrado com manchas de cerrado *sensu stricto*. Pontos amostrais: PNCV – Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, PNB – Parque Nacional de Brasília, PESA – Parque Estadual Serra Azul, PNE – Parque Nacional das Emas, PNCA – Parque Nacional Serra da Canastra, PNCI – Parque Nacional Serra do Cipó, EEI – Estação Ecológica Itirapina.

Tabela 1. Média e desvio padrão de riqueza de espécie, densidade de plantas e variáveis abióticas dentro dos sete sítios amostrais sob estudo. As variáveis abióticas representadas ao longo de 10 anos (2007 a 2016) são ponto de incêndios, temperatura mínima e máxima, e precipitação. As siglas referem a um sítio amostral: Estação Ecológica de Itirapina - SP (EEI), Parque Nacional da Serra da Canastra – MG (PNCA), Parque Nacional da Serra do Cipó – MG (PNCI), Parque Nacional de Brasília – DF (PNB), Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO (PNCV), Parque Estadual da Serra Azul - MT (PESA) e Parque Nacional das Emas – GO (PNE).

| Sítios amostrais | EEI | PNCA | PNCI | PNB | PNCV | PESA | PNE |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Coordenadas geográficas | 22° 13' 10''S 47° 53' 54'' W | 20° 20' 58''S 46° 38' 18'' W | 19° 22' 01''S 43° 32' 17'' W | 15° 38' 28''S 48° 01' 15'' W | 14° 10' 00''S 47° 30' 00'' W | 52° 16' 10''S 47° 53' 54'' W | 18° 06' 23''S 52° 55' 40'' W |
| Número de parcelas amostrais | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Variação altitudinal | 720 – 750 | 800 - 1.400 | 800 - 1.400 | 1.070 - 1.200 | 1.000 - 1.400 | 560 | 800 - 900 |
| Precipitação anual (mm) | 1176.7 | 1170.1 | 1559.8 | 1088.5 | 1029.7 | 1148.4 | 1324.2 |
| Temperatura mínima (°C) | 15.7 | 15.5 | 15.3 | 16.6 | 19.5 | 18.8 | 16.8 |
| Temperatura máxima (°C) | 26.8 | 28.9 | 28.1 | 27.1 | 29.6 | 33.6 | 30.9 |
| Pontos de incêndios | 3.5 ± 4.8 | 69.3 ± 77.5 | 29.2 ± 54.1 | 19.2 ± 32.6 | 21.8 ± 34.3 | 40.4 ± 100.2 | 22.1 ± 29.4 |
| Porcentagem de argila (%) | 11.3 ± 1.0 | 62.1 ± 1.8 | 24.3 ± 3.6 | 64.4 ± 4.1 | 29.8 ± 14.3 | 57.8 ± 5.9 | 57.5 ± 3.4 |
| Porcentagem de areia (%) | 86.5 ± 1.5 | 20.5 ± 3.2 | 68.7 ± 5.3 | 18.0 ± 4.9 | 60.8 ± 20.0 | 22.6 ± 10.4 | 28.6 ± 4.6 |
| Densidade de plantas por parcela (200 m ²) | 125.0 ± 47.3 | 104.7 ± 42.1 | 111.8 ± 13.1 | 159.6 ± 54.3 | 144.3 ± 22.2 | 61.2 ± 15.0 | 113.2 ± 22.9 |
| Riqueza de espécies por parcela (200 m ²) | 30.7 ± 7.6 | 28.1 ± 14.1 | 42.0 ± 8.0 | 40.2 ± 5.8 | 37.5 ± 11.0 | 28.0 ± 11.0 | 20.4 ± 2.7 |
| Total de espécies por sítio | 67 | 53 | 105 | 80 | 80 | 77 | 44 |

2.2. Coleta de dados: Desenho amostral

Uma vez definidos os sete sítios amostrais ao longo do domínio Cerrado e as porções da vegetação de cerrado *sensu stricto*, nós visitamos cada sítio amostral para o estabelecimento de 5 parcelas permanentes de 200 m de comprimento e largura variável de acordo com o diâmetro de inclusão (Figura 2). Cada parcela teve uma distância mínima de 1 km entre elas para reduzir a dependência espacial dentro do mesmo sítio.

Para o estabelecimento das parcelas dentro de cada sítio amostral nós utilizamos a metodologia RAPELD (Magnusson et al. 2005), uma metodologia complementar que segue as normas do Programa de Pesquisa de Biodiversidade (PPBio), em que, cada parcela segue o contorno altitudinal, minimizando a variação interna de topografia e solo dentro de cada parcela e permitindo o uso destas variáveis como preditoras das distribuições de espécies.

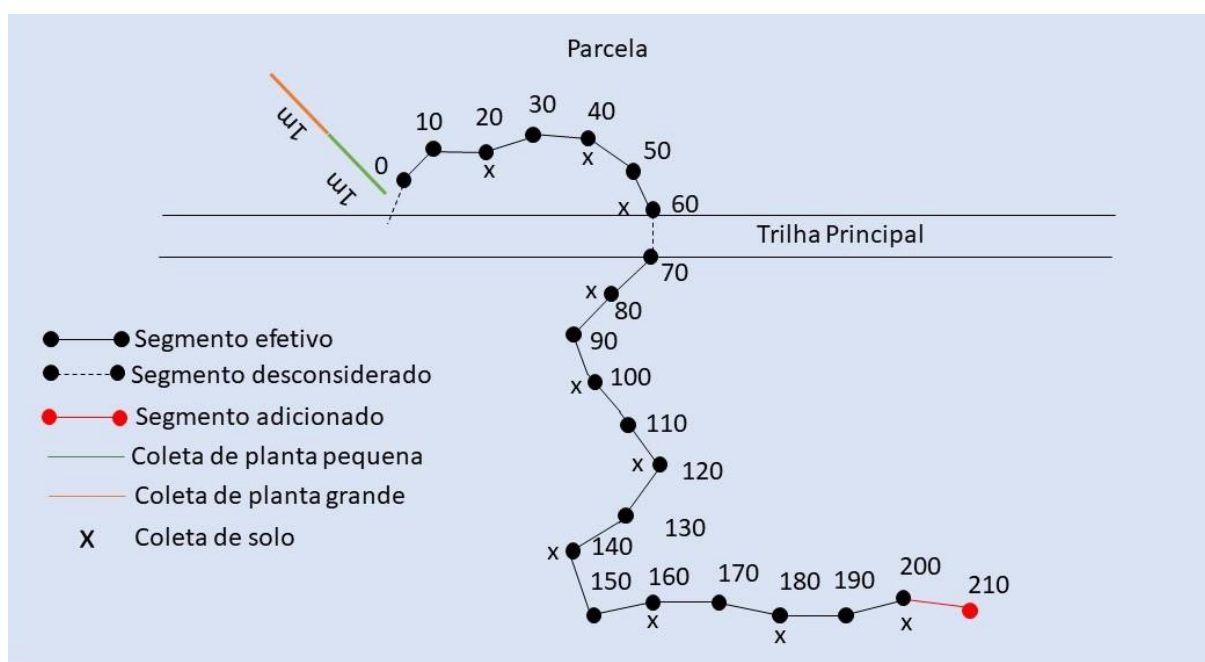


Figura 2. Linha lateral da parcela (linha) e os piquetes (pontos) estabelecidos ao longo do contorno altitudinal da parcela segundo o método RAPELD, modificado de (Magnusson et al. 2013). Nos casos em que a parcela cruza uma trilha, esse trecho é descontado do comprimento da parcela e adicionado no final da mesma. A amostragem do solo sempre se deu sobre a linha lateral de 0.5 m, enquanto que a amostragem das plantas foi realizada sempre do lado direito da linha lateral a uma faixa de 1 ou 2 m de largura de acordo com o diâmetro de inclusão previamente estabelecido.

2.3. Coleta de dados: Dados florísticos

Nossas medidas de diâmetro sempre foram tomadas a 30 cm da altura do solo (DAS_{30cm}), a fim de evitarmos a amostragem de intumescimentos na base das plantas, como a formação de xilópódios típicos do Cerrado (e.g. Felfili et al. 2005; Felfili & Fagg 2007). Primeiramente,

amostramos todas as plantas com $DAS_{30cm} \geq 3$ cm a uma largura de 2 m x 200 m, totalizando 400 m² de amostragem (plantas grandes; PG). Em seguida, sub amostramos as plantas acima de 1 cm de DAS_{30cm} a uma faixa de 1 m de largura totalizando 200 m² (plantas pequenas entre 1 e 3 cm de diâmetro; PP) (Figura 3).

Todas as plantas incluídas na amostragem foram marcadas com placas de alumínio numeradas. Adicionalmente, com a ajuda de uma fita métrica e um paquímetro medimos a distância entre o solo e a primeira ramificação (altura do fuste) e o diâmetro na altura do solo DAS_{30cm} de cada planta incluída dentro de cada parcela. Todas as plantas marcadas dentro de cada parcela foram coletadas e prensadas no campo, e secas em uma estufa a 70 graus. A identificação do material coletado seguiu a classificação taxonômica, com base em caracteres morfológicos florais, partes vegetativas, frutos e sementes e identificadas até a família ou gênero seguindo, Souza & Lorenzi (2005) e (Souza et al. 2018). Comparações com materiais depositados em diferentes herbários, floras e guias de campo foram utilizados para a morfotipação ou identificação específica das plantas. Após morfotipação de todos os materiais dentro de cada família botânica, duplicatas de cada material (morfotipo) foram enviadas para especialistas para a determinação ou confirmação da identificação específica (Apêndice S1). As técnicas de coleta e processamento do material botânico seguiram as recomendações de Fidalgo & Bononi (1984) e grande parte dos espécimes foram depositadas no herbário da Universidade Federal do ABC (HUFABC) em São Bernardo do Campo.

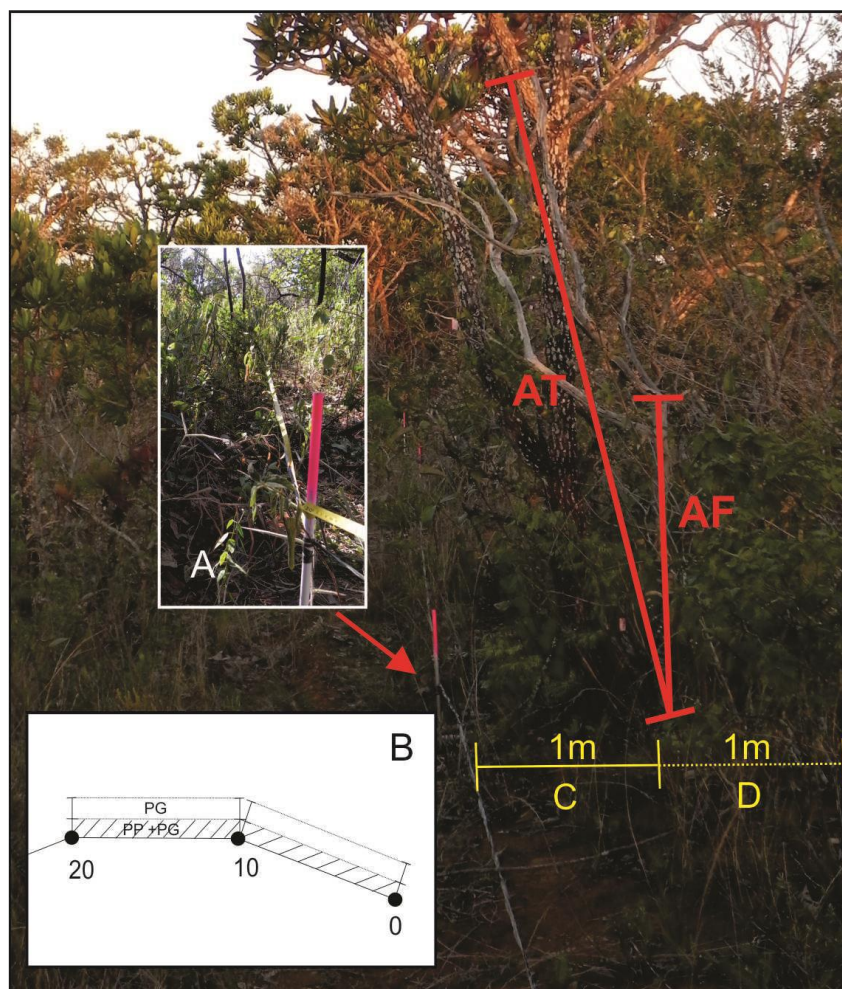


Figura 3. Parcela do sítio de Itirapina (SP). As plantas pequenas (PP) foram amostradas numa faixa de 1m ao lado da linha lateral (C) da parcela e as grandes (DAS_{30} maior a 3 cm-PG) em uma faixa de 2 m (C+D). AT: Altura total, AF: Altura do fuste. Área de amostragem de todas as plantas (B).

2.4. Coleta de dados: Dados abióticos

As variáveis climáticas foram obtidas a partir de dados gerados em estações meteorológicas próximas de cada sítio amostral entre os anos 2007-2016 (INMET, <http://www.inmet.gov.br/portal/>). A média de precipitação anual e a média da temperatura máxima e temperatura mínima anual foram calculados a partir desses dados para cada sítio amostral. Dentro de cada sítio amostral todas as parcelas receberam o mesmo valor médio de precipitação, temperatura mínima e máxima (Tabela 1).

As variáveis edáficas foram obtidas a partir da amostragem de solo em cada parcela dentro de cada sítio amostral. Em cada sítio, foram coletados porções de solo superficial de aproximadamente 20 x 20 x 20 cm a cada 20 metros ao longo do comprimento de 200 m da parcela. Desta forma, em cada parcela obteve 10 sub amostras que foram unidas e homogeneizadas para formar uma única amostra composta representativa. Esse processo foi

repetido para as cinco parcelas de todos os sete sítios amostrados. As amostras foram analisadas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), que mediram o pH (utilizando o método de CaCl, H₂O e SMP), alumínio (Al) e sódio (Na) medidos em mmolc/dm³, macronutrientes (e.g. porcentagem de cálcio-Ca, magnésio-Mg, potássio-K, fósforo-P em mehlich 1 e em resina e enxofre-S), micronutrientes extraído por DTPA (e.g. Manganês-Mn, Ferro-F, Cobre-Cu, Zinco-Zn) e a granulometria do solo (porcentagem de argila, areia, silte).

Para representar a variável fogo, extraímos os dados da plataforma BDQueimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esses dados são coordenadas de pontos de incêndios que são coletados através de satélites com sensores óticos operando na faixa termal-média de 4 um e são capazes de identificar pontos de incêndios na paisagem, incluindo o Cerrado. Em cada sítio amostral quantificamos os pontos de incêndios a 5 km em torno das parcelas. No final calculamos média anual e mensal ao longo de 10 anos no período de 2007-2016 (Tabela 1) (Apêndice S3 e S4).

2.5. Análise de dados

Para descrição das nossas variáveis edáficas temos como representantes os preditores químicos (PH, P, Ca, Al, K, Mg) e preditores físicos (porcentagem de Argila, Areia e Silte), porém como o número de preditores é alto em relação a nosso n amostral (N = 34), utilizamos a técnica de ordenação PCA (Análise do Componente Principal) para reduzir a dimensionalidade de nossos descritores edáficos.

Para descrever a comunidade de plantas lenhosas utilizamos riqueza de espécies (nº total de espécie de plantas por área) e o índice alfa de Fisher, que relaciona o número de espécies (S) ao número de indivíduos (N) por unidade amostral (Fisher et al. 1943). Dado que para a coleta de plantas pequenas (PP com DAP < 3 cm) nossa área amostral por parcela foi de 200 m² e para as plantas grandes (PG com DAP > 3 cm) foi de 400 m²; nós ajustamos a riqueza para 200 m².

Investigamos a relação entre os descritores da comunidade utilizando como variável dependente riqueza e índice de alfa de Fisher variável independente os gradientes ambientais. Dado que nossas parcelas estavam agregadas ao longo do Cerrado dentro dos sítios de amostragem (5 parcelas por sítio), nós utilizamos modelos lineares mistos (“linear mixed models”) por meio da plataforma R, no qual nossa variável randômica foi sempre o sítio amostral, com distribuição probabilística gaussiana. Foi realizado um teste de correlação Pearson entre as variáveis abióticas para determinar se podíamos inclui-las no mesmo modelo estatístico. Nós também analisamos os fatores de inflação da variância (VIFs) das variáveis

abióticas que entraram nos modelos para avaliar a extensão de colinearidade (Zuur et al. 2009) (Apêndice S2).

Para a análise de composição de espécies consideramos dados de presença e ausência, e somente incluímos a espécie que ocorre em mais de duas parcelas. Para a análise dos dados florísticos utilizamos um método que permite que os valores de dissimilaridade composicional continuem aumentando com a distância ecológica mesmo que nenhuma espécie seja compartilhada entre parcelas. Esse método usa a dissimilaridade estendida que é obtida entre duas unidades de amostragem que não compartilham nenhuma espécie (A e B) usando uma unidade de amostragem intermediária (C) como um degrau e calculando a soma das diferenças $A - C$ e $C - B$. Mais de uma unidade de amostragem intermediária pode ser usada, e é representada pela que possui a menor diferença (Zuquim et al. 2012). A análise de coordenadas principais (PCoA) foi aplicada para visualizar as dissimilaridades estendidas florísticas em diagramas de ordenação, para todas as parcelas juntas. Aplicamos os mesmos modelos mistos usados em riqueza de espécies e alfa de Fisher para os dois primeiros eixos da PCoA como variáveis dependentes para testar quão bem os eixos da composição da comunidade podem ser explicados pelas variáveis ambientais.

Na ecologia vegetal os testes de Mantel simples e parcial assumem que o espaço (isto é, as localizações geográficas das parcelas) estruturam as variáveis abióticas, no nosso caso precipitação, variáveis edáficas e pontos de incêndios. A relação entre as variáveis abióticas e a composição da vegetação pode ser direta (causal) ou indireta (espúria) se a vegetação e as variáveis abióticas estiverem correlacionadas no espaço (Powers et al. 2009). Aplicamos então os dois testes de Mantel correlacionando as distâncias geográficas entre as distâncias de composição de espécies e as distâncias geográficas entre as distâncias ambientais que deram correlação com os eixos do PCoA de acordo com os modelos mistos aplicados, afim de avaliar se composição da comunidade varia espacialmente? Há efeitos diretos do espaço nas variáveis abióticas, e essas variáveis abióticas são responsáveis pela variação na composição de espécies depois que os efeitos do espaço são removidos?

Para todos nossos testes estatísticos utilizamos a versão do programa R 3.5.1 e os pacotes adicionais para as análises `glmmADMB` (Fornier et al 2012), `lme4` (Bates et al. 2015), `vegan` (Oksanen et al. 2018).

3. Resultados

Nas 34 parcelas foram amostrados um total de 7007 espécimes e 249 espécies de plantas lenhosas, representadas por 117 gêneros e 43 famílias (Apêndice S5). As famílias mais representativas foram Fabaceae com 40 espécies (15.8 %), Malpighiaceae com 25 espécies (9.

9 %), Myrtaceae com 24 espécies (9.4 %) e Asteraceae com 20 espécies (9.1%). As espécies mais frequentes foram *Davilla elipitica* A.St.-Hil. encontrada em 24 parcelas (70.6 %), *Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc. em 21 parcelas (6.7 %), *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos e *Diospyros lasiocalyx* (Mart.) B.Walln. ambas em 20 parcelas (58.8 %). A frequência das espécies entre as parcelas variou de 2.9 % a 70.6 %. O Parque Estadual Serra Azul (PESA) teve o maior número médio de espécie por parcela com 42 espécies, enquanto o Parque Nacional da Serra do Cipó (PNCI) teve em média 20 espécies por parcela. Dos sete sítios amostrados, o Parque Nacional da Serra do Cipó teve um total de 105 espécie, enquanto o Parque Nacional das Emas (PNE) teve um total de 44 espécies (Tabela 1).

3.1.Fatores edáficos, climáticos e pontos de incêndio.

Os descritores físicos e químicos do solo variaram pouco entre os sete sítios amostrados (Tabela 1 e 2). Os sítios mais arenosos foram a Estação Ecológica de Itirapina (EEI) e o Parque Nacional da Serra do Cipó (PNCI) em média com 86.5 % e 68.7 % de areia, respectivamente. Já os sítios mais argilosos incluíram o Parque Nacional de Brasília (PNB) e o Parque Nacional da Serra da Canastra (PNCA) em média com 64.44% e 62.02% de argila, respectivamente (Tabela 1). O conteúdo de cálcio (Ca) variou em média de 3.7 – 10.1 mmolc/dm³, magnésio (Mg) variou em média de 1.8 – 5.0 mmolc/dm³ e alumínio (Al) variou em média de 7.5 – 17.5 mmolc/dm³ do solo, esses compostos químicos foram os que mais variaram entre os sítios amostrados (Tabela 2).

Tabela 2. Média e desvio padrão dos descritores químicos do solo nos sete sítios amostrados.

| Sítios | Ph (CaCl ₂) | P-resina (mg/dm ³) | K (mmolc/dm ³) | Ca (mmolc/dm ³) | Mg (mmolc/dm ³) | Al (mmolc/dm ³) |
|-------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| EEI | 4.0 ± 0.1 | 3.8 ± 0.8 | 1.7 ± 0.4 | 10.1 ± 1.4 | 5.0 ± 1.2 | 14.9 ± 2.2 |
| PNCA | 4.1 ± 0.1 | 3.8 ± 1.1 | 1.3 ± 0.2 | 5.0 ± 2.5 | 2.4 ± 1.2 | 7.5 ± 1.4 |
| PNB | 3.9 ± 0.1 | 3.8 ± 1.1 | 1.5 ± 0.2 | 8.1 ± 2.1 | 3.7 ± 0.9 | 8.8 ± 0.4 |
| PNE | 3.8 ± 0.1 | 3.0 ± 1.2 | 1.0 ± 0.1 | 3.7 ± 0.5 | 1.8 ± 0.5 | 9.7 ± 0.8 |
| PNCV | 3.8 ± 0.1 | 4.4 ± 2.0 | 1.1 ± 0.2 | 4.1 ± 1.8 | 2.4 ± 1.05 | 10.6 ± 1.0 |
| PNCI | 3.8 ± 0.1 | 2.2 ± 0.4 | 2.5 ± 0.7 | 8.4 ± 3.7 | 3.6 ± 1.3 | 17.5 ± 3.0 |
| PESA | 3.8 ± 0.1 | 3.6 ± 1.3 | 1.8 ± 0.4 | 4.4 ± 1.0 | 2.0 ± 0.5 | 10.8 ± 1.4 |

Para reduzir a dimensionalidade dos nove descritores físicos e químicos do solo aplicamos a técnica de ordenação PCA. Os primeiros três eixos do PCA explicaram aproximadamente 83 % da variação descrita pelas nove variáveis edáficas originais (Tabela 3) enquanto o PC1 e o PC2 juntos explicaram 70% dos descritores. Para saber a representatividade dos eixos escolhidos para as análises subsequentes, observamos os *loadings* (carga relativa observada de cada descritor do solo), no qual os descritores físicos do solo estiveram mais relacionados com

o PC1 (Areia, Argila e Silte), e os descritores químicos do solo com o PC2, sendo seus principais descritores o PH, Mg e Ca (Tabela 4).

Tabela 3. Análise dos componentes principais (PCA) do solo das unidades amostrais.

| | Eixo PC1 | Eixo PC2 | Eixo PC3 |
|-----------------------|----------|----------|----------|
| Desvio padrão | 21.076 | 13.588 | 11.556 |
| Proporção de variação | 0.4935 | 0.2051 | 0.1484 |
| Proporção cumulativa | 0.4935 | 0.6987 | 0.8471 |

Tabela 4. *Loadings* gerados pela análise de componentes principais (PCA) dos descritores edáficos. Eixo PC1 está mais relacionado com descritores físicos do solo, enquanto que o eixo PC2 está mais relacionado com alguns descritores químicos do solo. Em negrito os descritores que mais se correlacionaram com cada eixo do PCA.

| Categoria de descritor do solo | Descritores do solo | Eixo PC1 | Eixo PC2 |
|---------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
| Físico | Argila | -0.436 | 0.238 |
| Físico | Areia | 0.435 | -0.241 |
| Físico | Silte | -0.410 | 0.239 |
| Químico | PH | 0.085 | 0.595 |
| Químico | Ca | 0.347 | 0.424 |
| Químico | Mg | 0.349 | 0.416 |
| Químico | Al | 0.363 | -0.243 |
| Químico | P | -0.040 | -0.187 |
| Químico | K | 0.265 | 0.167 |

Dentre os descritores climáticos, a média da temperatura mínima anual variou de 15 a 19 °C entre sítios, já a média da máxima variou de 26 a 33 °C. Já a precipitação média anual foi de 1000 a 1560 mm entre sítios (Tabela 1).

Nosso descritor de fogo teve muita variação entre as médias anuais ao longo dos dez anos. O Parque Nacional da Serra da Canastra (PNCA) teve a maior média anual de pontos de incêndio com 69.3, já a Estação Ecológica de Itirapina (EEI) teve a menor média anual de pontos de incêndio com 3.5. O Parque Nacional de Brasília (PNB) foi o único que teve pontos de incêndio distribuídos em todos os anos. O ano de 2009 teve a menor soma de pontos de incêndio com 7 e o ano de 2012 a maior soma de pontos de incêndio com 478, sendo que 54.8 % desses pontos de incêndio ocorrerão no Parque Nacional da Serra da Canastra (PNCA) e 38.3 % no Parque Nacional da Serra do Cipó (PNCI) (Tabela 5).

Tabela 5. Pontos de incêndios por ano em cada sítio amostral. Média e desvio padrão ao longo dos 10 anos de amostragem em cada sítio.

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | Média e desvio padrão |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|
| PNE | 36 | 4 | 0 | 96 | 26 | 10 | 9 | 0 | 0 | 19 | 22.1 ± 29.4 |
| EEI | 8 | 0 | 2 | 0 | 3 | 3 | 10 | 22 | 1 | 1 | 3.5 ± 4.8 |
| PNCA | 65 | 2 | 0 | 115 | 0 | 262 | 1 | 0 | 85 | 52 | 69.3 ± 77.5 |
| PNCV | 37 | 0 | 0 | 99 | 3 | 10 | 1 | 0 | 78 | 8 | 21.8 ± 34.3 |
| PNCI | 9 | 0 | 2 | 0 | 22 | 183 | 0 | 64 | 1 | 16 | 29.2 ± 54.3 |
| PESA | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 356 | 0 | 5 | 40.4 ± 100.2 |
| PNB | 18 | 2 | 3 | 110 | 3 | 9 | 4 | 15 | 5 | 15 | 19.2 ± 32.6 |

A correlação entre os pares de preditores está detalhada nos dados suplementares, Apêndice S2, nos quais as correlações foram baixas. Os fatores de inflação da variância (VIF) das nossas variáveis abióticas não mostraram a multicolinearidade (Apêndice S3). Sendo assim, incluímos todas as quatro variáveis abióticas nos mesmos modelos estatísticos para os teste de hipóteses.

3.2. Padrão de distribuição da riqueza de espécies e alpha de Fisher

A riqueza de espécies e o índice de alpha de Fisher não estiveram relacionados com nenhum dos fatores edáficos (PC1 e PC2), climáticos ou pontos de incêndio entre parcelas (Tabela 6, Figura 4 e 5 respectivamente). O eixo PC2 esteve negativamente relacionado com a riqueza de espécies, no entanto, ao excluirmos das análises duas parcelas extremas a esquerda do gradiente edáfico (Figura 4D) não detectamos mais essa relação ($z = 0.98$, $p = 0.32$).

Tabela 6. Relação entre a riqueza de espécies e o índice de alfa de Fisher com os fatores ambientais no cerrado *sensu stricto*. Em negrito estão destacadas as relações encontradas entre a diversidade de espécies de plantas e os descritores ambientais ($p < 0.05$).

| Variável dependente | Fatores ambientais | Estimativa | Desvio Padrão | N | z | p | Gráficos |
|--------------------------|--------------------------|------------|---------------|----|-------|--------------|----------|
| Riqueza de espécie | Precipitação média anual | -1.88 | 3.28 | 34 | -0.57 | 0.565 | Fig. 4A |
| | Pontos de incêndio | 1.29 | 3.61 | 34 | 0.36 | 0.720 | Fig. 4B |
| | PC1 | -5.64 | 3.39 | 34 | -1.66 | 0.097 | Fig. 4C |
| | PC2 | -5.03 | 1.69 | 34 | -2.97 | 0.003 | Fig. 4D |
| Índice de alfa de Fisher | Precipitação média anual | 0.025 | 0.723 | 34 | 0.03 | 0.974 | Fig. 5A |
| | Pontos de incêndio | 0.222 | 0.864 | 34 | 0.26 | 0.798 | Fig. 5B |
| | PC1 | -1.514 | 0.924 | 34 | -1.64 | 0.112 | Fig. 5C |
| | PC2 | -0.628 | 0.708 | 34 | -0.88 | 0.382 | Fig. 5D |

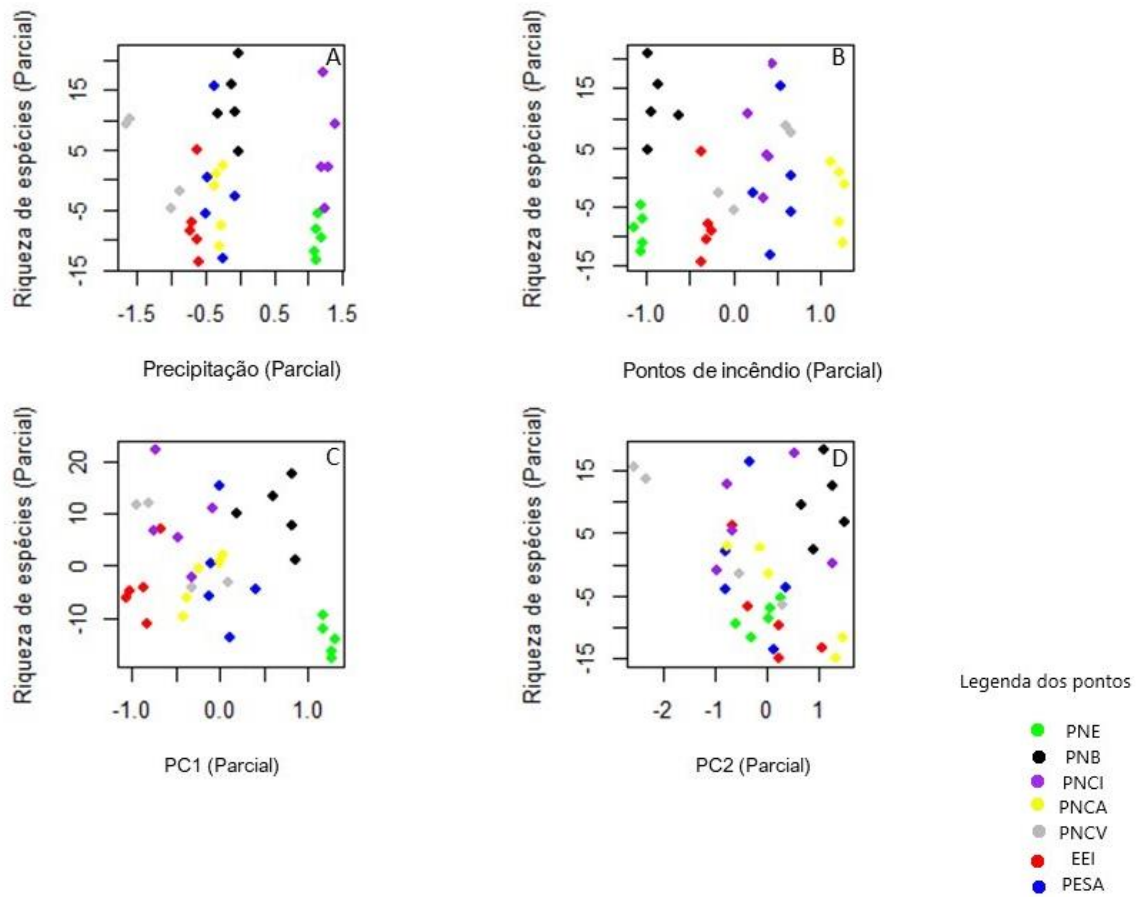


Figura 4. Relação entre a riqueza de espécies e os descritores ambientais. Pontos coloridos com a mesma cor no gráfico refere-se as parcelas amostradas no mesmo sítio

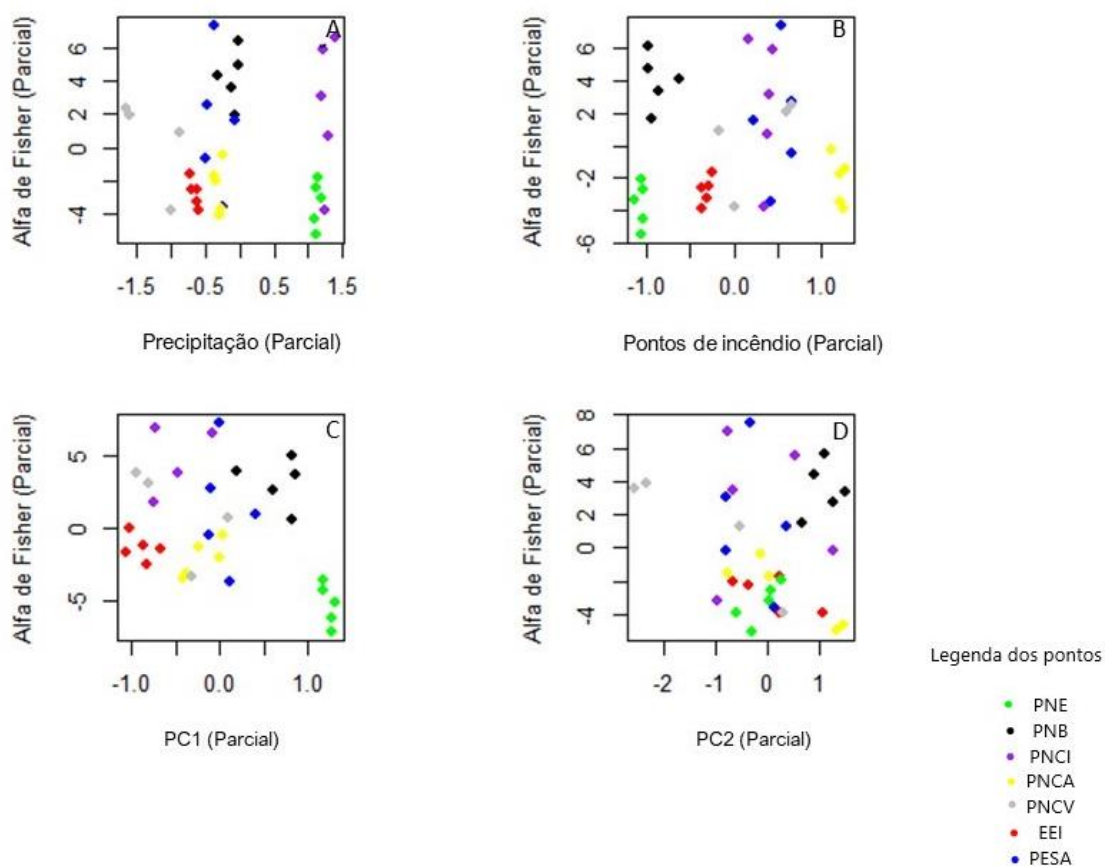


Figura 5. Relação entre o índice de alfa de Fisher e os descritores ambientais. Pontos coloridos com a mesma cor no gráfico refere-se as parcelas amostradas no mesmo sítio.

3.3. Padrão de mudança da composição de espécies.

A composição de espécie esteve relacionada com as variáveis abióticas representadas pelo fogo e precipitação (Tabela 7, Figura 6 e 7). A composição esteve positivamente relacionada com o fogo (Figura 6B), sugerindo que há mudança na composição das espécies de plantas lenhosas ao longo do gradiente de fogo, com espécies mais associadas as parcelas e sítios onde o fogo é mais frequente, e outras associadas a parcelas e sítios onde o fogo é pouco frequente (Figura 8). Em relação a chuva, a composição de espécies foi correlacionada negativa (Figura 7A), sugerindo que a composição de plantas lenhosas muda conforme variações na média da precipitação anual, com espécies associadas as parcelas e sítios com maior precipitação, e outras associadas as parcelas e sítios com baixa precipitação (Figura 9).

Na ordenação direta entre o gradiente de fogo e a composição de espécies (PCoA1), as espécies *Moquiniastrum pulchrum*, *Bauhinia brevipes* e *Annona coriacea* estão associadas a um menor regime de fogo, diferente das espécies *Chromoalema sp1*, *Moquiniastrum densicephalum* e *Plenkia polpunea* associadas a parcelas com alto regime de fogo. Na ordenação direta entre o gradiente de chuvas e a composição de espécies (PCoA2), as espécies

Bauhinia rufa, *Aspidorperma macrocarpon* e *Chameacrista orbiculata* estiveram associadas a baixa precipitação, diferente das espécies *Hyptidendron aspernimu*, *Tachigali aurea* e *Friderica platyphylla* associadas a alta precipitação (Figuras 8 e 9, respectivamente).

Os testes de Mantel simples testando a relação entre o espaço e a precipitação, os pontos de incêndio e a dissimilaridade na composição de espécies evidenciaram a estruturação espacial desses descritores (Tabela 8). Controlando o efeito do espaço, o teste parcial de Mantel revelou que a composição de espécies se manteve relacionada com o gradiente de fogo (Tabela 8).

Tabela 7. Relação entre a composição de espécies representada pelos dois primeiros eixos de ordenação do PCoA e os fatores ambientais no cerrado *sensu stricto*. Em negrito os valores dos descritores ambientais que foram relacionados com o eixo de ordenação ($p < 0,05$).

| Variável dependente | Variância Capturada Pelos eixos de ordenação (%) | Descritores | Estimativa | Desvio Padrão | N | z | p | Gráficos |
|---------------------|--|--------------------------|------------|---------------|----|-------|-----------------|----------|
| Eixo 1 do PCoA | 28,07 | Precipitação média anual | -0.060 | 0.1208 | 34 | -0.50 | 0.617 | Fig. 6A |
| | | Pontos de incêndio | 0.460 | 0.1288 | 34 | 3.58 | <0.01 | Fig. 6B |
| | | PC1 | -0.130 | 0.0942 | 34 | -1.38 | 0.167 | Fig. 6C |
| | | PC2 | -0.023 | 0.0378 | 34 | -0.63 | 0.528 | Fig. 6D |
| Eixo 2 do PCoA | 11,07 | Precipitação média anual | -0.165 | 0.0819 | 34 | -2.01 | 0.044 | Fig. 7A |
| | | Pontos de incêndio | 0.147 | 0.0899 | 34 | 1.64 | 0.100 | Fig. 7B |
| | | PC1 | 0.005 | 0.0834 | 34 | 0.06 | 0.950 | Fig. 7C |
| | | PC2 | -0.008 | 0.0440 | 34 | 0.20 | 0.843 | Fig. 7D |

Tabela 8. Coeficientes de correlação simples de Mantel para associações entre distância geográfica, precipitação, pontos de incêndios e composição de espécies. e correlações parciais de Mantel para associações entre composição de espécies e precipitação e pontos de incêndios, tirando o efeito da distância geográfica. Em negrito os valores de correlação ($p < 0,05$).

| Teste simples de Mantel | | r | p |
|---|--|------|-------|
| Distância geográfica e distância de composição de espécies | | 0.3 | 0.001 |
| Distância geográfica e distância precipitação | | 0.4 | 0.001 |
| Distância geográfica e distância de pontos de incêndio | | 0.1 | 0.021 |
| Teste parcial de Mantel | | r | p |
| Distância precipitação e distância de composição/distância geográfica | | -0.1 | 0.796 |
| Distância pontos de incêndio e distância de composição/distância geográfica | | 0.7 | 0.001 |

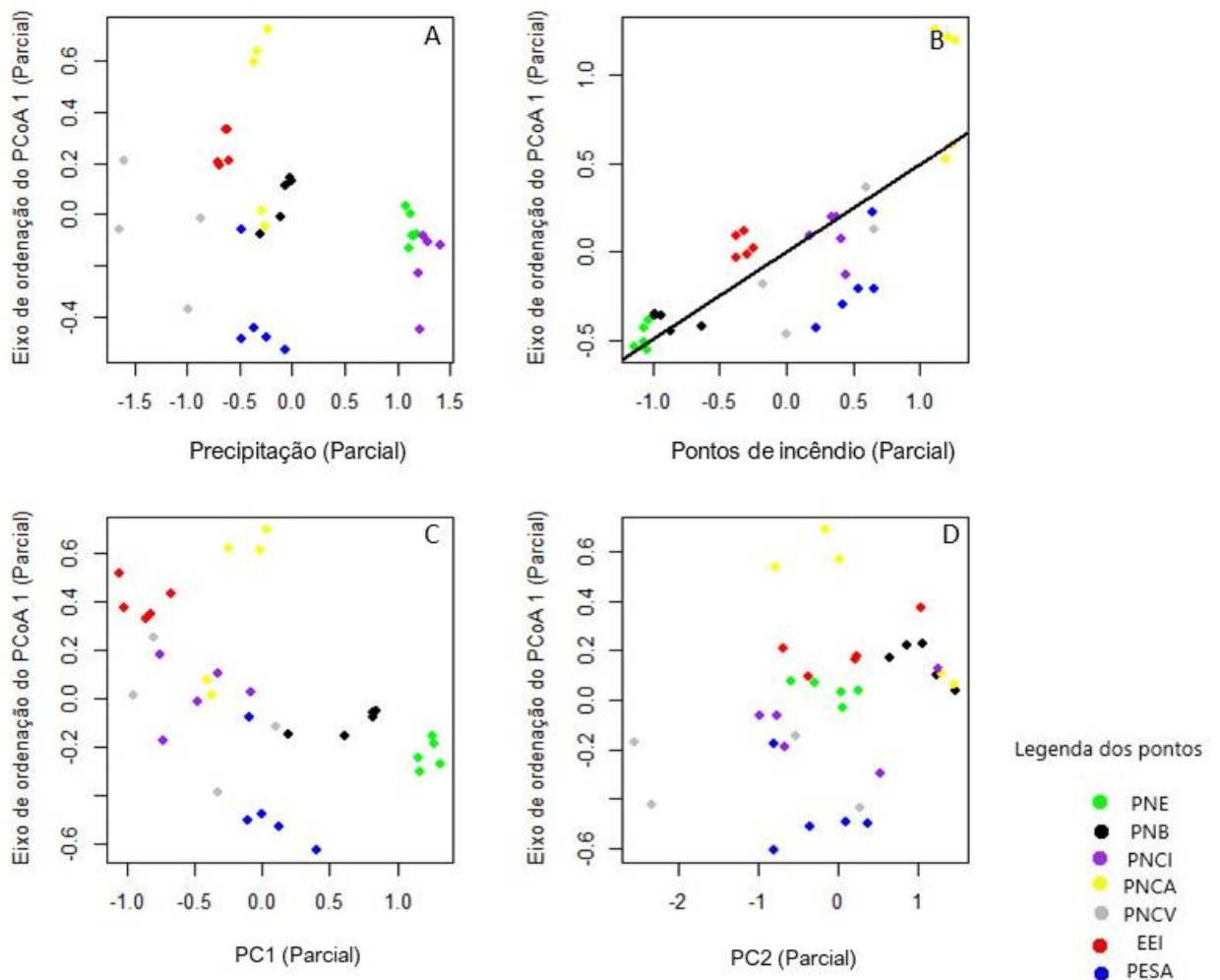


Figura 6. Relação entre a composição de espécie representada pelo primeiro eixo de ordenação do PCoA e os descritores ambientais. Cada cor dos pontos refere a um sítio amostral: Estação Ecológica de Itirapina - SP (EEI), Parque Nacional da Serra do Cipó – MG (PNCI), Parque Nacional da Serra da Canastra – MG (PNCA), Parque Nacional de Brasília – DF (PNB), Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO (PNCV), Parque Nacional das Emas – GO (PNE) e Parque Estadual da Serra Azul - MT (PESA).

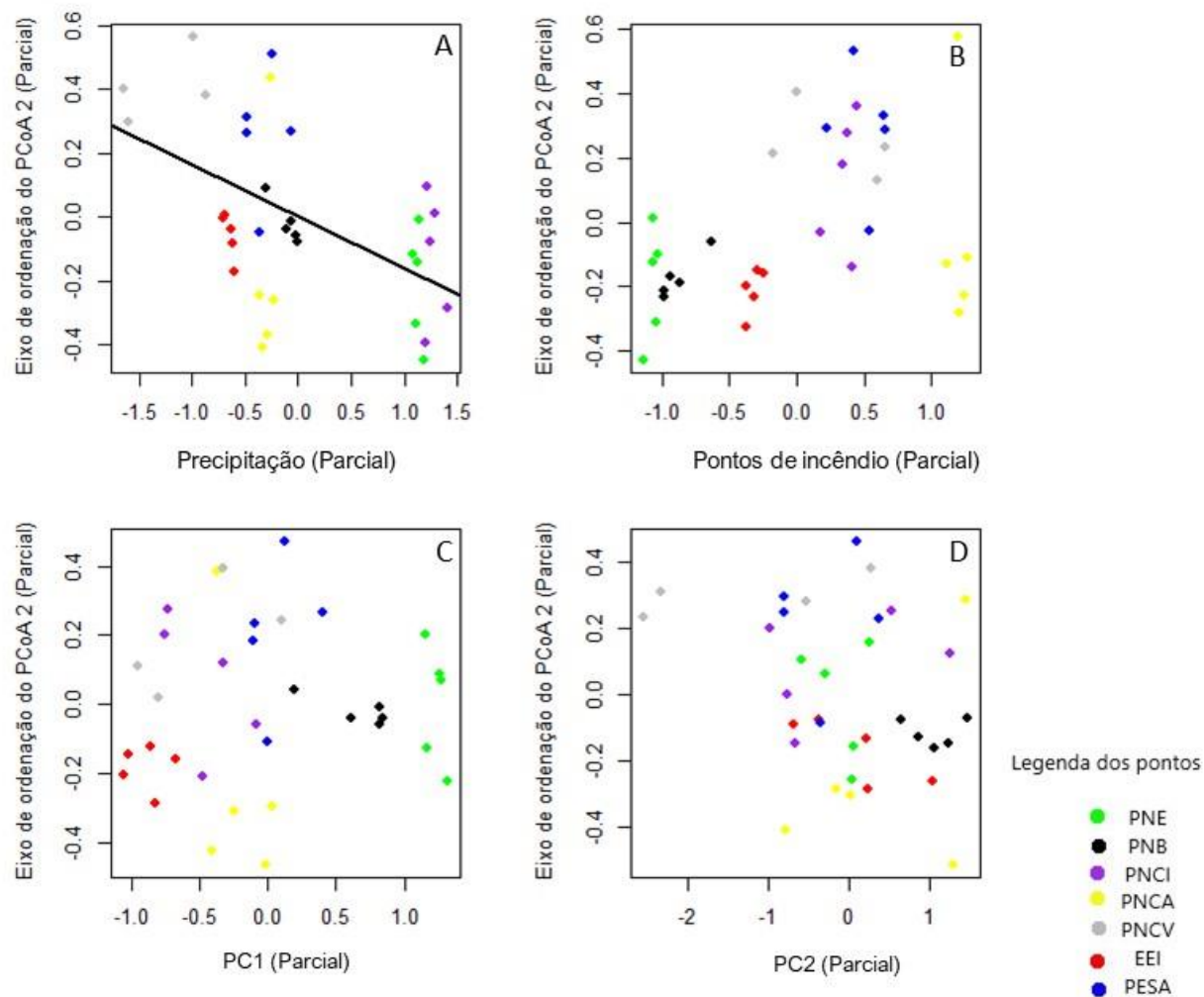


Figura 7. Relação entre a composição de espécie representada pelo segundo eixo de ordenação do PCoA e os descritores ambientais. Cada cor dos pontos refere a um sítio amostral: Estação Ecológica de Itirapina - SP (EEI), Parque Nacional da Serra do Cipó – MG (PNCI), Parque Nacional da Serra da Canastra – MG (PNCA), Parque Nacional de Brasília – DF (PNB), Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO (PNCV), Parque Nacional das Emas – GO (PNE) e Parque Estadual da Serra Azul - MT (PESA).

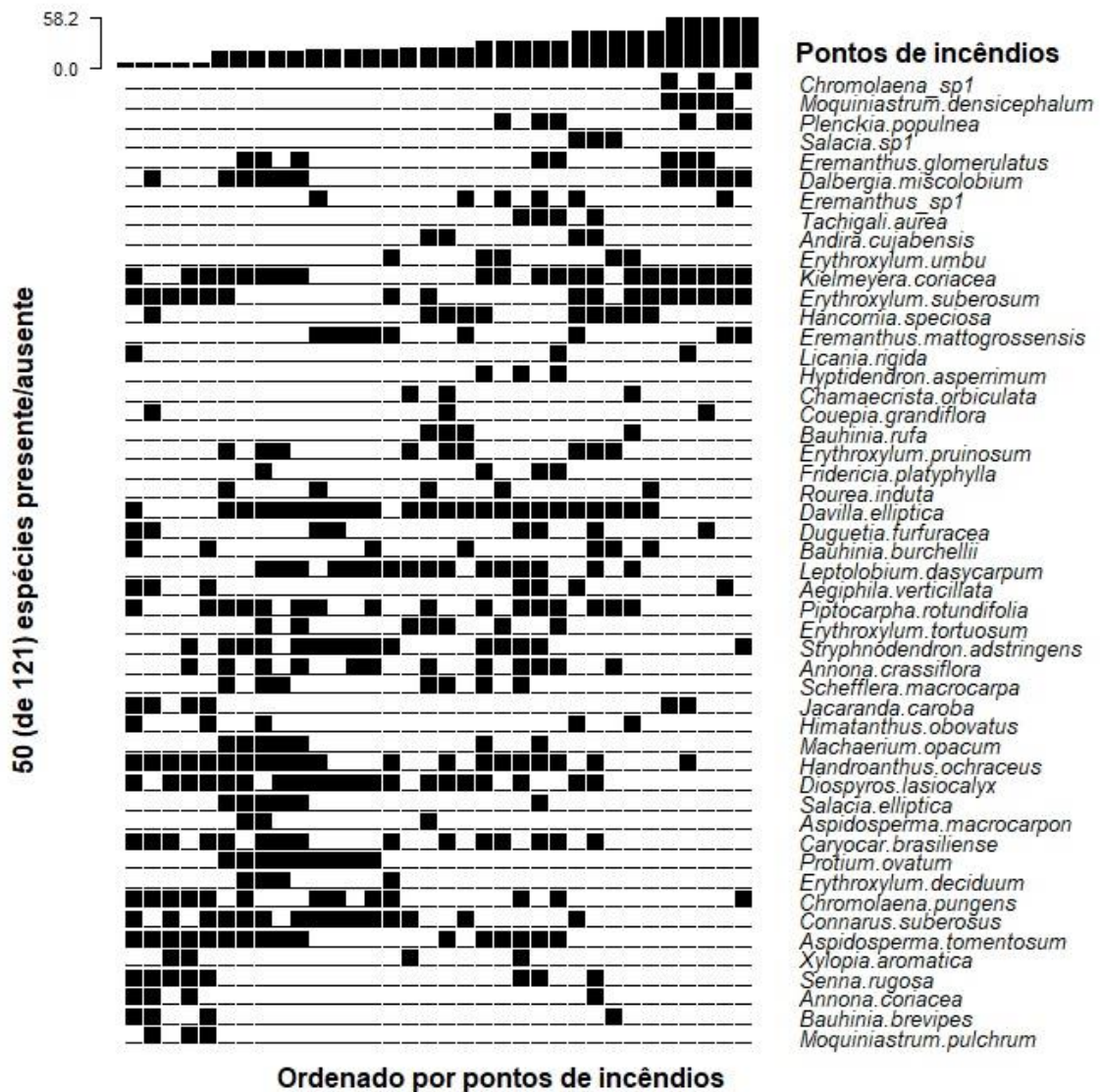


Figura 8. Ocorrências de espécies lenhosas ao longo do gradiente de pontos de incêndios em 34 parcelas distribuídas no cerrado *sensu stricto*. As parcelas são classificadas por ordem crescente da média anual dos pontos de incêndios e as espécies por ordem decrescente da média anual de pontos de incêndios. As 50 espécies apresentadas foram escolhidas aleatoriamente entre as 121 espécies analisadas. Para uma lista completa de espécies, consulte a Tabela S6.

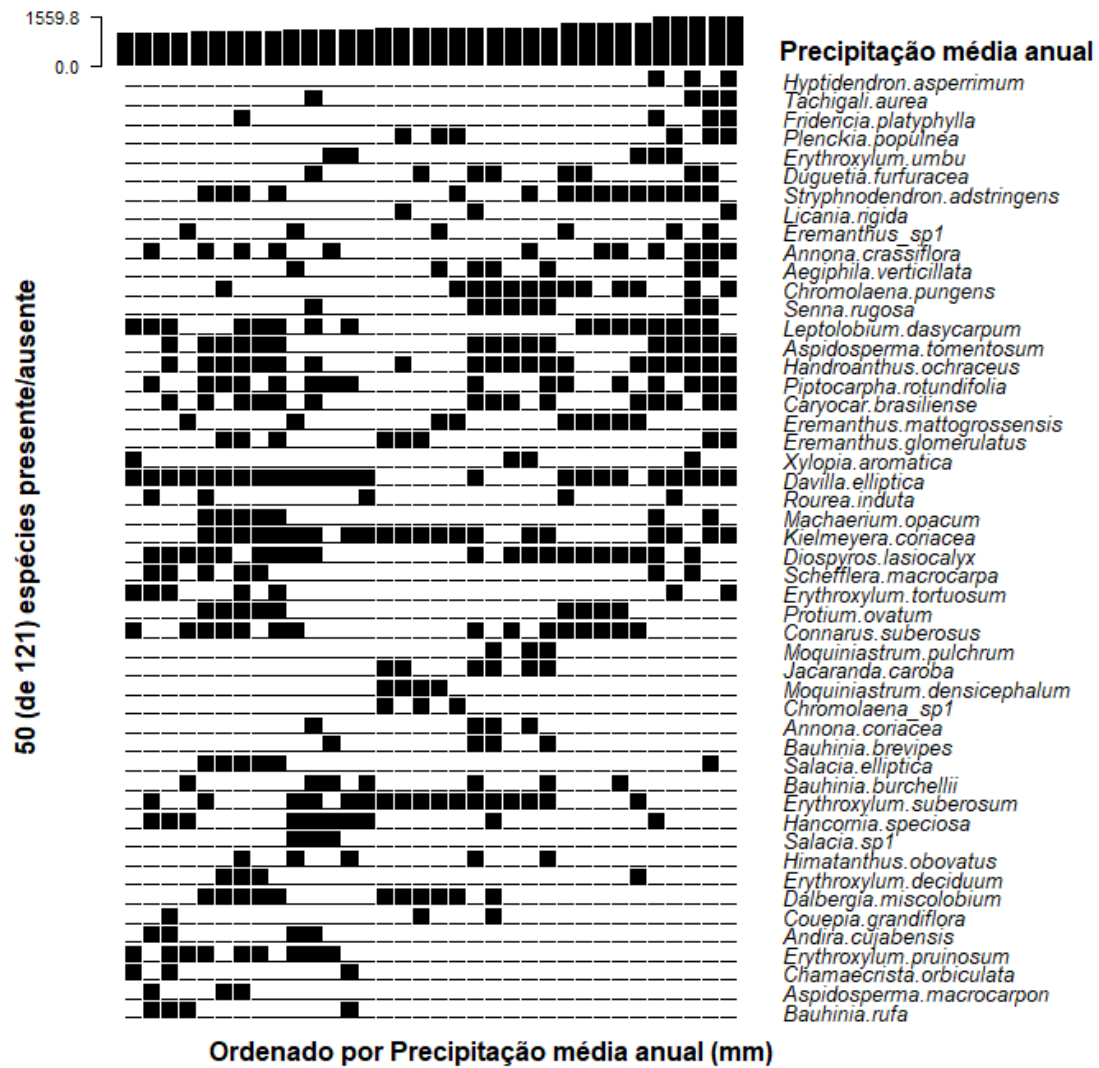


Figura 9. Ocorrências de espécies lenhosas ao longo do gradiente de precipitação em 34 parcelas distribuídas no cerrado *sensu stricto*. As parcelas são classificadas por ordem crescente da média anual de precipitação e as espécies por ordem decrescente da média anual de precipitação. As 50 espécies apresentadas foram escolhidas aleatoriamente entre as 121 espécies analisadas. Para uma lista completa de espécies, consulte a Tabela S6.

4. Discussão

Neste trabalho investigamos a relação entre diferentes gradientes ambientais, riqueza e composição de espécies lenhosas no Cerrado *sensu stricto* em escala regional pouco explorada até aqui na literatura sobre o Cerrado. Embora em nossa escala de amostragem não tenha sido possível identificar fatores preditivos da riqueza de espécies lenhosas, a composição de espécies esteve relacionada com o gradiente de precipitação e frequência dos pontos de incêndio ao longo do Cerrado. Os fatores edáficos (fatores físicos e químicos do solo) não parecem ser determinantes nessa escala, e sua importância relativa pode ser menor dentro dessa fitofisionomia do Cerrado. Embora o fogo, como fonte de distúrbio recorrente no Cerrado, tenha ganho importância maior na literatura explicando grande parte das diferenças na biomassa vegetal entre as fitofisionomias (e.g. Henriques 2005) aqui nós discutimos sua importância na modificação da composição de espécies dentro do Cerrado *sensu stricto*, favorecendo o aumento da diversidade regional entre sítios. Abaixo, discutiremos a importância relativa de fatores ambientais, da distância geográfica, e suas implicações no entendimento da ecologia do Cerrado.

4.1. Diversidade de espécies e os gradientes ambientais

No Cerrado, a distribuição de espécies lenhosas se modifica ao longo do espaço, isto é, ocorre uma mudança na composição de espécie em relação a distância entre os habitats (Durigan et al. 2003). O número de espécies pode ser muito diferente entre parcelas mesmo dentro da mesma fitofisionomia do Cerrado, e essas diferenças podem ser explicadas por variações em gradientes ambientais. Por exemplo, parcelas com maior concentração de alumínio e pH mais baixo tem maior diversidade de espécies lenhosas na savana do estado de Roraima (Miranda et al. 2002). Por outro lado, a distribuição das espécies em determinadas porções do Cerrado responde a disponibilidade hídrica no solo, e em um estudo com espécies arbóreas no estado de São Paulo, solos mais bem drenados e com maior teor de argila tiveram uma maior diversidade de espécies (Assis et al. 2011). De forma complementar, a frequência de fogo e as propriedades químicas do solo (e.g. micronutrientes) têm sido consideradas os principais fatores condicionantes, aumentando a distribuição de riqueza do Cerrado (Durigan 2006).

Nosso trabalho avaliou a distribuição da riqueza de espécies em escala regional mais ampla, abrangendo uma extensão maior do Cerrado do que os trabalhos já publicados anteriormente (e.g. Durigan et al. 2003). Em nossos resultados não detectamos relação entre a riqueza de espécies e os gradientes ambientais, e é possível que outros fatores não considerados estejam estruturando a diversidade de espécies (e.g. disponibilidade hídrica do solo), assim

como processos estocásticos. Uma das previsões mais fortes decorrentes de hipóteses sobre a diversidade local é que a riqueza de espécies está correlacionada com as condições físicas do ambiente (Ricklefs 2005). Quando o ambiente é homogêneo, pode-se esperar que interações biológicas e fatores estocásticos desempenhem um papel maior na determinação de padrões espaciais na distribuição de espécies do que em áreas ambientalmente heterogêneas (Zuquim et al. 2012). Embora nossas áreas não sejam homogêneas ambientalmente, existe uma variação pequena na riqueza de espécies entre parcelas e sítios e isso poderia explicar parcialmente os padrões descritos aqui.

4.2.Principais determinantes da variação da composição de espécies.

Variações nas condições climáticas, altitudes e influências dos tipos vegetacionais que circundam o Cerrado atuam na estruturação da sua composição regional de espécies e aumentam a diversidade de espécies (Ribeiro & Walter 1998; Abreu et al. 2012). No Cerrado, a maioria dos estudos sobre a distribuição das espécies são de comparações entre suas fitofisionomias. Por exemplo, o padrão de mudança na composição de espécie entre o cerrado típico e o cerrado rupestre esteve relacionado com diferenças edáficas, onde o solo do cerrado típico teve maior porcentagem de argila e micronutrientes, diferente do cerrado rochoso com maior porcentagem de areia e maior teor de macronutrientes (Abreu et al, 2012). Nosso estudo em escala regional mais ampla não esteve focado em comparações entre fitofisionomias do Cerrado, e o padrão de variação da composição de espécies dentro do cerrado *sensu stricto* não esteve relacionado com os fatores edáficos não corroborando nossa hipótese inicial.

O clima atua na formação e distribuição das savanas ao redor do mundo, e tradicionalmente os gradientes latitudinais de diversidade estão relacionados com os padrões de precipitação e temperatura (Goedert et al. 2008). Especialmente nas savanas a precipitação pode variar muito ao longo das estações, e o cerrado é caracterizado por invernos secos e verão chuvosos com as chuvas concentradas de outubro a março (Ribeiro & Walter, 1998). Na época de chuva há uma alta produção de biomassa que seca ao longo do inverno e favorece a ocorrência de incêndios (Miranda et al. 2009). Nosso resultado de pontos de incêndio mensal (Apêndice S4) mostra que a maioria desses focos coincide com os meses de baixa concentração de chuva, como descrito anteriormente por Ribeiro & Walter (1998). Nas savanas a composição de espécie se relaciona com a disponibilidade de água no solo, acumulada durante a estação chuvosa, onde a evapotranspiração das plantas é menor. A distribuição espacial e temporal da precipitação é bastante variável (Mystri 2014), podendo determinar a mudança na composição de espécie. Nosso resultado mostrou que escala espacial da precipitação muda a composição de espécies do cerrado *sensu stricto* numa escala regional.

O fogo é um elemento comum nas savanas, especialmente no Cerrado, atuando como uma fonte de distúrbio local, e promovendo mudanças estruturais, alterando a densidade e fisionomia, e também a composição florística da vegetação (Cochrane 2009). Em savanas africanas e australiana muitas espécies dependem do fogo para floração (Cochrane 2009), o que não é diferente para diversas espécies do Cerrado (Munhoz & Felfili 2005). Muitas espécies de plantas parecem ter estruturas que as protegem ou até favorecem sua reprodução após a passagem do fogo, como cascas mais grossas, extensos órgãos subterrâneos como rizomas e xilopódios (Pennington et al. 2000), e deiscência do fruto e a dispersão de sementes (Daibes et al. 2018). Portanto, existem hipóteses adaptativas relacionando os caracteres vegetais das espécies do Cerrado com a dinâmica do fogo, pois a frequência de incêndios pode afetar diretamente o ciclo de crescimento das plantas (Miranda et al. 2009). Portanto, seria esperado que algumas espécies estivessem associadas a regiões com maior frequência de fogo.

Embora a composição florística do cerrado *sensu stricto* seja resiliente as perturbações do fogo, existem mudanças nas espécies dominantes ao longo do tempo (Felfili et al. 2000), e essas mudanças poderiam determinar diferenças entre sítios com intensidades e frequências diferentes de ocorrência do fogo. Esse padrão foi observado em nossos resultados, no qual o gradiente de fogo esteve relacionado com mudanças na composição de espécies. Mais especificamente, algumas espécies (e.g. *Moquiniastrum pulchrum*, *Bauhinia brevipes* e *Annona coriácea*) estiveram associadas ao baixo regime de fogo, enquanto outras espécies estiveram associadas ao alto regime de fogo. Nossos resultados corroboraram com nossa terceira hipótese em que a frequência de pontos de incêndios está associada com mudanças na composição de espécies de plantas lenhosas no cerrado *sensu stricto*.

4.3.Considerações sobre a conservação do Cerrado e perspectivas futuras

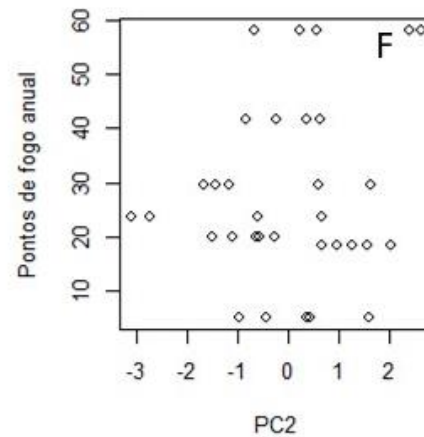
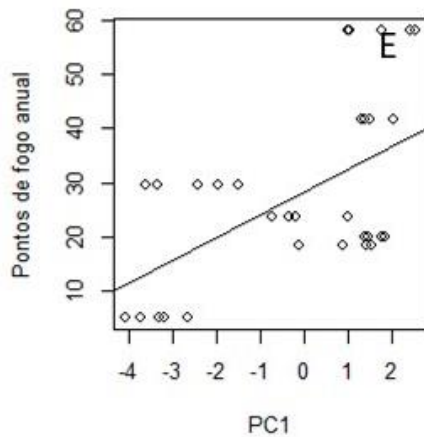
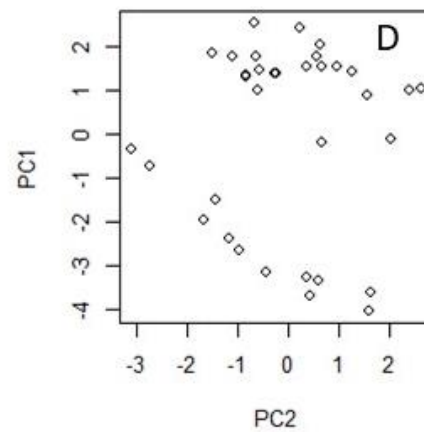
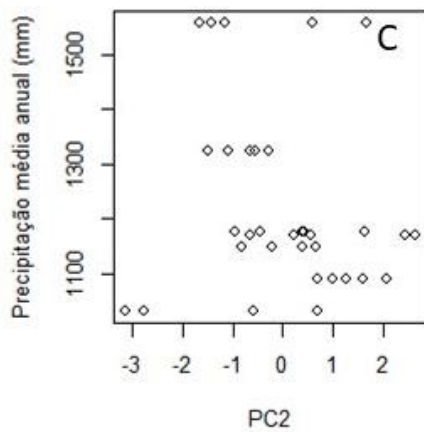
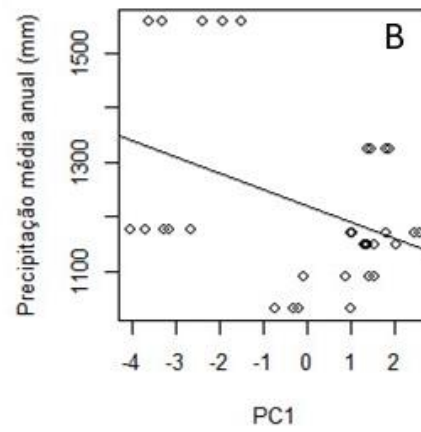
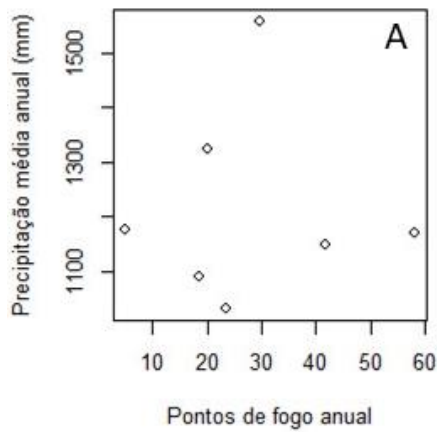
A ocorrência do fogo no Cerrado pode ser causada por fatores naturais (e.g. queda de raios) e/ou de origem antrópica no período mais seco do ano quando existe um acúmulo da biomassa vegetal. Atualmente a frequência do fogo tem se intensificado decorrente da presença de atividades antrópicas próximas as áreas de remanescentes de Cerrado. As queimadas utilizadas nas atividades agrícolas causam perda de nutrientes, compactação e erosão dos solos diminuindo a diversidade de espécies vegetais e animais do Cerrado (Klink & Machado 2005). Nós estudamos o padrão de riqueza e composição de espécies lenhosas no cerrado *sensu stricto*, e acreditamos que o levantamento da diversidade seja um passo importante para a compreensão e conservação desse domínio morfoclimático fortemente associado a ocorrência de incêndios.

Apêndice S1: Tabela com os especialistas botânicos

| Especialista | Instituição filiada | Família Botânica |
|---------------------------------|--|---------------------------|
| Alexandre Zuntini | Universidade Federal de Campinas (UNICAMP) | Bignoniaceae |
| Ana Flávia Alves Versiane | Universidade Federal de Campinas (UNICAMP) | Melastomataceae |
| Ana Laura Scudeler | Universidade Federal de Campinas (UNICAMP) | Apocynaceae |
| Benoît Loeuille | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) | Asteraceae |
| Carla Bruniera | Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) | Rubiaceae |
| Cássio Toledo | Universidade Federal de Campinas (UNICAMP) | Connaraceae |
| Fatima Gonçalves | Universidade Federal Juiz de Fora (UFJF) | Verbenaceae |
| Gustavo Shimizu | Universidade Federal de Campinas (UNICAMP) | Vochysiaceae |
| Heimo Rainer | Universidade de Viena (Austria) | Annonaceae |
| Jenifer de Carvalho Lopes | Universidade de São Paulo (USP) | Annonaceae |
| Juliana Rando | Universidade Federal Oeste da Bahia (UFOB) | Fabaceae |
| Leonardo Borges | Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) | Fabaceae (Mimosoideae) |
| Maria Iracena Bezerra Loiola | Universidade Federal do Ceará (UFC) | Erythroxylaceae |
| Matheus Fortes Santos | Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) | Myrtaceae |
| Matheus Fortes Santos | Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) | Ebenaceae |
| Pedro Fiaschi | Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) | Araliaceae |
| Rafael Almeida | Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) | Malpighiaceae |
| Rafaela Jorge Trad | Universidade Federal de Campinas (UNICAMP) | Calophyllaceae |
| Renato de Melo | Universidade de São Paulo (USP) | Velloziaceae |

Apêndice S2: Matriz de correlações de Pearson entre as variáveis abióticas, indicando o gráfico que representa cada correlação. Os coeficientes de correlação significativos são destacados em negrito ($p \leq 0,05$). Os gráficos em que cada correlação representa estão entre parênteses.

| Fatores abióticos | Precipitação | Pontos de Fogo | PC1 | PC2 |
|-------------------|------------------|-----------------|------------------|------------|
| Precipitação | 1 | 0.01 (A) | -0.38 (B) | -0.15 (C) |
| Pontos de Fogo | 0.01 (A) | 1 | 0.54 (E) | 0.15 (F) |
| PC1 | -0.38 (B) | 0.54 (E) | 1 | <0.001 (D) |
| PC2 | -0.15 (C) | 0.15 (F) | <0.001 (D) | 1 |



Apêndice S3: Fator de inflação de variância das variáveis abióticas que entraram nos modelos. Valores que apresentam colinearidade > 10 (Zuur et al. 2009).

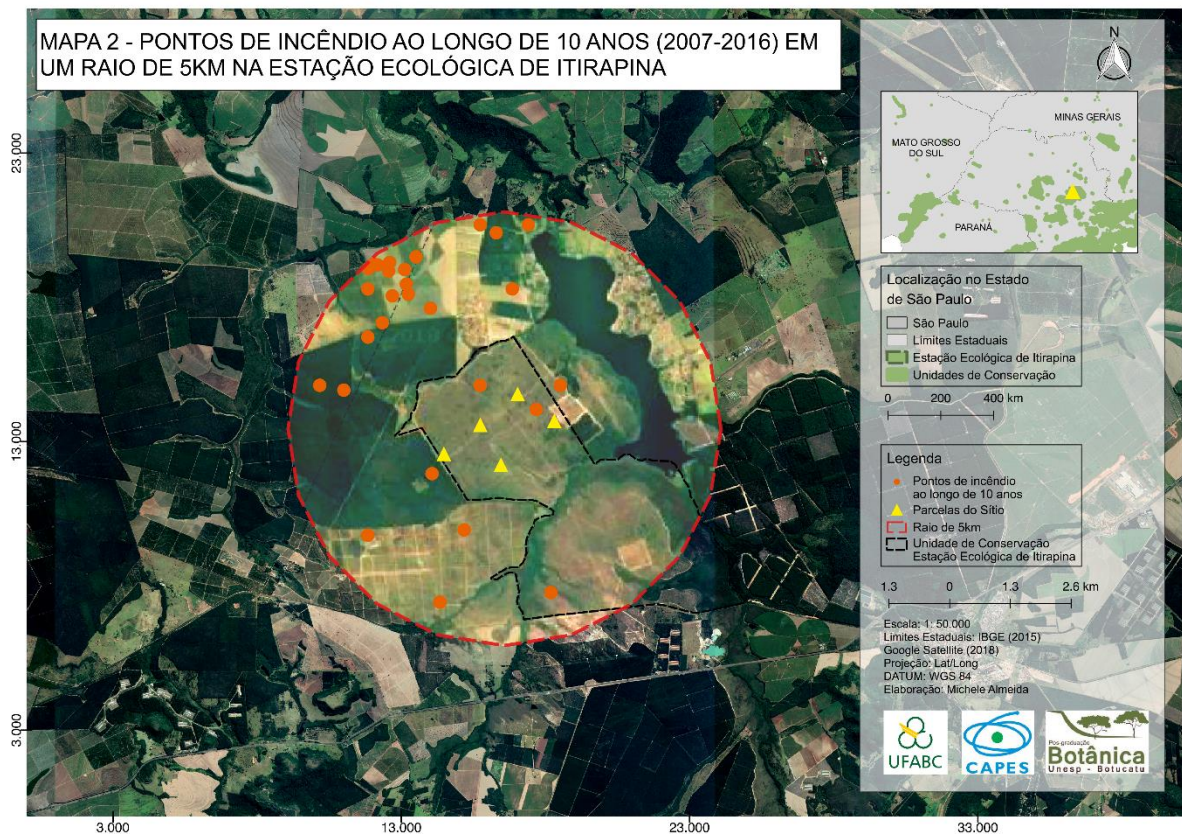
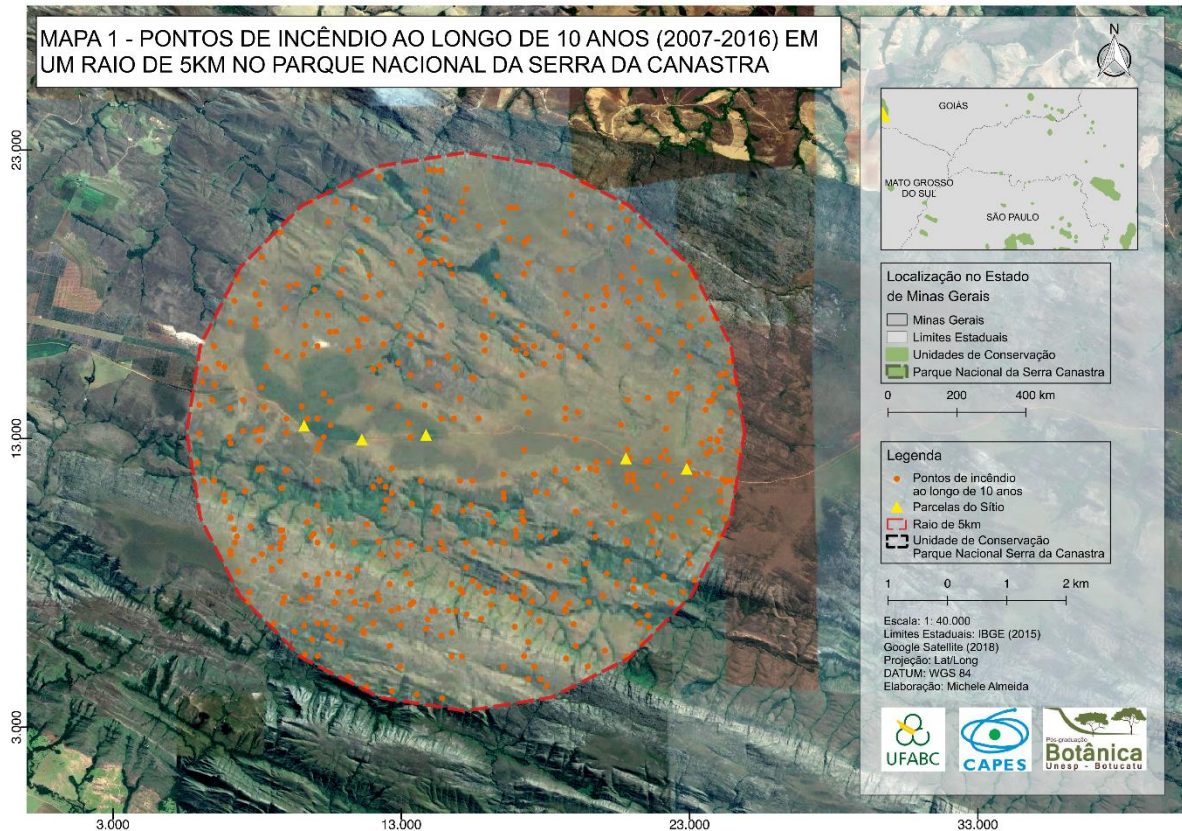
| Fatores | Riqueza de espécies | Alfa de Fisher | Composição Eixo 1 PCoA | Composição Eixo 2 PCoA |
|--------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Precipitação | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Pontos de Incêndio | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| PC1 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.0 |
| PC2 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.0 |

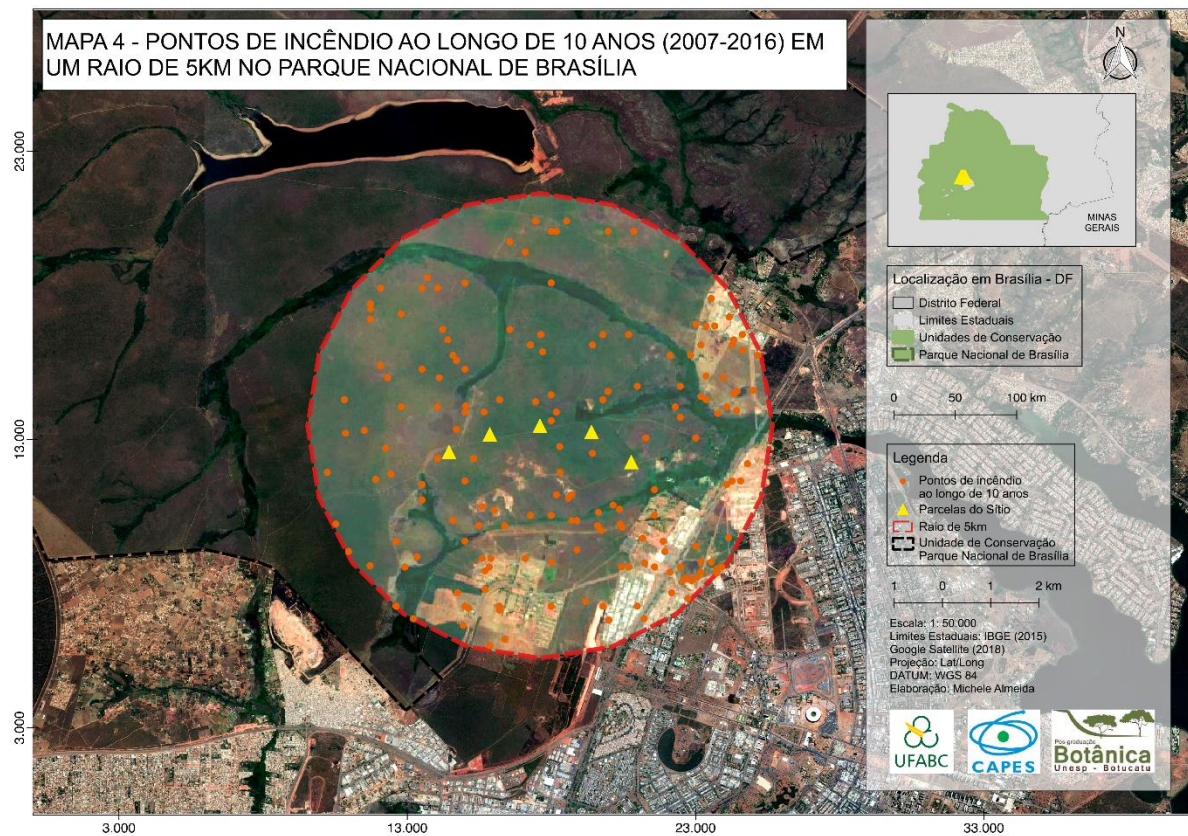
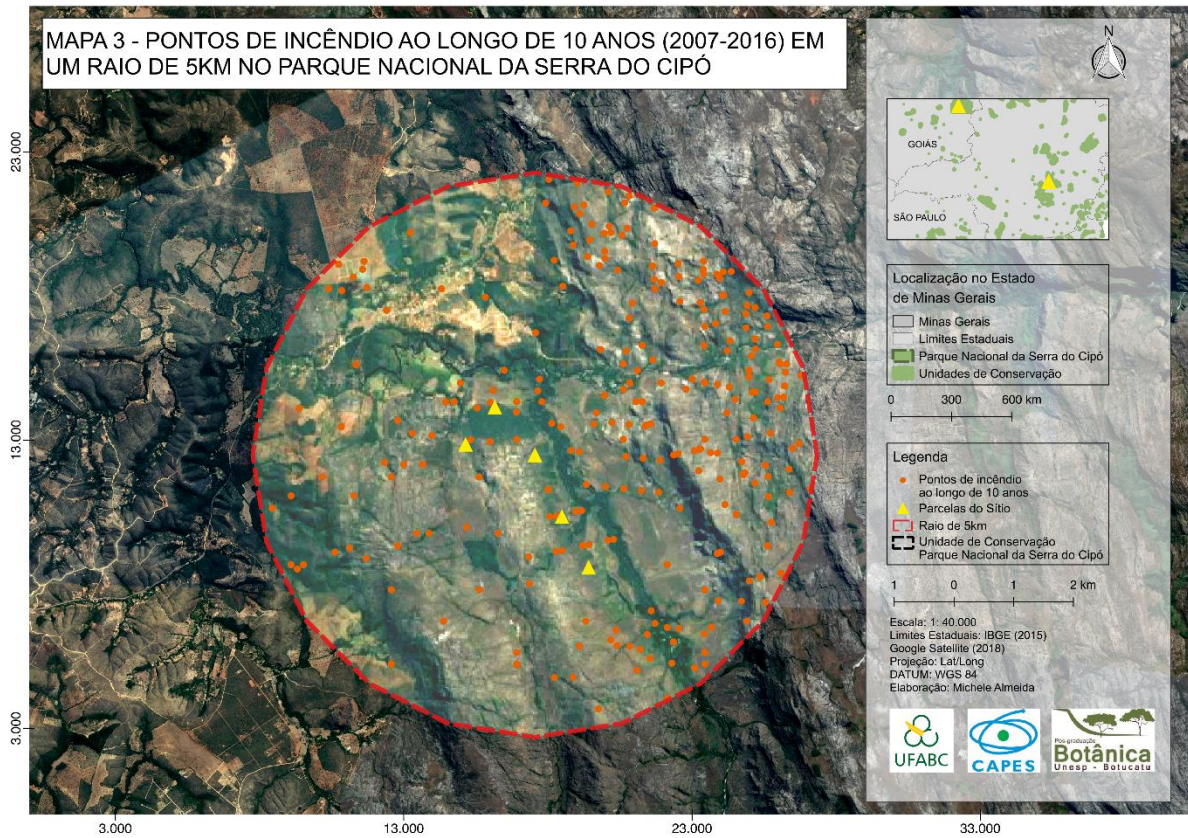
Apêndice S4: Tabela mensal de pontos de incêndio ao longo dos 10 anos de amostragem (2007-2016) em cada unidade de conservação referentes aos sítios amostrais: Estação Ecológica de Itirapina - SP (EEI), Parque Nacional da Serra do Cipó – MG (PNCI), Parque Nacional da Serra da Canastra – MG (PNCA), Parque Nacional de Brasília – DF (PNB), Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO (PNCV), Parque Nacional das Emas – GO (PNE) e Parque Estadual da Serra Azul - MT (PESA).

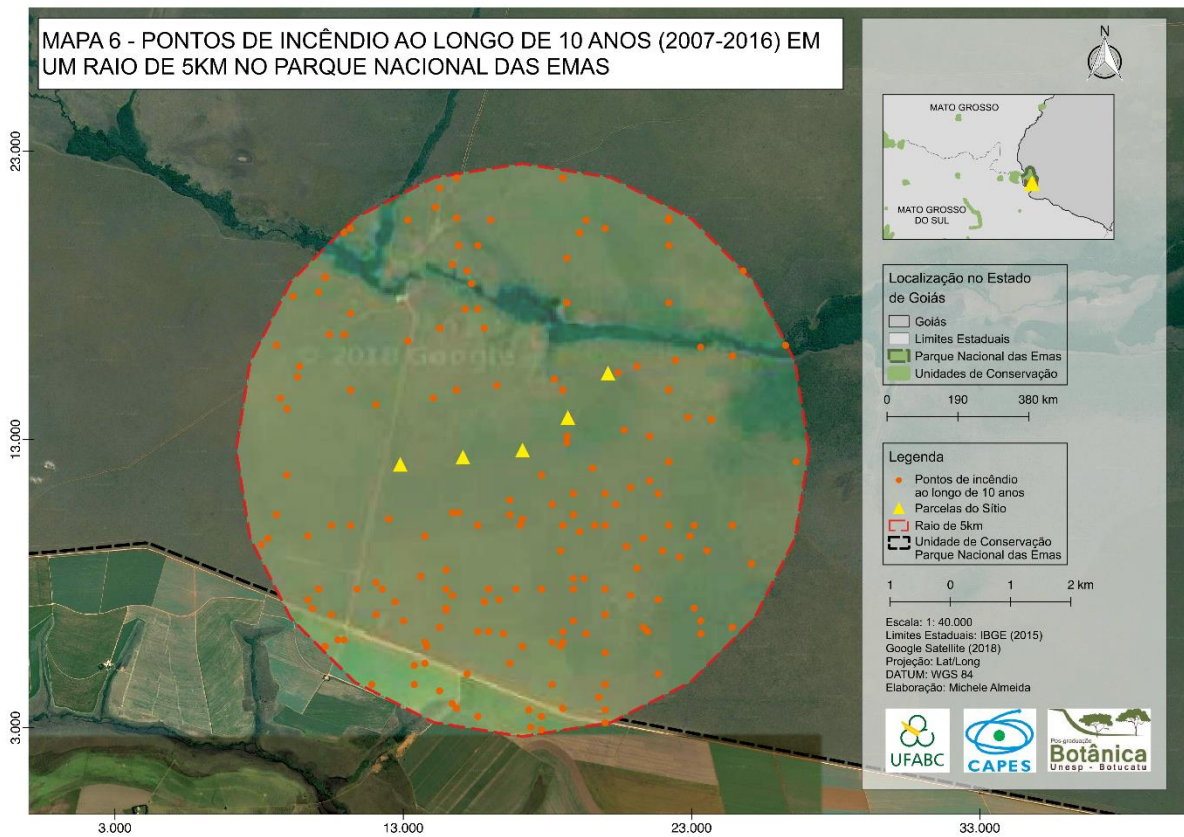
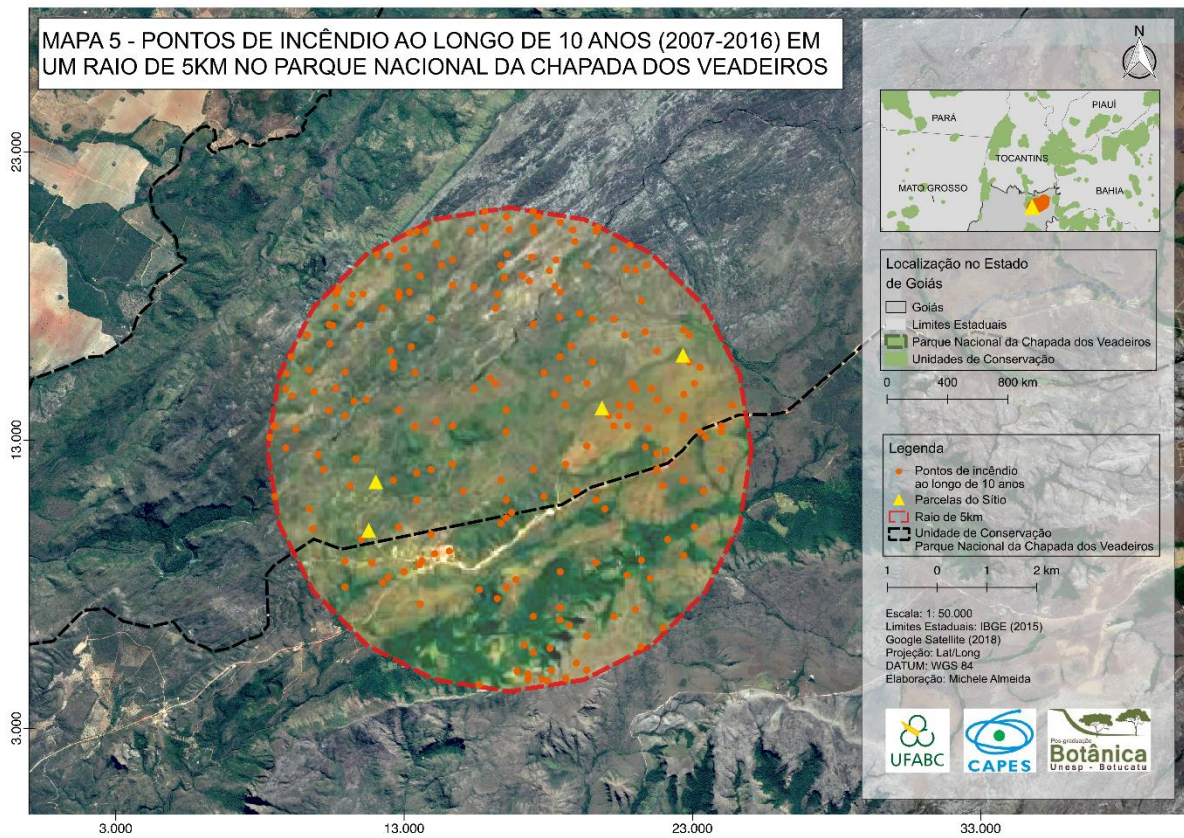
| Ano | Mês | EEI | PESA | PNB | PNCA | PNCI | PNCV | PNE | PNSA |
|-------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 2007 | Maio | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| | Junho | - | 1 | 3 | - | 2 | - | - | - |
| | Julho | 2 | - | 1 | - | 1 | 2 | - | 1 |
| | Agosto | - | - | 10 | - | 6 | 7 | - | - |
| | Setembro | 3 | 55 | 2 | 65 | - | 28 | 36 | - |
| | Outubro | 3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2008 | Julho | - | - | 2 | 1 | - | - | - | - |
| | Setembro | - | - | - | 1 | - | - | - | - |
| | Outubro | - | - | - | - | - | - | 4 | - |
| 2009 | Julho | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Agosto | 1 | - | 2 | - | 1 | - | - | - |
| | Outubro | - | - | 1 | - | 1 | - | - | - |
| 2010 | Junho | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| | Julho | - | - | 3 | 2 | - | - | - | - |
| | Agosto | - | - | 5 | 113 | - | - | 60 | - |
| | Setembro | - | - | 101 | - | - | 99 | 36 | - |
| 2011 | Junho | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Julho | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - |
| | Agosto | - | - | 2 | - | 13 | 3 | 24 | - |
| | Setembro | - | - | - | - | 9 | - | 1 | - |
| | Outubro | - | - | - | - | - | - | 1 | - |
| | Dezembro | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2012 | Junho | - | - | - | - | - | 1 | - | - |
| | Agosto | - | - | 6 | - | - | - | 10 | - |
| | Setembro | 1 | 1 | 3 | 262 | 3 | - | - | - |
| | Outubro | - | - | - | - | 180 | 9 | - | - |
| | Abril | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2013 | Junho | - | - | - | 1 | - | 1 | - | - |
| | Julho | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| | Agosto | - | - | 2 | - | - | - | 9 | - |
| | Novembro | 10 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2014 | Março | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Maio | 5 | - | 1 | - | - | - | - | - |
| | Junho | - | - | 4 | - | - | - | - | - |
| | Julho | 1 | - | 5 | - | - | - | - | - |
| | Agosto | - | 356 | 1 | - | 2 | - | - | - |
| | Setembro | - | - | 4 | - | - | - | - | - |
| | Outubro | 11 | - | - | - | 62 | - | - | - |

| | | | | | | | | | |
|-------------|----------|---|---|---|----|---|----|----|---|
| | Abril | 4 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2015 | Julho | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| | Agosto | - | - | - | - | - | 1 | - | - |
| | Setembro | - | - | 3 | 85 | - | 2 | - | - |
| | Outubro | - | - | 1 | - | 1 | - | - | - |
| | Novembro | 1 | - | - | - | - | 75 | - | - |
| 2016 | Maio | - | - | 4 | - | 7 | 2 | - | - |
| | Junho | - | - | 4 | - | - | - | 3 | - |
| | Julho | 1 | - | 1 | - | - | - | 15 | - |
| | Agosto | - | - | 6 | 48 | 9 | 5 | - | - |
| | Setembro | - | 5 | - | 4 | - | - | - | - |
| | Dezembro | - | - | - | - | - | 1 | 1 | - |

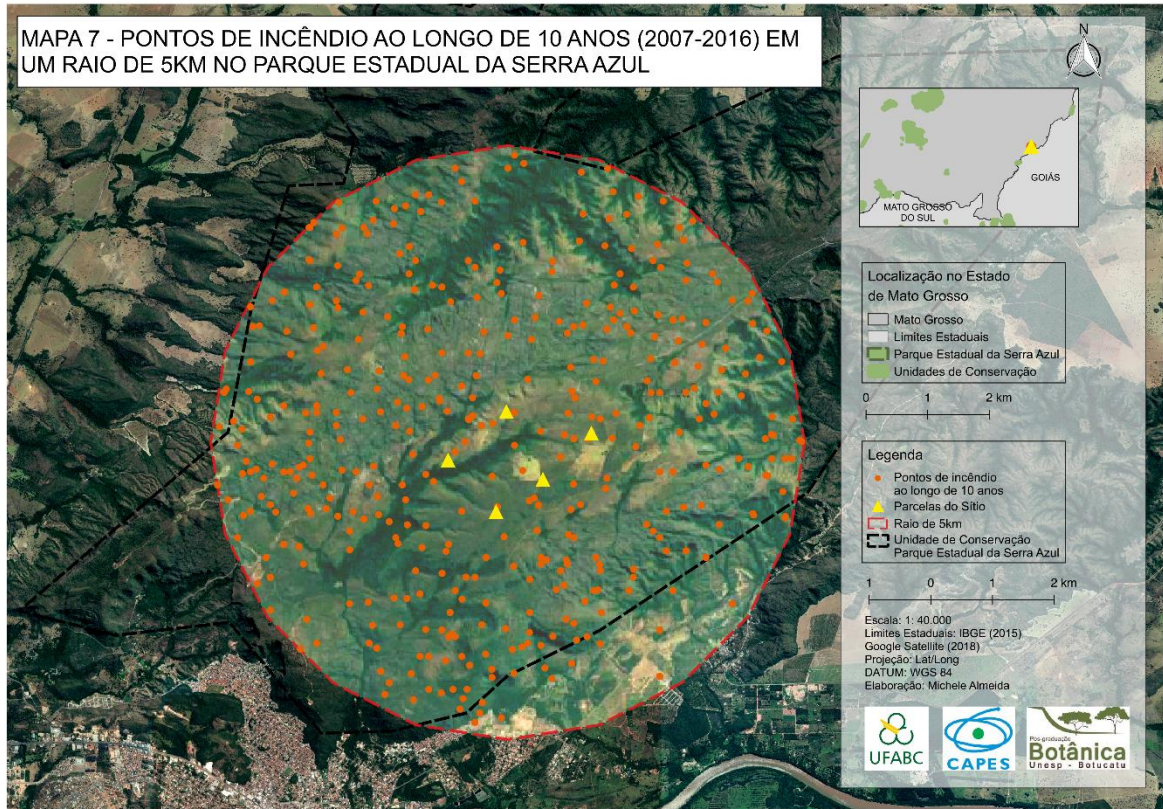
Apêndice S5: Mapa dos sítios amostrais com os pontos de incêndios no entorno de 5 km² das parcelas ao longo dos 10 anos de amostragem.







MAPA 7 - PONTOS DE INCÊNDIO AO LONGO DE 10 ANOS (2007-2016) EM UM RAIO DE 5KM NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA AZUL



Apêndice S6: Lista de espécies encontradas nos sete sítio amostrais referentes as unidades de conservação: Estação Ecológica de Itirapina - SP (EEI), Parque Nacional da Serra do Cipó – MG (PNCI), Parque Nacional da Serra da Canastra – MG (PNCA), Parque Nacional de Brasília – DF (PNB), Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO (PNCV), Parque Nacional das Emas – GO (PNE) e Parque Estadual da Serra Azul - MT (PESA).

| Família | Espécie | Sítio amostral |
|---------------|--|---------------------------------|
| Anacardiaceae | <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. | PNCI |
| Anacardiaceae | <i>Anacardium occidentale</i> L. | PESA, PNB |
| Anacardiaceae | <i>Mangifera indica</i> L. | PNB |
| Annonaceae | <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. | PNCI, EEI, PNCV |
| Annonaceae | <i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hil.) Saff. | PNCI, PNCA, PESA, EEI, PNE |
| Annonaceae | <i>Annona crassiflora</i> Mart. | PNCI, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Annonaceae | <i>Annona tomentosa</i> R.E.Fr. | PESA |
| Annonaceae | <i>Annona coriacea</i> Mart. | EEI, PESA |
| Annonaceae | <i>Duguetia sp2</i> | PNCV |
| Annonaceae | <i>Xylopia frutescens</i> Aubl. | PNCA |
| Annonaceae | <i>Duguetia sp1</i> | PNE |
| Annonaceae | <i>Annona dioica</i> A.St.-Hil | EEI |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma verbascifolium</i> Müll.Arg. | PESA |
| Apocynaceae | <i>Hancornia speciosa</i> Gomes | PNCI, PESA, EEI, PNCV |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc. | PNCI, EEI, PNB, PNCV |
| Apocynaceae | <i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson | PESA, EEI, PNB |
| Apocynaceae | <i>Forsteronia glabrescens</i> Müll.Arg. | EEI |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. & Zucc. | PNB, PNCV |
| Aquifoliaceae | <i>Ilex asperula</i> Reissek | PNCI |
| Aquifoliaceae | <i>Ilex velutina</i> Reissek | PNCA |
| Araliaceae | <i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin | PNCI, PNB, PNCV |
| Araliaceae | <i>Schefflera malmei</i> (Harms) Frodin | PESA |
| Asteraceae | <i>Baccharis sp1</i> | PNCI, PNCA |
| Asteraceae | <i>Gochnatia sp1</i> | EEI |
| Asteraceae | <i>Moquiniastrum densicephalum</i> Cabrera) G. Sancho | PNCA |
| Asteraceae | <i>Moquiniastrum pulchrum</i> (Cabrera) G.Sancho | EEI |
| Asteraceae | <i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker | PNCI, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Asteraceae | <i>Vernonanthura membranacea</i> (Gardner) H.Rob. | EEI |
| Asteraceae | <i>Vernonanthura sp1</i> | PNCI |
| Asteraceae | <i>sp1</i> | EEI |
| Asteraceae | <i>sp2</i> | EEI |
| Asteraceae | <i>sp3</i> | EEI |
| Asteraceae | <i>sp4</i> | PNE |
| Asteraceae | <i>Chromolaena oxylepis</i> (DC.) R.M.King & H.Rob. | EEI |
| Asteraceae | <i>sp5</i> | PNCV |
| Asteraceae | <i>Chromolaena pungens</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob. | PNCI, EEI, PNB, PNE, PNCA |
| Asteraceae | <i>Chromolaena p1</i> | PNCA |
| Asteraceae | <i>Dasyphyllum sprengelianum</i> (Gardner) Cabrera | PNCI, PNCA |
| Asteraceae | <i>Eremanthus glomerulatus</i> Less. | PNCI, PNCA, PNB |
| Asteraceae | <i>Eremanthus goyazensis</i> (Gardner) Sch.Bip. | PNCV |
| Asteraceae | <i>Eremanthus mattogrossensis</i> Kuntze | PNCA, PESA, PNE, PNCV |

| | | |
|------------------|---|--|
| Asteraceae | <i>Eremanthus sp1</i> | PNCI, PNCA, PESA, PNE, PNCV |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos | PNCI, PNCA, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Bignoniaceae | <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore | PNB |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos | PNB |
| Bignoniaceae | <i>Zeyheria montana</i> Mart. | PNB |
| Bignoniaceae | <i>Fridericia platyphylla</i> (Cham.) L.G.Lohmann | PNCI, PNB |
| Bignoniaceae | <i>Cuspidaria sceptrum</i> (Cham.) L.G.Lohmann | PNCI |
| Bignoniaceae | <i>Amphilophium mansoanum</i> (DC.) L.G.Lohmann | EEI |
| Bignoniaceae | <i>sp6</i> | PNE |
| Bignoniaceae | <i>sp7</i> | EEI |
| Bignoniaceae | <i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stellfeld ex de Souza | PNB |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda rufa</i> Silva Manso | PESA |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC. | PNCA, EEI |
| Burseraceae | <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand | PNCI |
| Burseraceae | <i>Protium ovatum</i> Engl. | PNB, PNE |
| Calophyllaceae | <i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc. | PNCI, PNCA, PESA, EEI, PNB |
| Calophyllaceae | <i>Kielmeyera petiolaris</i> Mart. & Zucc. | PNCI |
| Calophyllaceae | <i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess. | PNCI, PESA |
| Caryocaraceae | <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess. | PNCI, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Celastraceae | <i>Monteverdia sp2</i> | PNCA |
| Celastraceae | <i>Plenckia populnea</i> Reissek | PNCI, PNCA |
| Celastraceae | <i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don | PNCV |
| Celastraceae | <i>Monteverdia sp1</i> | PNCA |
| Celastraceae | <i>Salacia elliptica</i> (Mart.) G.Don | PNCI, PNB |
| Celastraceae | <i>Salacia sp1</i> | PESA |
| Celastraceae | <i>Peritassa campestris</i> (Cambess.) A.C.Sm. | EEI |
| Chrysobalanaceae | <i>Licania rigida</i> Benth. | PNCI, PNCA, EEI |
| Chrysobalanaceae | <i>Licania humilis</i> Cham. & Schltldl. | PESA, PNB |
| Chrysobalanaceae | <i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. | PNCA, EEI, PNCV |
| Connaraceae | <i>Rourea induta</i> Planch. | PNCI, PESA, PNB, PNE, PNCV |
| Connaraceae | <i>Connarus suberosus</i> Planch. | PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Dilleniaceae | <i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil. | PNCI, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Dilleniaceae | <i>Curatella americana</i> L. | PNCI, PESA |
| Ebenaceae | <i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B.Walln. | PNCI, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Ebenaceae | <i>Diospyros inconstans</i> Jacq. | PNCI |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil. | PNB, PNE |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum engleri</i> O.E.Schulz | PNCI |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum sp2</i> | PNCV |
| Erythroxylaceae | <i>sp8</i> | PNB |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum pruinatum</i> O.E.Schulz | PESA, PNB, PNCV |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum daphnites</i> Mart. | PNCI |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum sp1</i> | PNCI |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum sp3</i> | PNB |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil. | PNCA, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart. | PNCI, PNB, PNCV |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum umbu</i> Costa-Lima | PNCI |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum vacciniifolium</i> Mart. | PNB |

| | | |
|---------------|---|----------------------------|
| Euphorbiaceae | <i>Microstachys corniculata</i> (Vahl) Griseb. | PNCI |
| Euphorbiaceae | <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. | PNCI |
| Euphorbiaceae | <i>Manihot tripartita</i> (Spreng.) Müll.Arg. | PNCI |
| Fabaceae | <i>Machaerium opacum</i> Vogel | PNCI, PNB |
| Fabaceae | <i>Senna rugosa</i> (G.Don) H.S.Irwin & Barneby | PNCI, PESA, EEI |
| Fabaceae | <i>Leptolobium elegans</i> Vogel | PNCI |
| Fabaceae | <i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel | PNCI, PESA, PNB, PNE, PNCV |
| Fabaceae | <i>Calliandra sp1</i> | PNCI, PNCV |
| Fabaceae | <i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth. | PNCI |
| Fabaceae | <i>Tachigali aurea</i> Tul. | PNCI, PESA |
| Fabaceae | <i>Machaerium sp1</i> | PNCI |
| Fabaceae | <i>sp9</i> | PNCI |
| Fabaceae | <i>Andira cujabensis</i> Benth. | PESA, PNCV |
| Fabaceae | <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. | PNCA, EEI, PNB |
| Fabaceae | <i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud. | PESA, PNCV |
| Fabaceae | <i>Bauhinia burchellii</i> Benth. | PESA, EEI, PNE, PNCV |
| Fabaceae | <i>Senna sp1</i> | PNCV |
| Fabaceae | <i>Bauhinia brevipes</i> Vogel | PESA, EEI |
| Fabaceae | <i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby | PESA, PNCV |
| Fabaceae | <i>sp10</i> | PESA |
| Fabaceae | <i>Mimosa setosa</i> Benth. | PESA |
| Fabaceae | <i>Mimosa clausenii</i> Benth. | PESA, PNB, PNCV |
| Fabaceae | <i>Chamaecrista sp2</i> | PESA |
| Fabaceae | <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. | PESA |
| Fabaceae | <i>Tachigali subvelutina</i> (Benth.) Oliveira-Filho | PNCV |
| Fabaceae | <i>Chamaecrista sp1</i> | PNCV |
| Fabaceae | <i>Anaderanthara sp1</i> | PNE |
| Fabaceae | <i>Pterodon emarginatus</i> Vogel | PNCV |
| Fabaceae | <i>sp11</i> | PNE |
| Fabaceae | <i>sp12</i> | PNE |
| Fabaceae | <i>Dalbergia sp2</i> | PNE |
| Fabaceae | <i>Senna sp1</i> | PNE |
| Fabaceae | <i>Hymenaea courbaril</i> L. | PNB |
| Fabaceae | <i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub. | PNCA, PNCV |
| Fabaceae | <i>sp13</i> | PNCV |
| Fabaceae | <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr. | PNCI, PNCV |
| Fabaceae | <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. | PNCI |
| Fabaceae | <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne | PNCI, PESA, PNB, PNCV |
| Fabaceae | <i>Chamaecrista sp3</i> | PNB |
| Fabaceae | <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke | PESA |
| Fabaceae | <i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville | PNCI, PNCA, EEI, PNB, PNE |
| Fabaceae | <i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart. | PESA |
| Fabaceae | <i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth. | EEI |
| Lamiaceae | <i>Aegiphila verticillata</i> Vell. | PNCI, PNCA, EEI, PESA |
| Lamiaceae | <i>Hyptenia brachystachys</i> (Pohl ex Benth.) Harley | PNCV |
| Lamiaceae | <i>sp14</i> | PNCI |
| Lamiaceae | <i>Hyptidendron asperrimum</i> (Spreng.) Harley | PNCI |
| Lamiaceae | <i>Hyptis villosa</i> Pohl ex Benth. | PNB |

| | | |
|-----------------|---|---------------------------------------|
| Lauraceae | <i>Cinnamomum hatschbachii</i> Vattimo-Gil | PNCA |
| Lauraceae | <i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez | PNCA |
| Lauraceae | <i>Nectandra sp1</i> | PNCV |
| Lythraceae | <i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil. | PNCI, PESA, PNB, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Banisteriopsis anisandra</i> (A.Juss.) B.Gates | PNCI, PESA, PNB, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima gardneriana</i> A.Juss. | PNCI |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss. | PNCI, EEI |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss. | PESA, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima vacciniifolia</i> A.Juss. | PNCI, PNB, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima sp1</i> | PNB |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC. | PNCI, PNCA, PESA, PNB, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss. | PESA |
| Malpighiaceae | <i>Heteropterys eglandulosa</i> A. Juss. | PNCI |
| Malpighiaceae | <i>Heteropterys escalloniifolia</i> A. Juss. | PNCA, PNB, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Heteropterys umbellata</i> A.Juss. | PNCA |
| Malpighiaceae | <i>Banisteriopsis hirsuta</i> B.Gates | PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Peixotoa goiana</i> C.E.Anderson | PNB, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Peixotoa hatschbachii</i> C.E.Anderson | PNB, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Peixotoa reticulata</i> Griseb. | PNE |
| Malpighiaceae | <i>Tetrapteryx microphylla</i> (A.Juss.) Nied. | PNCI, PNCA |
| Malpighiaceae | <i>Heteropterys campestris</i> A.Juss. | PESA |
| Malpighiaceae | <i>Banisteriopsis latifolia</i> (A.Juss.) B.Gates | PNB, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Banisteriopsis malifolia</i> (Nees & Mart.) B.Gates | PNCI, PESA, EEI, PNB, PNE |
| Malpighiaceae | <i>Banisteriopsis nummifera</i> (A.Juss.) B.Gates | PNCI, PESA, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb.) B.Gates | EEI, PNB |
| Malpighiaceae | <i>Banisteriopsis variabilis</i> B.Gates | PESA, EEI, PNE, PNB |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima affinis</i> W.R.Anderson | PESA |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth | PESA, EEI, PNB |
| Malvaceae | <i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns | PESA, EEI, PNE, PNCV |
| Malvaceae | <i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl. | PNB |
| Melastomataceae | <i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC. | PNCI, PNCA |
| Melastomataceae | <i>Miconia irwinii</i> Wurdack | PNB |
| Melastomataceae | <i>sp15</i> | PNB |
| Melastomataceae | <i>Miconia ferruginata</i> DC. | PNCV |
| Melastomataceae | <i>Miconia alborufescens</i> Naudin | PNCV |
| Melastomataceae | <i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin | PNCA |
| Melastomataceae | <i>Miconia pepericarpa</i> DC. | PNCA |
| Melastomataceae | <i>Miconia sellowiana</i> Naudin | PNCA |
| Melastomataceae | <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana | PNCI, PNCA, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Melastomataceae | <i>Leandra lacunosa</i> Cogn. | PNCA |
| Melastomataceae | <i>Miconia fallax</i> DC. | EEI, PNB, PNE |
| Melastomataceae | <i>Miconia stenostachya</i> DC. | PNCI, PNCA, PNE |
| Melastomataceae | <i>Stenodon suberosus</i> Naudin | PNCV |
| Meliaceae | <i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart. | PNCA |
| Moraceae | <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul | PNCI, PESA, PNB |
| Myrtaceae | <i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg | PNB |
| Myrtaceae | <i>Campomanesia sp1</i> | PNCV |

| | | |
|---------------|---|----------------------------------|
| Myrtaceae | <i>Myrcia lasiantha</i> DC. | PNCI |
| Myrtaceae | <i>Myrcia lanuginosa</i> O.Berg | PESA, PNCV |
| Myrtaceae | <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. | PNCA, PNB |
| Myrtaceae | <i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC. | PNCI |
| Myrtaceae | <i>Myrcia vestita</i> DC. | PNCA, PNB |
| Myrtaceae | <i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC. | PNCI, EEI, PNCV |
| Myrtaceae | <i>Myrcia cf pulchra</i> (O.Berg) Kiaersk. | PNCV |
| Myrtaceae | <i>Psidium laruotteanum</i> Cambess. | PESA, EEI, PNB, PNE |
| Myrtaceae | <i>Psidium grandifolium</i> Mart. ex DC. | EEI |
| Myrtaceae | <i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O.Berg | PNCI, PNB, PNE |
| Myrtaceae | <i>Psidium myrsinites</i> DC. | PNB, PNCV |
| Myrtaceae | <i>Myrcia sp1</i> | PESA, PNCV |
| Myrtaceae | <i>Myrcia sp2</i> | EEI |
| Myrtaceae | <i>Myrcia sp3</i> | PESA |
| Myrtaceae | <i>Myrcia bella</i> Cambess. | EEI |
| Myrtaceae | <i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O.Berg | EEI, PNB, PNCV |
| Myrtaceae | <i>Myrcia sp4</i> | PNCA, PNCI |
| Myrtaceae | <i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg | PNCA, PNB |
| Myrtaceae | <i>Eugenia cf bimarginata</i> DC. | EEI |
| Myrtaceae | <i>Eugenia aurata</i> O.Berg | PNCI, PESA, EEI, PNE |
| Myrtaceae | <i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC. | PNCI, PNCA, EEI |
| Myrtaceae | <i>Eugenia cf pyriformis</i> Cambess. | EEI |
| Nyctaginaceae | <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell | PNCI, PNCA, PESA, PNB, PNCV |
| Nyctaginaceae | <i>Guapira campestris</i> (Netto) Lundell | PNCA |
| Nyctaginaceae | <i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz | PNCI, PNCV |
| Nyctaginaceae | <i>Neea theifera</i> Oerst. | PNCI |
| Ochnaceae | <i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl. | PNCA, PESA, EEI, PNE, PNCV |
| Ochnaceae | <i>Ouratea semiserrata</i> (Mart. & Nees) Engl. | PNCI |
| Ochnaceae | <i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill. | PESA, PNB, PNE, PNCV |
| Opiliaceae | <i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f. | PNCI |
| Polygonaceae | <i>Coccoloba sp1</i> | PESA, PNE |
| Primulaceae | <i>Myrsine sp1</i> | PNCA |
| Primulaceae | <i>Myrsine monticola</i> Mart. | PNCI |
| Primulaceae | <i>Myrsine umbellata</i> Mart. | PNCI, EEI, PNB |
| Proteaceae | <i>Roupala montana</i> Aubl. | PNCI, PNCA, PESA, PNB, PNE, PNCV |
| Malpighiaceae | <i>Tetrapteryx ramiflora</i> A.Juss. | PESA |
| Rubiaceae | <i>Cordia cf sessilis</i> (Vell.) Kuntze | PNCI, PNCA |
| Rubiaceae | <i>Palicourea rigida</i> Kunth | PNCI, EEI, PNCV |
| Rubiaceae | <i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth. | PNCI |
| Rubiaceae | <i>Sabicea brasiliensis</i> Wernham | PNCI |
| Rubiaceae | <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schldl.) K.Schum. | EEI |
| Salicaceae | <i>Casearia sylvestris</i> Sw. | PNCI, PESA, EET, PNB, PNE, PNCV |
| Sapindaceae | <i>Cupania platycarpa</i> Radlk. | PNCI |
| Sapindaceae | <i>Serjania obtusidentata</i> Radlk. | PNCI, EEI |
| Sipuranaceae | <i>Siparuna guianensis</i> Aubl. | PNCI, PNB |
| Sapotaceae | <i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk. | PNCI, EEI, PNB, PNE |
| Sapotaceae | <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | PNCI, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Solanaceae | <i>Solanum subumbellatum</i> Vell. | PNCV |

| | | |
|--------------|---|---------------------------------|
| Styraceae | <i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart. | EEI |
| Styraceae | <i>Styrax camporum</i> Pohl | PNB |
| Symplocaceae | <i>Symplocos oblongifolia</i> Casar. | PNCA |
| Symplocaceae | <i>Symplocos cf pubescens</i> Klotzsch ex Benth. | PNCI |
| Symplocaceae | <i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth. | PNCI, PESA |
| Verbenaceae | <i>Stachytarpheta longispicata</i> (Pohl) S. Atkins | PNCA |
| Verbenaceae | <i>Lippia lacunosa</i> Mart. & Schauer | PNB |
| Verbenaceae | <i>Lippia organoides</i> Kunth | EEI |
| Vochysiaceae | <i>Qualea cordata</i> Spreng. | PNCI, PNCA |
| Vochysiaceae | <i>Qualea parviflora</i> Mart. | PNCI, PESA, PNB, PNCV |
| Vochysiaceae | <i>Callisthene major</i> Mart. | PNCV |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl | PNCA, EEI |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia herbacea</i> Pohl | PESA, PNB, PNCV |
| Vochysiaceae | <i>Qualea grandiflora</i> Mart. | PNCI, PESA, EEI, PNB, PNE, PNCV |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia rufa</i> Mart. | PNCI |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia elliptica</i> Mart. | PNCV, PNCI |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia cf tucanorum</i> Mart. | PNCV |
| Vochysiaceae | <i>Qualea multiflora</i> Mart. | PNCI, PESA, PNB, PNCV |

Referências

- Abreu, M.F., Pinto, J.R.R., Maracahipes, L., Gomes, L., Oliveira, E.A.D.E., Marimon, B.S., Marimon Junior, B.H., Farias, J.D.E., Lenza, E., Roberto, J., Pinto, R., Maracahipes, L., Gomes, L., Oliveira, E.A.D.E., Marimon, B.S., Hur, B.E.N., Junior, M., Farias, J.D.E., & Lenza, E. 2012. 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* 35: 259–272.
- Assis, A.C.C., Coelho, R.M., Pinheiro, E.S., & Durigan, G. 2011. Water availability determines physiognomic gradient in an area of low-fertility soils under Cerrado vegetation. *Plant Ecology* 212: 1135–1147.
- Chesson, P. 2000. of S Pecies D Iversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31: 343–66.
- Cochrane, M.A. 2009. *Tropical Fire Ecology: Climate Changes, Land use, and Ecosystem Dynamics* (J. Mason, Ed.). Praxis Publishing LTD.
- Daibes, L.F., Gorgone-Barbosa, E., Silveira, F.A.O., & Fidelis, A. 2018. Gaps critical for the survival of exposed seeds during Cerrado fire. *Australian Journal of Botany* 66: 116–123.
- Durigan, G. 2006. Observations on the Southern Cerrados and their Relationship with the Core Area. In Pennington, R.T., Lewis, G.P., & Ratter, J.A.. (eds.), *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests*, pp. 67–77. New York.
- Durigan, G., De Siqueira, M.F., Franco, G.A.D.C., Bridgewater, S., & Ratter, J.A.. 2003. The Vegetation of Priority Areas for Cerrado Conservation in São Paulo State, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 60: 217–241.
- Felfili, J.M., Carvalho, F.A., & Haidar, R.F. 2005. Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal. *Universidade de Brasília Departamento de Engenharia Florestal*
- Felfili, J.M., & Fagg, C.W. 2007. Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 375–385.
- Felfili, M.C., & Felfili, J.M. 2001. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu strictu da Chapada Pratinha, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 15: 243–254.
- Felfili, J.M., Rezende, A.V., Silva Jr, M.C. da, & Silva, M.A. 2000. Changes in the floristic composition of cerrado sensu stricto in Brazil over a nine-year period. *Journal of Tropical Ecology* 16: 579–590.
- Figueiredo, F.O.G., Zuquim, G., Tuomisto, H., Moulatlet, G.M., Balslev, H., & Costa, F.R.C. 2018. Beyond climate control on species range: The importance of soil data to predict distribution of Amazonian plant species. *Journal of Biogeography* 45: 190–200.
- Fisher, R.A., Corbet, A.S., & Williams, C.B. 1943. The Relation Between the Number of Species and the Number of Individuals in a Random Sample of an Animal Population. *The Journal of Animal Ecology* 12: 42.
- Franco, A.C. 2002. Ecophysiology of Woody Plants. In Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.), *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*, pp. 178–199. Columbia University Press, New York.
- G.E., H. 1959. Homage to Santa Rosalia or Why are there so many kinds of animals? *The American Naturalist* XCIII:
- Garrett Hardin. 1960. The Competitive Exclusion Principle. *Science* 131: 1292–1297.
- Gaston, K.J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220–227.
- Gaston, K.J., & Chown, S.L. 2005. Neutrality and the niche. *Functional Ecology* 19: 1–6.
- Gause, G.F. 1934. Experimental Analysis of Vito Volterra’S Mathematical Theory of the Struggle for Existence. *Science* 79: 16–17.
- Gillison, A.N. 2018. *Geographical Changes in Vegetation and Plant Functional Types*.

- Goedert, W.J., Wagner, E., & Barcellos, A. de O. 2008. Savanas Topicais: dimensão, histórico e perspectivas. In Faleiro, F.G. & Faria Neto, A.L. (eds.), *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*, pp. 49–80. Platina.
- Henriques, R.P.B. 2005. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmicas das fitofisionomias no bioma do Cerrado. In Scariot, A., Sousa-Silva, J.C., & Felfili, J.M. (eds.), *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*, pp. 73–92. Brasília.
- Henriques, R.P.B., & Hay, J. 2002. Patterns and Dynamics of Plant Populations. In Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.), *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*, pp. 140–158. Columbia University Press, New York.
- Hubbell, S.P. 2001. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton University Press, New Jersey.
- Klink, C.A., & Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1: 147–155.
- Kreft, H., & Jetz, W. 2007. Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *104*: 5925–5930.
- Libano, A.M., & Felfili, J.M. 2006. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado sensu stricto do Brasil Central em um período de 18 anos (1985–2003). *Acta Botanica Brasilica* 20: 927–936.
- Magnusson, W., Braga-neto, R., Pezzini, F., Baccaro, F., Bergallo, H., Penha, J., Rodrigues, Domingos Verdade, L.M., Lima, A., Albernaz, A.L., Hero, J.-M., Lawson, B., Castilho, C., Drucker, D., Franklin, E., Mendonça, F., Costa, F., Galdino, G., Castley, G., Zuanon, J., do Vale, J., dos Santos, J.L.C., Luizão, R., Cintra, R., Barbosa, Reinaldo Imbrozio Lisboa, A., Koblitz, R. V., da Cunha, C.N., & Pontes, A.R.M. 2013. *Biodiversidade e Monitoramento Ambiental Integrado Biodiversity and Integrated Environmental Monitoring* (R. Braga-neto, W. Magnusson, & F. Pezzini, Eds.). Manaus.
- Magnusson, W.E., Lima, A.P., Luizão, R., Luizão, F., Costa, F.R.C., Castilho, C.V. de, & Kinupp, V.F. 2005. RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica* 5: 19–24.
- Matos, D.C.L., Ferreira, L.V., & Salomão, R. de P. 2013. Influência da distância geográfica na riqueza e composição de espécies arbóreas em uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Oriental. *Rodriguésia* 64: 357–367.
- Miranda, I.S., Absy, M.L., & Rebêlo, G.H. 2002. Community Structure of Woody Plants of Roraima Savannahs, Brazil. *Plant Ecology* 164: 109–124.
- Miranda, H.S., Sato, M.N., Neto, W.N., & Aires, F.S. 2009. Fires in the cerrado the Brazilian savanna. In *Tropical Fire Ecology: Climate Changes, Land use, and Ecosystem Dynamics*, pp. 427–450. Praxis Publishing LTD, Berlim.
- Mittelbach, G.G., Schemske, D.W., Cornell, H. V, Allen, A.P., Brown, J.M., Bush, M.B., Harrison, S.P., Hurlbert, A.H., Knowlton, N., Lessios, H.A., McCain, C.M., McCune, A.R., McDade, L.A., McPeck, M.A., Near, T.J., Price, T.D., Ricklefs, R.E., Roy, K., Sax, D.F., Schluter, D., Sobel, J.M., & Turelli, M. 2007. Evolution and the latitudinal diversity gradient: speciation, extinction and biogeography. *Ecology Letters* 10: 315–331.
- Moreira, A.G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in central Brazil. *Journal of Biogeography* 27: 1021–1029.
- Moura, I.O. de, Gomes-Klein, V.L., Maria Felfili, J., & Ferreira, H.D. 2010. Diversidade e estrutura comunitária de cerrado sensu stricto em afloramentos rochosos no parque estadual dos Pireneus, Goiás. *Revista Brasileira de Botânica* 33: 455–467.
- Munhoz, C.B.R., & Felfili, J.M. 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta bot. bras.* 19: 979–988.
- Mystrri, J. 2014. *World Savannas Ecology and Human Use* (J. Mystrri, Ed.). Routledge, New York.
- Neri, A.V., Neto, J.A.A.M., Da silva, A.F., Martins, S.V., & Batista, M.L. 2006. Análise da

- Estrutura de uma Comunidade lenhosa em Área de Cerrado sensu stricto no Município de Senador Modestino Gonçalves, Norte de Minas Gerais, Brasil. *Revista Árvore* 31: 123–134.
- Normand, S., Vormisto, J., Svenning, J.C., Grández, C., & Balslev, H. 2006. Geographical and environmental controls of palm beta diversity in paleo-riverine terrace forests in Amazonian Peru. *Plant Ecology* 186: 161–176.
- Oliveira-Filho, A.T., & Ratter, J.A. 1995. A study of the Origin of Central Brazilian Forest by the Analysis of plant species distribution patterns. 52: 141–194.
- Oliveira-Filho, A.T., & Ratter, J.A.. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.), *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*, pp. 91–120. Columbia University Press, New York.
- Pansonato, M.P., Costa, F.R.C., de Castilho, C. V., Carvalho, F.A., & Zuquim, G. 2013. Spatial scale or amplitude of predictors as determinants of the relative importance of environmental factors to plant community structure. *Biotropica* 45: 299–307.
- Pennington, R.T., Prado, D.E., & Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261–273.
- Powers, J.S., Becknell, J.M., Irving, J., & Pérez-Aviles, D. 2009. Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers. *Forest Ecology and Management* 258: 959–970.
- Pyke, C.R., Condit, R., Aguilar, S., & Lao, S. 2001. Floristic composition across a climatic gradient in a neotropical lowland forest. *Journal of Vegetation Science* 12: 553–566.
- Ribeiro, J.F., & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.), *Cerrado : ambiente e flora*, pp. 89–166.
- Ricklefs, R.E. 2008. Disintegration of the Ecological Community. *The American Naturalist* 172: 741–750.
- Ricklefs, R.E. 2005. Historical and ecological dimensions of global patterns in plant diversity. *Biologiske Skrifter* 55: 283–603.
- Rosindell, J., Hubbell, S.P., & Etienne, R.S. 2011. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography at Age Ten. *Trends in Ecology and Evolution* 26: 340–348.
- San José, J. j., & Fariñas, M.R. 1983. Changes in Tree Density and Species Composition in a Protected Trachypogon Savanna, Venezuela. *Ecology* 64: 447–453.
- Scariot, A., Sousa-Silva, J.C., & Felfili, J.M. 2005. *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação* (A. Scariot, J. C. Sousa-Silva, & J. M. Felfili, Eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Scudeller, V.V., Martins, F.R., & Shepherd, G.J. 2001. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil*. *Plant Ecology* 152: 185–199.
- Soares, R. V. 1990. Fire in some tropical and subtropical south american vegetation. In Billings, W.D., Golley, F., Lange, O.L., Olson, J.S., Ridge, O., & Remmert, H. (eds.), *Fire in the Tropical Biota Ecosystem Processes and Global Challenges*, pp. 63–81. Springer-Verlag Berlin, Berlin.
- Souza, V.C., Flores, T.B., Colleta, G.D., & Coelho, R.L.G. 2018. *Guia das Plantas do Cerrado*. Taxon Brasil Editora e Livraria.
- Souza, V.C., & Lorenzi, H. 2005. *Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II*. Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Sreekar, R., Katabuchi, M., Nakamura, A., Corlett, R.T., Slik, J.W.F., Fletcher, C., He, F., Weiblen, G.D., Qiao, X., Li, Y., & Tan, S. 2018. Spatial scale changes the relationship between beta diversity , species richness and latitude. *Royal Society Open Science* 5:.
- Vellend, M. 2010. Conceptual Synthesis in Community Ecology. *The Quarterly Review of Biology* 85: 183–206.

- White, P.S., & Nekola, J.C. 1999. The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography* 26: 867–878.
- Zagt, R., & ter Steege, H. 2002. Density and diversity. *Nature* 417: 698–699.
- Zuquim, G., Prado, J., & Costa, F. 2007. Fatores que determinam a distribuição de espécies de pteridófitas da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 4–7.
- Zuquim, G., Tuomisto, H., Costa, F., Prado, J., Magnusson, W.E., Pimentel, T., Braga-Neto, R., & Figueiredo, F. 2012. Broad Scale Distribution of Ferns and Lycophytes along Environmental Gradients in. *Biotropica* 44: 752–762.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N., Saveliev, A.A., & Smith, G.M. 2009. *Mixed effects models and extensions in ecology with R* (M. Gail, K. Krickeberg, J. M. Samet, A. Tsiatis, & W. Wong, Eds.). Springer New York, New York, NY