

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE BACHARELADO EM GEOGRAFIA

KARYNA OLIVEIRA ARANTES

RELAÇÃO ENTRE OS ELEMENTOS TEXTURAIS DO SOLO (AREIA,
SILTE E ARGILA), A BIOMASSA DE GRAMÍNEAS E FITOFISIONOMIAS
ABERTAS DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA

Uberlândia
2022

KARYNA OLIVEIRA ARANTES

RELAÇÃO ENTRE OS ELEMENTOS TEXTURAIS DO SOLO (AREIA, SILTE E ARGILA), A BIOMASSA DE GRAMÍNEAS E FITOFISIONOMIAS ABERTAS DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA

Trabalho Final de Graduação
apresentado ao Instituto de Geografia da
Universidade Federal de Uberlândia
como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Vinícius de
Lima Dantas

Uberlândia
2022

KARYNA OLIVEIRA ARANTES

RELAÇÃO ENTRE OS ELEMENTOS TEXTURAIIS DO SOLO (AREIA, SILTE E ARGILA), A BIOMASSA DE GRAMÍNEAS E FITOFISIONOMIAS ABERTAS DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geografia da
Universidade Federal de Uberlândia
como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Geografia.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Vinícius de Lima Dantas – Orientador (UFU)

Jefferson Gomes Confessor – Mestre (UFU)

Lara Luiza Silva – Mestre (UFU)

Uberlândia, 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, minha mãe, principalmente, por todo o apoio e carinho. Aos meus colegas de curso que me ajudaram no aprendizado durante a graduação e em momentos de descontração. Meus sinceros agradecimentos aos colegas de projeto que compartilharam os esforços e conhecimentos no trabalho de campo e de laboratório e, também, ao meu orientador que foi sempre solícito, me auxiliou sempre que foi preciso e contribuiu muito com conhecimento de temas que eu desconhecia.

RESUMO

O cerrado é o segundo bioma brasileiro com a maior diversidade de espécies vegetais e tem sido substituído pelo cultivo intensivo de monoculturas, o que causa vulnerabilidade econômica para o país e degradação do meio ambiente. Por isso, é de suma importância entender a dinâmica de suas formações, já que a vegetação nativa informa modos de adaptação sustentáveis que foram desenvolvidos ao longo de milhares de anos. O presente trabalho, realizado no Parque Nacional da Serra da Canastra, teve como objetivo verificar a relação existente entre os elementos texturais do solo (areia, silte e argila), a biomassa de gramíneas e as fitofisionomias abertas do cerrado (Campo Limpo, Sujo e Savana). Esperava-se que uma maior quantidade de argila estivesse proporcionalmente relacionada à biomassa de gramíneas e presença de vegetação de maior porte, já que a fração de argila do solo permite maior retenção de nutrientes e água. Também era esperada uma relação inversamente proporcional com a quantidade de areia, que tem pouca capacidade de retenção. Foram sorteadas 30 parcelas no PNSC e 6 pontos foram sorteados dentro de cada uma das cinco classes encontradas (Argissolo, Cambissolo, Latossolo, Neossolo e Plintossolo), de forma aleatória. A profundidade da coleta de solo foi de até 10 cm. As amostras foram analisadas em laboratório e os resultados encontrados para as relações entre argila, areia e silte e a biomassa de gramíneas não apoiaram a hipótese de que a textura do solo influencia a biomassa de gramíneas (biomassa \sim argila; $R^2 = 0.07$, $p = 0.13$), já em relação às fitofisionomias, os resultados mostraram que uma maior porcentagem de argila tende a estar relacionada às fitofisionomias mais abertas de cerrado do Parque (i.e. campestres) ($R^2 = 0.72$, $p = 2.15e-08$). O estudo mostra a complexidade das relações entre textura edáfica e vegetação e a importância de entendê-las melhor, bem como adicionar novas variáveis à discussão.

Palavras-chave: biogeografia; solos; solo-vegetação; Serra da Canastra; gramíneas; Cerrado; fitofisionomias.

ABSTRACT

The cerrado is the second Brazilian biome with the greatest diversity of plant species and has been replaced by intensive monoculture cultivation, which causes economic vulnerability for the country and environmental degradation. Therefore, it is extremely important to understand the dynamics of their formations, as native vegetation informs sustainable adaptation modes that have been developed over thousands of years. The present work, carried out in the Serra da Canastra National Park, aimed to verify the relationship between the textural elements of the soil (sand, silt and clay), the grass biomass and the open phytophysionomies of the Cerrado (Campo Limpo, Sujo and Savannah). It was expected that a greater amount of clay would be proportionally related to the biomass of grasses and the presence of larger vegetation, since the clay fraction of the soil allows greater retention of nutrients and water. An inversely proportional relationship was also expected with the amount of sand, which has little retention capacity. Thirty plots were randomly selected in the PNSC and 6 points were randomly selected within each of the five classes found (Argisol, Cambisol, Latosol, Neosol and Plintosol). The depth of soil collection was up to 10 cm. The samples were analyzed in the laboratory and the results found for the relationships between clay, sand and silt and grass biomass did not support the hypothesis that soil texture influences grass biomass (biomass ~ clay; $R^2 = 0.07$, $p = 0.13$), in relation to phytophysionomies, the results showed that a higher percentage of clay tends to be related to the more open vegetation types in the areas of Cerrado in PNSC (i.e. grasslands) ($R^2 = 0.72$, $p = 2.15e-08$). The study shows the complexity of the relationships between edaphic texture and vegetation and the importance of understanding them better, as well as adding new variables to the discussion.

Keywords: Cerrado; soil; grasses; biogeography; savanna.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	OBJETIVOS	11
2.1	Objetivo geral	11
2.2	Objetivos específicos	11
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1	O Cerrado	12
3.2	Os solos	19
4.	METODOLOGIA	23
4.1	Área de estudo	23
4.2	Desenho experimental	26
4.3	Trabalho de campo	27
4.4	Análise em laboratório	27
4.5	Análise estatística	31
5.	DISCUSSÃO	36
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37

1. INTRODUÇÃO

A savana está entre os principais biomas mundiais, ocupando áreas extensas e majoritariamente situadas em zonas tropicais. As primeiras savanas sul-americanas surgiram entre 25 e 28 milhões de anos atrás, como consequência, principalmente, das variações climáticas ocorridas ao longo do tempo no planeta Terra (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger, 2006). Porém, espécies vegetais típicas das savanas modernas, como as que caracterizam a região do Cerrado, no Brasil, especialmente as gramíneas e árvores adaptadas ao fogo, se tornaram predominantes mais recentemente, há menos de 10 milhões de anos (Simon et al. 2009).

O termo savana é uma palavra de origem ameríndia para a qual estão designadas diversas definições. Fernandéz Oviedo (1478-1557), cronista espanhol que publicou seus relatos de viagens ao Novo Mundo, usou o termo para designar “terra que está sem árvores, mas com muita erva alta e baixa” (Walter et al. 2008). Posteriormente, o termo passou a ser usado para descrever uma vegetação predominantemente herbácea com árvores e arbustos espaçados.

O Cerrado *Sensu Stricto* (ou apenas cerrado, com letra minúscula), principal fitofisionomia da região do Cerrado, é considerado por vários autores como uma savana tropical, com predominância de gramíneas, contendo árvores e arbustos espalhados. Além de fatores como o solo e clima, o fogo também é um grande responsável pela formação e manutenção do bioma. O fogo é um distúrbio que moldou as características das plantas por mais de 420 milhões de anos (Glasspool, Edwards & Axe 2004; Bond, Woodward & Midgley 2005) e atua como um poderoso filtro, que seleciona as características funcionais relacionadas à persistência, recuperação e recrutamento das plantas (Emerson & Gillespie 2008).

O Cerrado, a savana brasileira, se estende por largas áreas no território nacional, ocupando 23.9% da área total do país, estando presente nas regiões sudeste, centro-oeste, norte e nordeste (IBGE, 2002). Autores como Cole (1986), Collinson (1988) e Mistry (2000), incluem vários fatores de influência na formação das savanas, dentre eles, principalmente, solo, clima, hidrologia, geomorfologia, fogo e pastejo. Porém, a maioria dessas definições são feitas de maneira geral, e só é possível entender as particularidades de cada bioma estudando-os de forma mais direta e específica. No

caso do Cerrado, os estudos não são muito aprofundados e muitas dessas relações entre os fatores são baseadas em evidências correlativas que podem esconder relações de causa-e-efeito complexas, dada a forte interdependência entre clima, solo e incêndios.

As gramíneas ocupam a maior parte das áreas de fitofisionomia aberta do Cerrado e, as que ocorrem nas savanas são, em geral, plantas intolerantes à sombra, de forma que tendem a ser mais abundantes em áreas com pouca cobertura arbórea (Hoffmann et al. 2012). Além disso, gramíneas têm raízes concentradas na superfície do solo, sendo assim, seu sucesso depende de uma grande disponibilidade de água e nutrientes nas camadas mais superficiais deste (Rossatto et al. 2012). Essa disponibilidade depende também da textura edáfica. Maiores proporções de argila tendem a estar associadas a maior disponibilidade desses recursos porque, a estrutura química e física das argilas permite uma maior retenção de partículas, incluindo água e nutrientes (Dantas & Batalha 2011). Levando em consideração a importância das gramíneas para o Cerrado e dadas suas características na profundidade de concentração das suas raízes, encontra-se a necessidade de entender a que ponto a textura do solo em sua camada superficial pode influenciá-las. Como as gramíneas também podem funcionar como combustível para o fogo, relacionar os dados do solo com a biomassa delas pode trazer uma relação indireta entre os solos e os regimes de incêndio.

Estudos anteriores indicaram resultados em relação às influências do solo na vegetação, como o realizado no Parque Estadual Vassununga, indicando que a variável do solo mais relacionada a diferenças nas fisionomias da vegetação foi a porcentagem de argila, e encontrou também uma tendência de diminuição dos teores de argila seguindo o gradiente de floresta semidecídua para campo cerrado (Ruggiero et al. 2002), reforçando a hipótese de que a porcentagem de argila se relaciona com a biomassa e fitofisionomias vegetais do Cerrado.

Os solos do Cerrado são, em geral, ácidos e pouco férteis. Ao clima predominantemente estacional, soma-se a ocorrência de solos arenosos, litólicos ou hidromórficos. O bioma é caracterizado pelos seguintes tipos de solo: Latossolos (48,8% de área ocupada), Argissolos (15,1% de área), Neossolos Quartzarênicos (15,2%), Neossolos Litólicos (7,3%), Plintossolos (6,0%), Cambissolos (3,0%), Nitossolos (1,7%), Gleissolos (2,0 %) e outros solos (0,9%) (Macedo, 1996).

O solo se relaciona, direta ou indiretamente, com as diferentes fitofisionomias de uma região e é importante entender, bem como conhecer a vegetação natural e sua

relação com os solos em que ocorrem. Além de auxiliar no entendimento da biodiversidade, tal conhecimento pode contribuir para orientar os projetos de restauração da vegetação (Kotchetkoff-Henriques et al., 2005).

O presente estudo visa um melhor entendimento das relações entre a vegetação herbácea e as características do solo. O Parque Nacional da Serra da Canastra foi escolhido como área de estudo por ser parte integrante do Cerrado e conter em sua extensão diferentes tipos de solos, permitindo analisar as variações da relação solo (focando em sua textura) e vegetação (com atenção à biomassa das gramíneas e as fitofisionomias abertas). O parque possui extensas áreas de fitofisionomias campestres e savanas, permitindo um maior foco nos determinantes de fitofisionomias abertas e um maior foco no efeito de fatores edáficos sobre a vegetação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar a relação existente entre os elementos texturais do solo (areia, silte e argila), a biomassa de gramíneas e as fitofisionomias abertas do cerrado (campo limpo, sujo e savana).

2.2 Objetivos específicos

- Entender se a variação na biomassa de gramíneas é explicada pela textura do solo, e se é melhor explicada pelos conteúdos de areia, silte ou argila no solo;
- Entender se os conteúdos de areia, silte e argila estão correlacionados com a variação de fitofisionomias;
- Discutir possíveis mecanismos para os resultados estatísticos obtidos, a partir de dados teóricos e pesquisas já realizadas no Parque ou no bioma Cerrado;
- Desenvolver habilidades relacionadas à coleta e triagem de dados ecológicos e fitogeográficos de campo, de análise estatística de dados e de escrita científica.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O Cerrado

Zonas tropicais são marcadas por uma maior incidência solar e, conseqüentemente, maiores médias de temperatura. O clima tem influência direta sobre os solos por meio do intemperismo, e a maioria das pesquisas indica que ambos os fatores estão entre as principais influências na distribuição e desenvolvimento da vegetação. Segundo Cole (1986), o clima e o solo seriam os fatores predominantes para a definição das fitofisionomias e distribuição das savanas. Porém, estudos recentes indicam que o fogo pode ser um fator muito importante de influência nos biomas.

No Cerrado é possível observar uma grande diversidade de solos, geologia, clima e tipos de vegetação (Silva et al., 2006). O bioma apresenta alta diversidade em espécies vegetais e em fitofisionomias, abrangendo desde fisionomias campestres, como o campo limpo, até florestais, como o cerradão, e passando por formas intermediárias, como o campo sujo, campo cerrado e cerrado sensu stricto (Coutinho, 1978);

O cerrado é um bioma complexo que abrange os estados do Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo; também ocorre em áreas disjuntas ao norte dos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas “ilhas” no Paraná (Ribeiro & Walter, 2008), como mostra o mapa da figura 1.

Figura 1 - Mapa dos biomas brasileiros



Fonte: IBGE, adaptado SFB, 2020

3.1.2 Fitofisionomias do Cerrado

O Cerrado é um bioma que ocupa uma longa extensão de espaço e carrega grande diversidade de fitofisionomias. Segundo Grabherr & Kojima (1993), a fitofisionomia é uma característica morfológica da comunidade vegetal, e foi Humboldt quem a empregou pela primeira vez para descrever a vegetação. Este trabalho foca nas fitofisionomias abertas, considerando a nomenclatura de Coutinho (1978), sendo elas: Campo Limpo, Campo Sujo e Cerrado Sensu Stricto.

a) Campo limpo

É uma fitofisionomia com ausência de árvores e predominantemente herbácea (Coutinho, 1998). As áreas de Campo Limpo podem ser encontradas em variadas posições topográficas, com variações no grau de umidade, profundidade e fertilidade do solo (Ribeiro et al., 1983). A figura 2 mostra uma área de Campo Limpo no Parque Nacional da Serra da Canastra.

Figura 2 - Área de Campo Limpo no Parque Nacional da Serra da Canastra



Foto: A autora, 2021.

b) Campo sujo

O Campo Sujo é definido como um tipo fisionômico exclusivamente herbáceo-arbustivo, com arbustos e subarbustos esparsos, cujas plantas, na maioria das vezes, são representadas por indivíduos de espécies arbóreas menos desenvolvidas do Cerrado Sensu Stricto (Coutinho, 1998). Ou seja, é uma fitofisionomia aberta com início de aumento no gradiente fitofisionômico, porque já começa a apresentar vegetação de tamanho mais desenvolvido quando comparada ao Campo Limpo. Geralmente esse tipo de fitofisionomia é encontrada em solos rasos e com afloramentos rochosos, como os Litólicos, ou em solos mais profundos e pouco férteis, como os

Latossolos (Ribeiro et al., 1983). Na figura 3 é possível ver o Campo Sujo à frente e, ao fundo, o Cerrado Sensu Stricto.

Figura 3 - Campo Sujo e Cerrado Sensu Stricto ao fundo - Parque Nacional da Serra da Canastra



Foto: Vinicius L. Dantas, 2021.

c) Cerrado Sensu Stricto

O Cerrado Sensu Stricto é caracterizado pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas e, muitas vezes, têm evidências de queimadas. A vegetação de maior porte, caracterizada por arbustos e subarbustos, fica espalhada e algumas espécies apresentam estruturas que permitem a rebrota após queima ou corte (Coutinho 1998). A principal classe encontrada nas áreas ocupadas pelo Cerrado Sensu Stricto é a dos Latossolos, que são forte ou moderadamente ácidos e tem carência generalizada de nutrientes essenciais (Ribeiro et al., 1983). Na figura 4 é possível ver como a vegetação é mais densa quando comparada às das fitofisionomias anteriormente apresentadas.

Figura 4 - Cerrado Ssensu Stricto – Parque Nacional da Serra da Canastra



Foto: Vinícius L. Dantas, 2021.

3.1.3 Cerrado e fogo

Como citado anteriormente, estudos recentes têm mostrado que o fogo é um fator de muita influência no Cerrado e a biomassa de gramíneas (objeto do presente estudo) está relacionada com a inflamabilidade, então, torna-se importante aprofundar sobre o tema. O fogo é responsável pela formação de mosaicos de vegetação contrastante com ecótonos nítidos, mesmo estando sob condições ambientais semelhantes (Dantas et al. 2016), o que reforça a relação do fogo também com a diferenciação de fitofisionomias do bioma.

No aspecto vegetacional encontram-se diversos tipos de plantas, que se relacionam de forma diversa com o ambiente. Em relação às gramíneas existentes no Cerrado, as de tipo metabólico C₄ se adaptaram melhor ao ambiente e predominam nas formações abertas do bioma (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger, 2006). O termo C₄ está relacionado com o mecanismo utilizado pela planta para fazer a fotossíntese, mais especificamente em relação à fixação de carbono. O ciclo fotossintético C₄ originou-se durante o processo evolutivo, como um mecanismo de maior concentração de carbono, em resposta à redução na concentração dessa molécula na atmosfera terrestre

(Ehleringer et al., 1997). Em condições de alta temperatura e luminosidade, típicas dos ambientes de Cerrado com vegetação aberta, as plantas C4 têm uma taxa mais alta e eficiente de fotossíntese, quando comparadas à espécies com ciclo fotossintético diferente. (Ehleringer et al., 1997)

Um ponto de concordância entre vários autores é o de que a relação entre a cobertura arbórea e a inflamabilidade é amplamente controlada pela presença de gramíneas de rota metabólica C4 (Bond, 2008; Hoffmann et al., 2012b; Silverio et al., 2013; Just et al., 2016; Prior et al., 2017; Cardoso et al., 2018; D’Onofrio et al., 2018; Kahi & Hanan, 2018). Especificamente, quando a densidade arbórea aumenta, a quantidade de gramíneas C4, que são altamente inflamáveis, diminui, e o solo passa a ser coberto, em grande parte, apenas por serrapilheira (Prior et al., 2017). Somado a isso, vem a quantidade de biomassa das gramíneas, que é um fator determinante para a combustibilidade e taxa de propagação do fogo, porque influencia diretamente a taxa de produção de energia dele (Byram 1959; Rothermel 1972). A partir disso, entender a relação entre a biomassa de gramíneas e o solo, possibilita tentar determinar de forma indireta os locais mais propensos a incêndios, bem como, estimar qual a importância de cada variável na formação do Cerrado e suas fitofisionomias.

Apesar de predominar a vegetação mais aberta, o Cerrado também abriga formações florestais e a transformação de campos em florestas pode ocorrer, a depender de um intervalo de incêndio suficientemente longo ou uma alta disponibilidade de recursos, permitindo uma vantagem competitiva das árvores em relação às gramíneas de savana (C4), intolerantes à sombra, por meio do fechamento do dossel (Lehmann et al. 2011; Hoffmann et al. 2012; Dantas et al. 2013). Sendo assim, o gradativo fechamento do dossel resulta na ausência de gramíneas que são combustíveis do fogo e, posteriormente, após a interrupção dos regimes de fogo nesses locais, as perdas de nutrientes causadas pelo fogo cessam e o retorno positivo dos recursos vegetais aumentam ainda mais o fechamento do dossel, reduzindo a inflamabilidade da floresta (Warman & Moles 2009; Lehmann et al. 2011; Hoffmann et al. 2012; Pellegrini et al. 2014, 2015), e mantendo esses ambientes como espaços relativamente estáveis dentro do bioma.

Apesar do efeito do sombreamento sobre as gramíneas ser conhecido, pouco se sabe ainda como outros fatores, como o solo, podem influenciar a inflamabilidade. Sendo assim, os dados resultantes das amostras deste trabalho, podem auxiliar a

alcançar os objetivos propostos e, também, na realização de outras pesquisas pertinentes ao tema.

3.2 Os solos

Como já citado anteriormente, o solo é um fator de grande influência na dinâmica das vegetações. Por ser constituído de uma complexidade de propriedades, é possível que algumas delas se relacionem mais ou menos com o tema aqui abordado. A textura foi a propriedade escolhida por ser uma propriedade importante para estimar a capacidade de retenção de nutrientes e água do solo, essenciais na dinâmica biológica das plantas. A partir disso, buscou-se a relação com a biomassa das gramíneas e com as fitofisionomias abertas (Campo Limpo, Sujo e Cerrado *Sensu Stricto*), considerando os tipos de solo existentes no local de estudo. Para a diferenciação dos tipos de solos, é feita a classificação edáfica com parâmetros definidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e a diferenciação entre os perfis de solo é uma das principais propriedades consideradas. (EMBRAPA, 1997).

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) define como solo:

uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (SANTOS et al., 2018, p. 27).

3.2.1 Textura do solo

A textura é a caracterizada como a proporção relativa das partículas que constituem o solo, diferenciando-se por diâmetro: a argila (< 0,002mm), o silte (0,05 a 0,002mm) e a areia (0,20 a 0,05mm) (Resende, 2014). A textura tem grande influência no comportamento físico-hídrico e químico do solo (EMBRAPA, 1997).

a) Fração argila

A fração argila é mais estável à intemperização, quando comparada às outras frações, e é marcada pela ocorrência de vários fenômenos, sendo a capacidade de retenção de cátions, infiltração e retenção de água e porosidade características que estão diretamente relacionadas com essa fração do solo (Resende, 2014).

b) Fração grosseira (Silte e Areia)

É nessa fração que se encontram os minerais capazes de fornecer, após intemperização, nutrientes para as plantas (Resende, 2014). Ou seja, enquanto a argila retém os nutrientes, a fração grosseira tem capacidade de os fornecer. Porém, nas frações mais grosseiras, os minerais tendem a ser herdados da rocha, ao invés de serem produzidos pela pedogênese, como ocorre nos minerais de argila (Resende, 2014). Solos tropicais, que são muito intemperizados e, geralmente, encontrados em superfícies mais estáveis na paisagem, já perderam quase completamente seus minerais primários facilmente intemperizáveis, o que acaba tornando o fornecimento de nutrientes para as plantas mais difícil, quando não inexistente (Resende, 2014).

3.2.2 Classificação dos solos

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) é o sistema taxonômico oficial de classificação de solos do Brasil e há 13 classes de solos definidas por ele. No Brasil, predominam os Latossolos, Argissolos e Neossolos que se distribuem em, aproximadamente, 70% do território nacional. As classes Latossolo e Argissolo ocupam, aproximadamente, 58% da área (SANTOS et al., 2018). A determinação da classe de um solo é baseada principalmente no estudo de suas características morfológicas e físicas (cor, textura e estrutura), químicas (fertilidade, acidez e matéria orgânica), e outras igualmente importantes, como mudança abrupta de textura, teor de matéria orgânica, porosidade e profundidade do solo (RIBEIRO et al., 2008).

O intemperismo age em diferente intensidade de acordo com a profundidade da superfície, sendo assim, a classificação dos solos se dá através da diferenciação dos perfis de solo. A geologia é um fator de grande importância, já que é a partir dela que se entende como o material de origem foi modificado até se tornar solo. O território brasileiro é geologicamente complexo; situa-se num contexto geotectonicamente antigo

e estável, já consagrado na literatura como segmento principal e fundamental da Placa tectônica sul-americana (Ab'Sáber, 1956; Barbosa, 1966; Almeida et al., 2000). As placas tectônicas continentais do planeta são entidades geológicas complexas, que abrigam diversos segmentos de crosta, formadas em diferentes etapas da evolução terrestre e a origem dos solos e do relevo se dá a partir das dinâmicas geológicas e suas relações com o clima e outros fatores externos (Schaefer, 2013).

O material subjacente (não solo) contrasta com o solo pelo decréscimo nítido de constituintes orgânicos e pelo decréscimo de alteração e decomposição dos constituintes minerais, ou seja, pelo predomínio de propriedades mais relacionadas ao substrato rochoso ou ao material de origem não consolidado (Santos et al., 2018). A face do *pedon* que vai da superfície ao contato com o material de origem, constituindo a unidade básica de estudo do SiBCS, é o perfil de solo, sendo avaliado em duas dimensões e perfazendo uma área mínima que possibilite estudar a variabilidade de atributos, propriedades e características dos horizontes ou camadas do solo. (Santos et al., 2018).

Cada uma das camadas intemperizadas se definem como um horizonte do solo e seu conjunto constitui o que se chama de perfil do solo. De acordo com Branco (2014), em relação aos horizontes, temos:

- Horizonte O – horizonte formado pela matéria orgânica em vias de decomposição, razão de sua cor escura;
- Horizonte A – zona com mistura de matéria orgânica e substâncias minerais, com bastante influência do clima e alta atividade biológica;
- Horizonte B – horizonte caracterizado pela cor forte e pela acumulação de argilas procedentes dos horizontes superiores e também de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio;
- Horizonte C – mistura de solo pouco denso com rocha-matriz pouco alterada;
- Horizonte D (ou R) – rocha matriz sem alteração.

3.2.3 Os solos e o Cerrado

A maioria dos solos encontrados no Cerrado são os Latossolos, ocupando 46% da área. Latossolos podem apresentar uma coloração que varia do vermelho para o

amarelo, são profundos, bem drenados na maior parte do ano, apresentam acidez, toxidez de alumínio e são pobres em nutrientes essenciais para grande parte da vegetação (como cálcio, magnésio, potássio e alguns micronutrientes) (Ribeiro et al., 1983). Além desses, temos os solos pedregosos e rasos (Neossolos Litólicos), geralmente de encostas, os arenosos (Neossolos Quartzarênicos), os orgânicos (Organossolos) e outros encontrados em menor quantidade (Ribeiro et al., 1983). De maneira geral, os solos das diferentes fitofisionomias do Cerrado são os ditos álicos, caracterizados por baixa fertilidade e alto teor de alumínio (Resende et al., 2008).

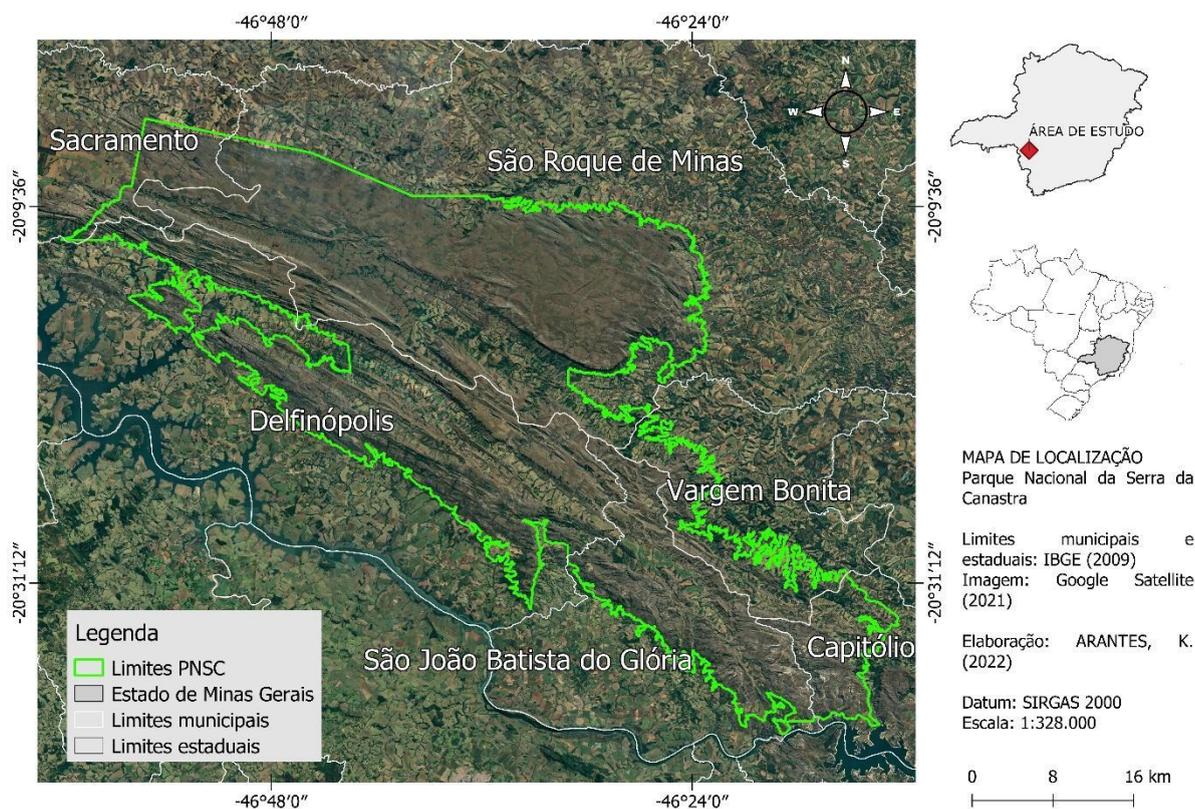
Em relação ao fogo como um distúrbio influenciador bem presente em sua dinâmica de formação, os principais efeitos do uso do fogo estão relacionados a alterações biológicas e químicas, tais como redução ou alteração da população microbiana, aumento temporário da disponibilidade de nutrientes, alteração no pH, aumento da fonte de carbono e oxidação da matéria orgânica (Santos et al., 1992). Entretanto, não foram observadas alterações nos teores de matéria orgânica e nos valores de Capacidade de Troca Catiônica de um Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una, distrófico, sob pastagem nativa de Cerrado em Minas Gerais, nas camadas abaixo de 3 cm de profundidade (Araújo et al., 1994). No Cerrado de Planaltina – DF também se submeteu um Latossolo Vermelho-Escuro muito argiloso à queima bienal e não ocorreram variações marcantes nas características físicas do solo (Spera et al., 2000).

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O atual trabalho foi realizado no Parque Nacional da Serra da Canastra - PNSC (Figura 5), mais especificamente na parte norte. O Parque ocupa uma área de aproximadamente 200 mil hectares e foi criado em 3 de abril de 1972, por meio do Decreto nº 70.355. É situado na região sudoeste do Estado de Minas Gerais, abrangendo os municípios de São Roque de Minas, Sacramento, Delfinópolis, São João Batista do Glória, Capitólio e Vargem Bonita.

Figura 5 - Mapa de Localização do PNSC



Fonte: IBGE, 2009.

O Parque se localiza dentro do domínio fitogeográfico (ou bioma, como alguns autores preferem abordar) do Cerrado e encontra-se em cotas de altitude entre 778 e 1464 m (média de 1148,28 m) (IBGE, 2002). Em relação à geomorfologia, a Serra da

Canastra faz parte da área de transição do Domínio das Áreas Mamelonares Tropical-Atlânticas Florestadas para o Domínio Morfoclimático dos Chapadões Tropicais Interiores com Cerrados e Florestas-Galeria (Ab’Sáber, 2003). A região integra o compartimento de relevo dos Planaltos e Serras de Goiás-Minas, inserida no contexto da Faixa Brasília (Ross, 2006).

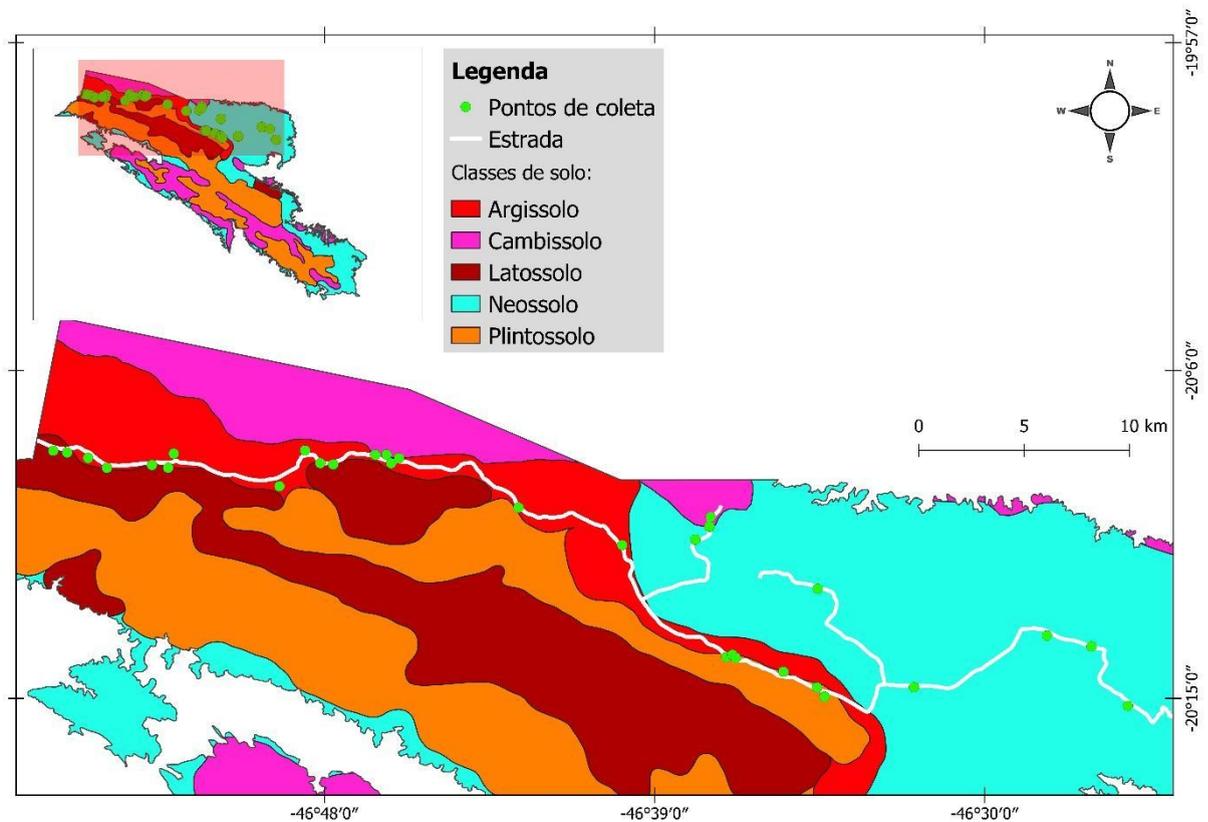
No Parque Nacional da Serra da Canastra, encontram-se 5 classes de solo, que são: Argissolo, Cambissolo, Latossolo, Neossolo e Plintossolo (UFV – CETEC – UFLA – FEAM, 2011). A tabela 1 mostra as características dessas classes, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Na figura 6, o mapa indica onde se encontram os tipos de solo do Parque e os locais de coleta do estudo deste trabalho.

Tabela 1 - Características dos solos encontrados no PNSC

Solo	Características
Argissolo	ARGI, do latim argilla, “argila”; conotativo de solos com processo de acumulação de argila.
Cambissolo	CAMBI, do latim cambiare, “trocar”, “mudar”; conotativo de solos em formação (transformação). Horizonte B incipiente.
Latossolo	Do latim lat, “tijolo”; conotativo de solos muito intemperizados. Horizonte B latossólico.
Neossolo	NEO, do grego neo, “novo”; conotativo de solos com pouco desenvolvimento pedogenético.
Plintossolo	PLINTO Do grego plinthos, “ladrilho”; conotativo de materiais argilosos coloridos que endurecem quando expostos ao ar. Horizonte plíntico.

Fonte: SiBCS, 2013

Figura 6 - Mapa dos solos e pontos de coleta no PNSC.



Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV – CETEC – UFLA – FEAM, 2011)

Elaboração: A autora, 2022.

O PNSC se localiza na zona climática Tropical Brasil Central semiúmido, tendo de 4 a 5 meses secos anualmente (IBGE, 2002). Os invernos são secos (de Junho a Setembro) e os verões chuvosos (de Dezembro a Março). Dados mensais de precipitação e temperatura entre os anos de 1970 e 2000 obtidos da base de dados WorldClim 2 (Fick & Hijmans 2017) indicam que o PNSC apresenta 1638 mm e 18,7° C de precipitação e temperatura média anual, respectivamente. O índice mínimo anual de precipitação dentro do mesmo período foi de 1533 mm, enquanto o máximo foi 1719 mm. Para as temperaturas médias anuais temos 17,24° C para a mínima e 20,74°C para a máxima.

Os dados deste trabalho foram coletados na parte norte do Parque, por existir maior proximidade com estradas e apresentar maior viabilidade para coleta, associado

ao fato de existirem todos os tipos de solo encontrados nas dependências do PNSC nesta região.

4.2 Desenho experimental

Foram sorteadas 30 parcelas no PNSC obedecendo um desenho experimental estratificado-aleatorizado. Nesse desenho, as classes de solo existentes em áreas a até 200 m de distância da rede de estradas de terra do parque foram determinadas e 6 pontos foram sorteados dentro de cada uma das cinco classes encontradas de forma aleatória, respeitando a distância máxima de 200 m da rede de estradas. Devido a opção por redução da distância máxima das estradas do primeiro para o segundo dia de trabalho e, assim, viabilizar a coleta dos dados dentro do período de tempo disponível, alguns pontos (coletados durante o primeiro dia) foram posicionados a uma distância um pouco maior das estradas de terra (até 2 Km). Para definição das manchas e classes de solo, foi utilizado o mapa de solos do Estado de Minas Gerais (UFV – CETEC – UFLA – FEAM, 2011). Para o sorteio dos pontos, foi utilizado o programa R versão 4.0.2 (R Core Team 2020). A tabela 2 mostra as informações de cada ponto.

Tabela 2 - Dados coletados no PNSC

Parcela	Long	Lat	Elevação	Data	Classe	Fitofisionomia
1	-46°39'52.8"	-20°10'47.5"	1349	02/10/21	Argissolo	Campo Sujo
2	-46°31'55.5"	-20°14'41.6"	1387	06/10/21	Neossolo	Campo Sujo
3	-46°48'31.8"	-20°08'11.4"	1391	02/10/21	Argissolo	Campo Sujo
4	-46°34'22.1"	-20°14'57.1"	1365	05/10/21	Plintossolo	Campo Limpo Cerrado Sensu Stricto
5	-46°53'55.9"	-20°08'40.3"	1307	03/10/21	Argissolo	Campo Limpo
6	-46°46'18.4"	-20°08'18.4"	1347	02/10/21	Cambissolo	Campo Sujo
7	-46°52'06.5"	-20°08'16.7"	1332	03/10/21	Argissolo	Campo Sujo
8	-46°52'42.2"	-20°08'35.5"	1324	04/10/21	Latossolo	Campo Limpo
9	-46°48'06.8"	-20°08'32.5"	1387	04/10/21	Latossolo	Campo Sujo
10	-46°37'53.4"	-20°10'38.4"	1298	08/10/21	Neossolo	Campo Limpo Cerrado Sensu Stricto
11	-46°34'33"	-20°11'59.4"	1349	06/10/21	Neossolo	Campo Limpo
12	-46°42'42.6"	-20°09'45.5"	1323	03/10/21	Argissolo	Campo Limpo
13	-46°54'26.8"	-20°08'23.9"	1304	03/10/21	Argissolo	Campo Limpo
14	-46°45'57.9"	-20°08'24.12"	1344	08/10/21	Cambissolo	Campo Sujo
15	-46°37'02.7"	-20°13'51.6"	1333	05/10/21	Plintossolo	Campo Limpo

16	-46°26' 5.7"	-20°15'12.1"	1405	06/10/21	Neossolo	Campo Limpo
17	-46°47'45.8"	-20°08'34.6"	1387	04/10/21	Latossolo	Campo Limpo
18	-46°46'36.9"	-20°08'18.7"	1368	06/10/21	Cambissolo	Campo Sujo
19	-46°27' 5.4"	-20°13'34.3"	1489	06/10/21	Neossolo	Campo Limpo
20	-46°36'47.2"	-20°13'53.1"	1329	05/10/21	Plintossolo	Campo Limpo Cerrado Sensus Stricto
21	-46°55'23.8"	-20°08'12"	1287	04/10/21	Latossolo	Campo Sujo
22	-46°46'11.1"	-20°08'32.6"	1347	08/10/21	Cambissolo	Campo Sujo
23	-46°49'13.6"	-20°09'10.6"	1376	03/10/21	Argissolo	Campo Sujo
24	-46°34'34.4"	-20°14'41.9"	1362	05/10/21	Plintossolo	Campo Limpo
25	-46°36'52.6"	-20°13'48.1"	1340	05/10/21	Plintossolo	Campo Limpo
26	-46°55'01.1"	-20°08'15.1"	1294	04/10/21	Latossolo	Campo Limpo
27	-46°28'18.1"	-20°13'16.4"	1435	06/10/21	Neossolo	Campo Limpo
28	-46°37'28.3"	-20°10'01"	1110	08/10/21	Cambissolo	Campo Sujo
29	-46°52'15.9"	-20°08'40.1"	1323	04/10/21	Latossolo	Campo Sujo
30	-46°37'30.3"	-20°10'16.9"	1167	08/10/21	Cambissolo	Campo Sujo
31	-46°35'29.2"	-20°14'16"	1325	05/10/21	Plintossolo	Campo Limpo

Fonte: A autora, 2021.

4.3 Trabalho de campo

As coletas foram feitas entre os dias 02 e 08 de outubro de 2021, período inserido na transição entre a estação seca e a estação chuvosa. Para encontrar a localização exata dos pontos sorteados foi utilizado um aparelho GPS. Em cada ponto sorteado, foi montada uma parcela quadrada de 10 x 10 m, demarcada com auxílio de trena, estacas e barbante. Em cada canto da parcela, foram demarcadas sub-parcelas de 0.50 x 0.50 m, dentro das quais foi coletada a biomassa herbácea. Posteriormente, nos locais onde a biomassa foi coletada, foram coletadas as amostras do solo, usando uma pá de jardinagem, perfurando o solo em uma profundidade de até 10 cm. Também foi coletada uma amostra de solo ao meio da parcela principal. As amostras de solo de cada sub-parcela e do centro foram misturadas em um saco plástico onde foi anotado o número de referência da parcela, formando uma amostra composta de solo para cada parcela.

4.4 Análise em laboratório

As amostras de biomassa coletadas foram secadas em estufa a 80°C por um período de 48 horas e, posteriormente, a biomassa graminóide foi separada do restante. Cada amostra foi pesada usando uma balança de semi-precisão. Foi calculada, para cada parcela, a biomassa de gramíneas média (usando as 4 medidas das subparcelas).

As amostras de solo coletadas foram analisadas baseando-se no método de análise granulométrica (textural), através da sedimentação das partículas constituintes do solo (Santos, 2018). Primeiramente, foram separadas as amostras de cada parcela, e utilizada a malha de 2mm para que fosse separada a fração de partículas maiores que não se caracterizam como solo (figura 7) e homogeneizar cada amostra (figura 8). Foram utilizados 20g de cada amostra para análise.

Figura 7 - Peneira com malha de 2mm



Fonte: a autora, 2022.

Figura 8 - Homogeneização da amostra de solo



Fonte: a autora, 2022.

Os 20g de amostra foram diluídos em 80ml de H₂O + 20ml de NaOH 1N (soda cáustica) e levado à mesa agitadora por 15 horas. No dia seguinte, foi utilizado um funil e uma peneira de 0,053 mm, para que as partículas de areia fossem separadas das de silte e argila. As partículas de areia ficam retidas na peneira, enquanto o restante vai para a proveta através do funil. É utilizada água destilada para “lavar” a amostra nesse processo. A argila e o silte ficam misturados na água destilada ocupando o espaço de 1 litro da proveta. A figura 9 ilustra o processo.

Figura 9 - Separação da areia pela peneira de malha 0,053mm



Fonte: a autora, 2022.

Utiliza-se o procedimento de pipetagem para a quantificação da porcentagem de argila das amostras. É preciso deixar a mistura de água destilada, silte e argila, em repouso por 4 horas e, em seguida, imerge-se a pipeta em 5 cm de profundidade da proveta, que é a profundidade em que se encontra a porção de argila. Sem agitação, capta-se 25 ml da solução, transferindo para o recipiente que vai ser levado à estufa posteriormente. Na estufa, as cápsulas ficam a 110° C, por 10 horas. Assim, ocorre a

pesagem que determina a quantidade de argila. A quantidade do silte é determinada pela diferença entre o valor total da amostra e a quantificação de areia e argila obtidas.

Figura 10 – Fração de argila do solo após secagem na estufa



Fonte: a autora, 2022.

4.5 Análise estatística

Para testar a correlação entre biomassa de gramíneas e os conteúdos de argila, areia e silte (Tabela 3), foi utilizado um teste de regressão linear (um teste para cada uma das três variáveis do solo). A identificação das fitofisionomias foi feita em campo.

Tabela 3 - Dados coletados em campo

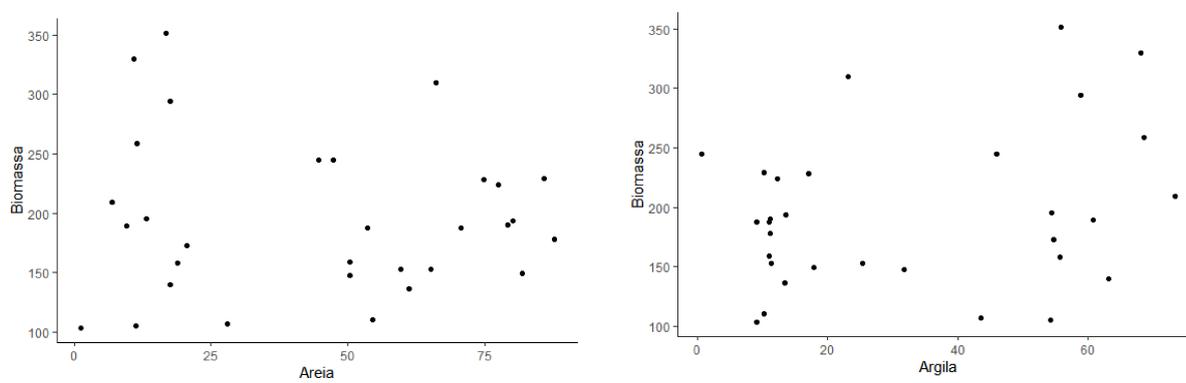
Parcel	a	Classe	Fitofisionomia	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Biomassa (g)
	1	Argissolo	Campo Sujo	60.88	29.51	9.60	188.85
	2	Neossolo	Campo Sujo	55.89	27.35	16.76	351.50
	3	Argissolo	Campo Sujo	13.50	6.29	80.22	193.25

4	Plintossolo	Campo Limpo	0.59	52.01	47.39	244.40
5	Argissolo	Cerrado Sensu Stricto	73.49	19.59	6.92	209.05
6	Cambissolo	Campo Limpo	11.23	0.90	87.87	177.52
7	Argissolo	Campo Sujo	46.01	9.37	44.61	244.60
8	Latossolo	Campo Sujo	55.64	25.59	18.77	157.82
9	Latossolo	Campo Limpo	11.16	9.55	79.29	189.95
10	Neossolo	Campo Sujo	23.12	10.72	66.16	309.96
11	Neossolo	Cerrado Sensu Stricto	68.69	19.92	11.39	258.24
12	Argissolo	Campo Limpo	25.40	9.42	65.18	152.42
13	Argissolo	Campo Limpo	10.93	38.73	50.34	158.41
14	Cambissolo	Campo Limpo	10.15	4.02	85.83	229.47
15	Plintossolo	Campo Sujo	10.23	35.18	54.59	109.94
16	Neossolo	Campo Limpo	12.24	10.17	77.59	223.53
17	Latossolo	Campo Limpo	17.90	0.14	81.96	149.20
18	Cambissolo	Campo Sujo	63.15	19.29	17.56	139.62
19	Neossolo	Campo Limpo	9.15	20.11	70.74	187.11
20	Plintossolo	Campo Limpo	10.93	35.44	53.64	187.13
21	Latossolo	Cerrado Sensu Stricto	68.21	21.02	10.77	329.47
22	Cambissolo	Campo Sujo	58.84	23.66	17.50	294.09
23	Argissolo	Campo Sujo	54.27	34.53	11.20	104.82
24	Plintossolo	Campo Limpo	9.07	89.79	1.14	103.46
25	Plintossolo	Campo Limpo	11.39	28.84	59.77	152.44
26	Latossolo	Campo Limpo	31.73	17.81	50.46	147.17
27	Neossolo	Campo Limpo	17.12	8.02	74.85	228.13
28	Cambissolo	Campo Sujo	54.82	24.63	20.54	173.07
29	Latossolo	Campo Sujo	54.45	32.40	13.14	194.96
30	Cambissolo	Campo Sujo	43.63	28.44	27.92	106.76
31	Plintossolo	Campo Limpo	13.39	25.34	61.27	135.92

Fonte: a autora, 2022.

Não houve correlação significativa entre biomassa de gramíneas e os teores de areia e argila, como observado na figura 11. No entanto, foi encontrada forte relação entre as porcentagens de areia e argila quando relacionadas às variações das fitofisionomias, sendo encontrando um R^2 de 0.72 na relação com argila, e um R^2 de 0.46 na relação com areia. A tabela 4 demonstra estas estatísticas.

Figura 11 - Correlação entre elementos texturais do solo (Areia e Argila) e biomassa de gramíneas coletados no PNSC.



Fonte: A autora, 2022.

Tabela 4 - Resultados dos testes estatísticos de regressão linear e ANOVA

Fórmula	R²	P
Biomassa ~ Argila	0.0753	0.1351
Biomassa ~ Areia	0.0037	0.7442
Argila ~ Fitofisionomia	0.7166	2.15E-08
Areia ~ Fitofisionomia	0.4644	0.00016

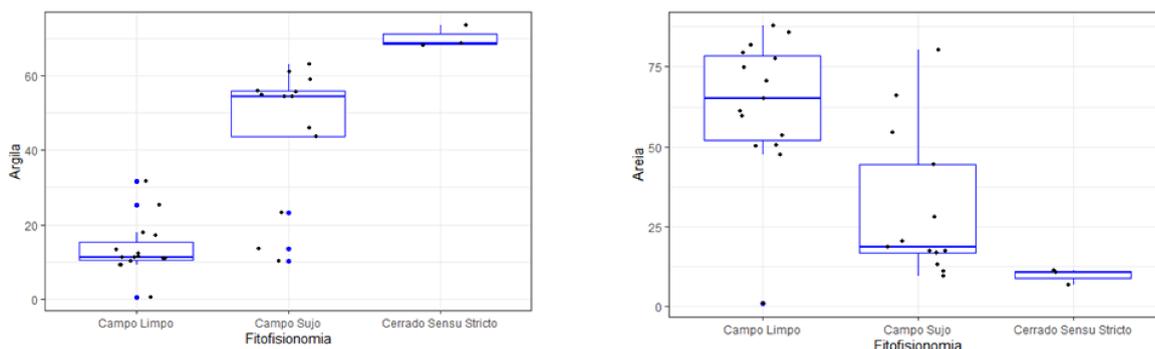
Fonte: a autora, 2022.

Para entender melhor a relação das porcentagens de areia e argila com as fitofisionomias foi realizada a Análise Variância (ANOVA). A ANOVA determina se as diferenças entre as médias amostrais sugerem diferenças efetivas entre as médias de fitofisionomias, ou se tais diferenças decorrem apenas da variabilidade implícita de cada amostra (ARANGO, 2005).

Os resultados mostram que a correlação entre a porcentagem de argila e areia é bem mais significativa quando relacionamos com as fitofisionomias. A partir do gráfico da figura 12 é possível ver que os locais de Campo Limpo estão associados a menores quantidades de argila, enquanto o Campo Sujo e Cerrado Sensu Stricto se relacionam com maiores quantidades de argila. O contrário acontece na relação das fitofisionomias

com a porcentagem de areia, ou seja, amostras de solo com maior porcentagem de areia estão relacionadas a locais onde predomina a fitofisionomia de Campo Limpo, enquanto Campo Sujo e Cerrado Sensu Stricto tem maior relação com locais onde foi identificada menor porcentagem de areia no solo.

Figura 12 - Correlação entre elementos texturais do solo coletados no PNSC e as fitofisionomias Campo Limpo, Campo Sujo e Cerrado Sensu Stricto.



Fonte: a autora, 2022.

Para verificar a confiabilidade da análise ANOVA, foi feito o teste de comparação de médias de Tukey, que identificou os pares de médias significantes, como mostram as tabelas 5 e 6. Em relação às variações de argila e fitofisionomias, os valores de P encontrados (todos menores que 0.05), indicam que os pares de variáveis fitofisionômicas têm relação com a porcentagem de argila. E os valores da diferença mínima significativa (“Diff”) mostram a diferença com resultado positivo para os valores de pares de variáveis entre si, ou seja, o Campo Sujo está ligado a maiores quantidades de argila quando comparado ao Campo Limpo (Diff = 32.22), o mesmo acontece para os outros pares de variáveis fitofisionômicas.

Quando analisamos as relações entre a porcentagem de areia e as fitofisionomias, observa-se que o valor de P no par de Cerrado Sensu Stricto-Campo Sujo indica que as médias entre elas podem ser muito diferentes e, portanto, não confiáveis para relacioná-las no modelo. O “Diff” entre todos os pares de variáveis é negativo, indicando que a porcentagem de areia é maior no primeiro item de cada par mostrado na tabela, enquanto as diferenças mínimas significativas foram todas positivas nas relações entre os pares de fitofisionomias e porcentagem de argila.

Tabela 5 - Teste de Tukey (Argila x Fitofisionomias)

Par de médias	Diff	P
Campo Sujo-Campo Limpo	32.23	0.0000012
Cerrado Sensu Stricto-Campo Limpo	56.64	0.0000005
Cerrado Sensu Stricto-Campo Sujo	24.40	0.018

Fonte: a autora, 2022.

Tabela 6 - Teste de Tukey (Areia x Fitofisionomias)

Par de médias	Diff	P
Campo Sujo-Campo Limpo	-32.49	0.0013
Cerrado Sensu Stricto-Campo Limpo	-53.46	0.0015
Cerrado Sensu Stricto-Campo Sujo	-20.97	0.299

Fonte: a autora, 2022.

5. DISCUSSÃO

As análises do trabalho mostraram que a textura, considerando as porcentagens de areia, silte e argila, da camada até 10 cm de profundidade do solo, não é capaz de explicar sozinha a variação da biomassa de gramíneas nas parcelas estudadas no Parque Nacional da Serra da Canastra ($R^2 < 0.5$). Porém, relações significativas foram encontradas na variação das fitofisionomias consideradas no trabalho em relação ao componente de argila do solo, principalmente ($R^2 = 0.7166$). Sendo assim, a textura do solo pode ser um elemento que explica melhor a cobertura arbórea do que a biomassa de gramíneas.

Diversos autores analisaram a influência dos elementos edáficos, como a disponibilidade de nutrientes na densidade das plantas e outras características da vegetação. Alguns estudos mostraram uma correlação positiva entre a fertilidade do solo e o gradiente fisionômico do cerrado (Alvim e Araújo 1952; Goodland e Pollard 1973), mas outros não mostraram nenhuma correlação (Askew et al. 1971; Haridasan 1992). Além disso, outros autores mostraram correlação apenas para algumas espécies de plantas (Silva Júnior et al. 1987; Furley e Ratter 1988). Já no presente trabalho, foi possível encontrar uma relação significativa entre a textura do solo e as fitofisionomias abertas do Cerrado. As amostras em locais de fitofisionomias como o Campo Limpo e Campo Sujo, que são vegetações de menor porte e biomassa, contém maior porcentagem de areia e menor de argila, enquanto o Cerrado Sensu Stricto, com maior incidência de componentes arbóreos de porte médio, tem maior relação com maior porcentagem de argila e menor de areia.

Conclui-se que as relações existentes entre o solo e a vegetação são complexas e não facilmente explicadas. Sabe-se que a textura do solo se relaciona com a retenção de água e nutrientes, porém, é preciso aprofundar os estudos, considerando outras variáveis. Em relação às gramíneas, talvez seja interessante entender a diferença entre as espécies e sua relação com os solos. Bem como analisar partes mais profundas do solo. O fogo, como citado anteriormente, também é um distúrbio de forte influência, além do clima, declividade, altitude, fatores químicos e biológicos do solo, que não foram considerados neste estudo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atual trabalho encontrou resultados satisfatórios e mostra que existe uma gama de variáveis que podem ser estudadas para entender o Cerrado e as relações solo-vegetação de forma mais completa. O entendimento se torna cada vez mais necessário, visto que a fronteira agrícola tem avançado e contribuído com a substituição de vegetação nativa por pastagens e monoculturas.

A existência de parques como o Parque Nacional da Serra da Canastra facilita o acesso a locais de estudo dentro do Cerrado e contribui para o melhor entendimento do bioma, além da contribuição para a preservação da paisagem natural no planeta. Também se ressalta a importância de se testar hipóteses para que os resultados auxiliem na realização de estudos futuros. Imaginou-se a hipótese de que a textura do solo tivesse relação com a biomassa das gramíneas, porém, a análise dos dados mostrou o contrário e isso pode ser um novo ponto de partida para novas hipóteses que tragam uma resposta às perguntas relacionadas a esse tema.

Ter os dados da biomassa das gramíneas do Parque, que são altamente inflamáveis, também é importante para entender os regimes de fogo do Cerrado, poder relacionar essa variável em estudos futuros e contribuir para o estudo de formas de manejo do bioma. A utilização de ferramentas virtuais relacionadas aos dados coletados em campo pode ajudar, já que é possível ter acesso a ocorrência de incêndios através de imagens de satélite.

Com maior conhecimento é possível traçar melhores estratégias de preservação dos biomas, podendo aliá-las ao desenvolvimento sustentável. Sendo assim, este trabalho deixa possibilidades de maior aprofundamento no assunto, trazendo maior entendimento sobre a dinâmica solo-vegetação.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento**. Revista do Serviço Público, Brasília, v. 111, n. 4, p. 41-55, 1983.

ALVIM P. AND ARAÚJO W.A. 1952. **El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil**. Turrialba 2: 153–160.

ARANGO, HECTOR G., **Bioestatística Teórica e Computacional** (2005). Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2a ed.

ASKEW G.P., MOFFATT D.J., MONTGOMERY R.F. AND SEARL P.L. 1971. **Soils and soil moisture as factors influencing the distribution of the vegetation formations of the Serra do Roncador, Mato Grosso**. In: Ferri M.G. (ed.), III Simpósio Sobre o Cerrado. Edgard Blucher/EDUSP, São Paulo, pp. 150–160.

BELL, R.H.V. (1982). **The effect of soil nutrient availability on community structure in African ecosystems**. In: **Ecology of Tropical Savannas** (eds. Huntley, B.J. & Walker, B.H.). Springer-Verlag, New York, pp. 193–216.

BRANCO, PÉRSIO. **Os Solos**. SGB Divulga. 18 de agosto. 2014. SGB – Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Os-Solos-2620.html>>. Acesso em 03 de julho, 2022.

BOND, W.J., WOODWARD, F.I. & MIDGLEY, G.F. (2005) **The global distribution of ecosystems in a world without fire**. New Phytologist, 165, 525–537.

BOND WJ. 2008. **What limits trees in C4 grasslands and savannas?** Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 39: 641–659.

CARDOSO AW, OLIVERAS I, ABERNETHY KA, JEFFERY KJ, LEHMANN D, EDZANG NDONG J, MCGREGOR I, BELCHER CM, BOND WJ, MALHI YS. 2018. **Grass species flammability, not biomass, drives changes in fire behavior at tropical forest Savanna transitions**. Frontiers in Forests and Global Change 1: 6.

CARNEIRO, C.D.R.; SOUZA, J. J. **Mapeamento geomorfológico em escala de semidetalhe da região de Jundiaí-Atibaia**. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 17-30, 2003. <https://doi.org/10.20502/rbg.v4i2.21>.

CERTINI, G. **Effects of fire on properties of forest soils: A review**. Oecologia, v. 143, n. 1, p. 1–10, 2005.

COLE, M. M. **A savana brasileira**. Boletim Carioca de Geografia, Rio de Janeiro, v. 11, p 5-52, 1958.

COLLINSON, A. S. **Introduction to world vegetation**. 2 ed. London: Unwin Hyman Ltd., 1988. 325 p.

CRUZ RUGGIERO, P.G., BATALHA, M.A., PIVELLO, V.R. et al. **Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil**. *Plant Ecology* 160, 1–16 (2002).

DANTAS, V. DE L., BATALHA MA, PAUSAS JG. 2013. **Fire drives functional thresholds on the savanna – forest transition**. *Ecology* 94: 2454–2463.

DANTAS, V.A.; BATALHA, M.A. **Vegetation structure: Fine scale relationships with soil in a cerrado site**. Federal University of São Carlos, Department of Botany, Laboratory of Plant Ecology, São Carlos, SP, Brazil. *Flora* 206 (2011) 341–346.

DANTAS, V. L. et al. (2016) **Disturbance maintains alternative biome states**. *Ecology Letters*, 19:12–19.

D'ONOFRIO D., VON HARDENBERG J, BAUDENA M. 2018. **Not only trees: Grasses determine African tropical biome distributions via water limitation and fire**. *Global Ecology and Biogeography* 27: 714–725.

DUBLIN, H.T., SINCLAIR, A.R.E. & MCGLADE, J. (1990). **Elephants and fire as causes of multiple stable states in Serengeti-Mara woodlands**. *J. Anim. Ecol.*, 59, 1147–1164.

EHLERINGER JR, CERLING TE, HELLIKER BR. **C4 photosynthesis, atmospheric CO2 and climate**. *Oecologia*, 112:285–99, 1997.

EMBRAPA. **Espaço temático - Os solos do Brasil**. (2008). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>> Acesso em 03 de julho, 2022.

EMBRAPA. **Cerrado- Ecologia e Flora**. 1997. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>> Acesso em 03 de julho, 2022.

EMERSON, B.C. & GILLESPIE, R.G. (2008) **Phylogenetic analysis of community assembly and structure over space and time**. *Trends in Ecology & Evolution*, 23, 619–630.

FICK, S.E. AND R.J. HIJMANS, 2017. **WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas**. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.

FURLEY P.A. AND RATTER J.A. 1988. **Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development**. *Journal of Biogeography* 15: 97–108.

GLASSPOOL, I.J., EDWARDS, D. & AXE, L. (2004) **Charcoal in the Silurian as evidence for the earliest wildfire**. *Geology*, 32, 381–383.

GOODLAND R. AND POLLARD R. 1973. **The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient**. *Journal of Ecology* 61: 219–224.

GOTTSBERGER, G., SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. (2006). **Life in the Cerrado: a South American Tropical Seasonal Ecosystem**. Vol. II. Pollination and Seed Dispersal. - Reta, Ulm.

GRABHERR, G. & KOJIMA, S. 1993. **Vegetation Diversity and Classification Systems**. Pp. 218-232. In: A.M. Solomon & H.H. Shugart (eds.). *Vegetation Dynamics & Global Change* New York, Chapman & Hall.

HARIDASAN M. 1992. **Observations on soils, foliar nutrients concentrations and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities in central Brazil**. In: Furley P.A., Proctor J. and Ratter J.A. (eds), *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman & Hall, United Kingdom, pp. 171–184.

HOFFMANN, W. A.; GEIGER, E. L.; GOTSCH, S. G.; ROSSATTO, D. R.; SILVA, L. C. R.; LAU, O. L.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C. **Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes**. *Ecology Letters*, v. 15, n. 7, p. 759-768, Mai. 2012.

HOFFMANN, W.A., JACONIS SY, MCKINLEY KL, GEIGER EL, GOTSCH SG, FRANCO AC. 2012b. **Fuels or microclimate? Understanding the drivers of fire feedbacks at savanna-forest boundaries**. *Austral Ecology* 37: 634–643.

HOMMA et al. **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus - Ba. Editus, 2002, 605p. il.

IBGE. **Informações Ambientais e Climatologia**, 2002. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/>>. Acesso em: 05 de Março de 2022.

JUST, M.G., HOHMANN MG, HOFFMANN WA. 2016. **Where fire stops: vegetation structure and microclimate influence fire spread along an ecotonal gradient**. *Plant Ecology* 217: 631–644.

KAHIU M.N., HANAN NP. 2018. **Fire in sub-Saharan Africa: the fuel, cure and connectivity hypothesis**. *Global Ecology and Biogeography* 27: 946–957.

KOTCHETKOFF-HENRIQUES, O.; JOLY, C. A.; BERNACCI, L. C. **Relação entre o Solo e a Composição Florística de Remanescentes de Vegetação Natural no Município de Ribeirão Preto, SP**. *Revista Brasil. Bot.*, v. 28, n. 3, p. 541-562, jul.-set. 2005.

LEHMANN C.E.R., ARCHIBALD SA, HOFFMANN WA, BOND WJ. 2011. **Deciphering the distribution of the savanna biome**. *New Phytologist* 191: 197–209.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado: características, propriedades, manejo**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162 p.

MISTRY, J. **World savannas: ecology and human use**. Harlow: Prentice-Hall, 2000. 344 p. il.

MACEDO, J. **Os solos da região dos Cerrados**. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; & FONTES, M.P.F. **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o domínio sustentável**. Viçosa, SBCS & UFV, 1996. p. 336-352.

PELLEGRINI, A.F.A., HOFFMANN, W.A. & FRANCO, A.C. (2014). **Carbon accumulation and nitrogen pool recovery during transitions from savanna to forest in central Brazil**. *Ecology*, 95, 342–352.

PELLEGRINI, A.F.A., HEDIN, L.O., STAVER, A.C. & GOVENDER, N. (2015). **Fire alters ecosystem carbon and nutrients but not plant nutrient stoichiometry or composition in tropical savanna**. *Ecology*, 96, 1275–1285.

PRIOR L.D., MURPHY BP, WILLIAMSON GJ, COCHRANE MA, JOLLY WM, BOWMAN DMJS. 2017. **Does inherent flammability of grass and litter fuels contribute to continental patterns of landscape fire activity?** *Journal of Biogeography* 44: 1225–1238.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RESENDE, M. et al. **Propriedades do solo e interpretação**. In: RESENDE, M. et al. *Pedologia base para distinção de ambientes*. 6º Ed. Editora UFLA, Lavras, MG, p. 378, 2014.

RIBEIRO et al. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1279 p.

RIBEIRO et al. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1983. 28p.

ROSS, J.L.S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos. 2006.

ROSSATTO, D.R. et al. **The partitioning of water uptake between growth forms in a Neotropical savanna: do herbs exploit a third water source niche?** *Plant Biology*, German Botanical Society and The Royal Botanical Society of the Netherlands, 2012.

ROSSI, M. et al. **Relação Solos/vegetação em Área Natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo**. *Rev. Inst. Flor.*, v. 17, n. 1, p. 45-61, jun. 2005.

SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais**. 1991. 285 f. Tese (Professor Titular) – Departamento de Geografia, IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1991.

SANTOS, D.; BAHIA, V.G.; TEIXEIRA, W.G. **Queimadas e erosão do solo**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.16, n.176, p.62-68, 1992.

SANTOS et al. - **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

SILVA JÚNIOR M.C., DA BARROS M.F. AND CÂNDIDO J.F. 1987. **Relações entre parâmetros do solo e da vegetação de cerrado na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba, MG**. Revista brasileira de Botânica 10: 125–137.

SILVA, RENATA BOTELHO MACHADO DA et al. **Relação solo/vegetação em ambiente de cerrado sobre influência do grupo Urucuaia**. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil. Ciência Florestal [online]. 2015, v. 25, n. 2 [Acessado 28 Julho 2022] , pp. 363-373. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/1980509818455>>.

SILVERIO, D.V., BRANDO PM, BALCH JK, PUTZ FE, NEPSTAD DC, OLIVEIRA-SANTOS C, BUSTAMANTE MMC. 2013. **Testing the Amazon savannization hypothesis: fire effects on invasion of a neotropical forest by native cerrado and exotic pasture grasses**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences 368: 20120427.

SIMON, M. ET AL. (2009) **Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire**. Proceeding of the National Academy of Sciences 106: 20359–20364.

SPERA, SILVIO TULIO et al. **Características físicas de um latossolo vermelho-escuro no Cerrado de Planaltina, DF, submetido à ação do fogo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira [online]. 2000, v. 35, n. 9 [Acessado 3 Julho 2022] , pp. 1817-1824.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

UFV - CETEC - UFLA - FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 19 de jul. de 2022.

WALTER, B. M. T.; CARVALHO, A. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora v. 2**. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008.

WARMAN, L. & MOLES, A.T. (2009). **Alternative stable states in Australia's Wet Tropics: a theoretical framework for the field data and a field-case for the theory.** *Landsc. Ecol.*, 24, 1–13.