

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**GEOESTATÍSTICA ISOLADA E INTEGRADA À ANÁLISE FATORIAL
EXPLORATÓRIA PARA A CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS FATORES
INERENTES À OCORRÊNCIA DO PEQUIZEIRO – ANÃO (*Caryocar brasiliense*
subsp. *intermedium* (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA- Caryocaraceae)**

LEANDRO DA SILVA ALMEIDA

**UBERLÂNDIA/MG
2021**

LEANDRO DA SILVA ALMEIDA

**GEOESTATÍSTICA ISOLADA E INTEGRADA À ANÁLISE FATORIAL
EXPLORATÓRIA PARA A CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS FATORES
INERENTES À OCORRÊNCIA DO PEQUIZEIRO – ANÃO (*Caryocar brasiliense*
subsp. *intermedium* (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA- Caryocaraceae)**

Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Fitotecnia - para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora:

Prof. Dra. Denise Garcia de Santana

Coorientador:

Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães

**UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2021**

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

A447 2021	<p>Almeida, Leandro da Silva, 1983- Geoestatística isolada e integrada à análise fatorial exploratória para a caracterização espacial dos fatores inerentes à ocorrência do pequizeiro-anão (<i>Caryocar brasiliense</i> subsp. <i>intermedium</i> (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA- <i>Caryocaraceae</i>) [recurso eletrônico] / Leandro da Silva Almeida. - 2021.</p> <p>Orientadora: Denise Garcia de Santana. Coorientador: Ednaldo Carvalho Guimarães . Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.654 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Agronomia. I. Santana, Denise Garcia de ,1967- (Orient.). II. , Ednaldo Carvalho Guimarães,1967- (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese, 013/2021, PPGAGRO				
Data:	Vinte e nove de novembro de dois mil e vinte e um	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	18:00
Matrícula do Discente:	11713AGR015				
Nome do Discente:	Leandro da Silva Almeida				
Título do Trabalho:	Geoestatística isolada e integrada à análise fatorial exploratória para a caracterização espacial dos fatores inerentes à ocorrência do pequizeiro-anão (<i>Caryocar brasiliense</i> subsp. <i>intermedium</i> (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA- Caryocaraceae)				
Área de concentração:	Fitotecnia				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Ednaldo Carvalho Guimarães - UFU; Patrícia Soares Rezende - UEMG; Luiz Antônio Zanão Júnior - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná; Rafael Montanari - UNESP; Denise Garcia de Santana - UFU orientadora do candidato.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Denise Garcia de Santana, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Denise Garcia de Santana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/12/2021, às 10:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Rafael Montanari, Usuário Externo**, em 01/12/2021, às 10:27,



conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ednaldo Carvalho Guimarães, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/12/2021, às 10:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Soares Rezende, Usuário Externo**, em 01/12/2021, às 16:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUIZ ANTÔNIO ZANÃO JÚNIOR, Usuário Externo**, em 02/12/2021, às 08:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3119988** e o código CRC **85568508**.

Aos meus filhos Maria Fernanda, Marcos e Mateus.

OFEREÇO.

DEDICO,

este doutorado, a minha grande incentivadora e apoiadora, minha esposa Nara. Sem o seu incentivo e apoio, este sonho não seria alcançado.

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão, a Deus, por estar comigo em todos os momentos, iluminando-me, sendo meu refúgio e fortaleza. “Vós convertestes o meu pranto em prazer, tirastes minhas vestes de penitência e me cingistes de alegria” Salmo (30,11).

À minha orientadora, Professora Dra. Denise Garcia de Santana, que me acolheu em momento conturbado, mas, em pouco tempo, tributou de forma direta para que eu pudesse chegar ao final deste doutorado.

Ao meu Coorientador, Professor Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães, que contribui bastante com as análises e ideias, ao longo de todo período, mesmo antes de voltar a geoestatística, a qual conheci com ele.

À equipe do LASEF-UFU, Gabriella, João Paulo, Roxana, Fernanda, Adílio, pela ajuda essencial com a condução deste trabalho, com os conselhos e com o companheirismo.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG - pela bolsa de estudos que possibilitou a execução desta pesquisa.

À Universidade Federal de Uberlândia, em especial, ao Instituto de Ciências Agrárias pela oportunidade ímpar em minha vida.

Aos membros da banca de defesa - o pesquisador Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior, a Profa. Dra. Patrícia Soares de Resende e o Prof. Dr. Rafael Montanari por aceitarem o convite e contribuírem para a melhoria o aperfeiçoamento deste trabalho.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram na concretização desta importante etapa da minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE FIGURAS	7
RESUMO GERAL	9
GENERAL ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2 METODOLOGIA COMPARTILHADA	14
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	14
2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PEQUIZEIROS E DOS ATRIBUTOS DO SOLO	16
2.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS.....	18
3 REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO I.....	22
CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS FATORES INERENTES À OCORRÊNCIA NATURAL DO PEQUIZEIRO – ANÃO (<i>CARYOCAR BRASILIENSE</i> SUBSP. <i>INTERMEDIUM</i> (WITTM.) PRANCE & M. F. SILVA) POR MEIO DE KRIGAGEM ORDINÁRIA	22
RESUMO.....	23
ABSTRACT	24
1 INTRODUÇÃO	25
2 MATERIAL E MÉTODOS	26
2.1 ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL.....	27
2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GEOESTATÍSTICAS.....	29
3 RESULTADOS.....	29
4 DISCUSSÃO	47
5 CONCLUSÕES	52
6 REFERÊNCIAS.....	54
CAPÍTULO II	59
KRIGAGEM ORDINÁRIA ASSOCIADA A ANÁLISE FATORIAL EXPLORATÓRIA PARA A CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS FATORES INERENTES À OCORRÊNCIA NATURAL DE <i>Caryocar brasiliense</i> subsp. <i>intermedium</i> (WITTM.) PRANCE & M. F. SILVA	59
RESUMO.....	60
ABSTRACT	61

1	INTRODUÇÃO	62
2	MATERIAL E MÉTODOS	64
2.1	ANÁLISE FATORIAL.....	64
2.2	ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL	65
2.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GEOESTATÍSTICAS	66
3	RESULTADOS.....	67
4	DISCUSSÃO	73
5	CONCLUSÕES	77
6	REFERÊNCIAS.....	78
	APÊNDICES	83
	APÊNDICE A.	83
	APÊNDICE B.....	88

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1: Modelos teóricos de semivariogramas experimentais (Equações 3 a 5)..... 28

Tabela 2: Estatística descritiva das variáveis do solo e da distribuição dos indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) em área de cerrado, no município de Ibiá – MG, no ano de 2019. 30

Tabela 3: Modelos, parâmetros, relação C_0/C_0+C e grau da dependência espacial dos semivariogramas ajustados para a distribuição do número de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva), altitude e para as variáveis relativas aos atributos físico-químicos do solo. Ibiá – MG 33

Tabela 4: Dimensão e sobreposição de áreas ocupada por cada extrato de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) em relação às variáveis físico-químicos do solo e da altitude obtidas por meio da krigagem. 43

CAPÍTULO II

Tabela 1: Modelos teóricos de semivariogramas experimentais (Equações 3 a 5)..... 66

Tabela 2: Comunalidades obtidas para as variáveis do solo, a altitude e o NI pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) Ibiá –MG - 2019.67

Tabela 3: Cargas fatoriais dos cinco fatores extraídos e rotacionados das variáveis do solo e dos indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva). Ibiá – MG..... 68

Tabela 4: Modelos, parâmetros, relação C_0/C_0+C e grau da dependência espacial dos semivariogramas ajustados para os fatores e o número de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) . Ibiá – MG 71

LISTA DE FIGURAS

METODOLOGIA COMPARTILHADA

- Figura 1:** Localização da área de ocorrência do pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) no município de Ibiá, estado de Minas Gerais. Detalhe para as nascentes do Ribeirão do Formoso adjacentes à área..... 14
- Figura 2:** Comportamento das temperaturas máxima, mínima e média ao longo dos meses do ano entre as duas normais climatológicas (1961-1990 e 1981-2010). 15
- Figura 3:** Distribuição das precipitações mensais nos dois períodos (1960 -1991 e 1981 -2010) e a variação na distribuição das chuvas nestes períodos. 16
- Figura 4:** Detalhe da área e das disposições dos indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva). No canto superior direito, detalhe da marcação das plantas com TNT. 17
- Figura 5:** Grid amostral para as análises físicas e químicas dos atributos do solo (grid 50 m x 84 m, sendo os 50 m no sentido noroeste/sudeste que corresponde a maior declividade do terreno). 18

CAPÍTULO I

- Figura 1:** Semivariogramas ajustados para: a) número de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva); b) altitude (m); c) pH; d) K (potássio); e) P (fósforo); f) Ca (cálcio); g) Mg (magnésio); h) Al (alumínio); i) H+Al (acidez potencial); j) SB (soma de bases); k) t (Capacidade de troca de cátions efetiva); l) T (capacidade de troca de cátions total); m) V (saturação de bases); n) m (saturação por alumínio); o) MO (matéria orgânica); p) P.rem (fósforo remanescente); q) Argila; r) areia; s) umidade (no período de maior estresse hídrico). Ibiá – MG..... 32
- Figura 2:** Mapas da distribuição espacial do: a) pH; b) número de indivíduos de pequizeiro-anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva); c) Ca (Cálcio); d) Mg (magnésio). Ibiá – MG 34
- Figura 3:** Mapas da distribuição espacial da: a) altitude; b) número de indivíduos de pequizeiro-anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva); c) argila; d) areia, e; e) P.rem (fósforo remanescente). Ibiá – MG 36
- Figura 4:** Mapa da distribuição espacial do K (potássio; a); número de indivíduos do pequizeiro- anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) (b); P (fósforo; c); SB (soma de bases; d) e umidade (período de maior estresse hídrico; e). Ibiá – MG 38
- Figura 5:** Mapa da distribuição espacial do Al (alumínio; a); número de indivíduos do pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva)

(b); H⁺ Al (acidez potencial; c); V (saturação por bases; d) e m (saturação por alumínio; e). Ibiá – MG 40

Figura 6: Mapas da distribuição espacial da MO (matéria orgânica; a); número de indivíduos do pequizeiroanão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) (b); T (capacidade trocas de cátions a pH 7.0; c) e t (capacidade de trocas de cátions efetiva do solo; e). Ibiá- MG 42

CAPÍTULO II

Figura 1: Semivariogramas ajustados para: a) F01 (fator 01); b) F02 (fator 02); c) F03 (fator 03); d) F04 (fator 04); e) F05 (fator 05); e do: f) NI de pequizeiro (número de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA)). Ibiá – MG..... 70

Figura 2: Mapa temático da distribuição espacial do: a) F 01 (Fator 01); b) F 02 (Fator 02); C) F 03 (Fator 03); d) F 04 (Fator 4); e) F 05 (Fator 05) e; f) NI de pequizeiro (número de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA)). Ibiá MG. 72

RESUMO GERAL

O pequiizeiro é uma espécie de grande relevância ambiental, social e econômica. A espécie *Caryocar brasiliense* Cambess. está subdividida em duas subespécies, uma de porte arbóreo (*C. brasiliense* subsp. *brasiliense*) e outra arbustiva (*C. brasiliense* subsp. *intermedium*), popularmente denominada de pequiizeiro – anão. O pequiizeiro – anão possui características interessantes, para o melhoramento genético do pequiizeiro-comum, tais como precocidade, pequeno porte e período de frutificação em época não coincidente. O que o pequiizeiro – anão tem de intrigante é sua distribuição espacial extremamente restrita, pois encontra-se isolado em alguns nichos ecológicos. Assim sendo, compreender os fatores intrínsecos a sua ocorrência natural, por meio da contraposição distribuição espacial dos indivíduos de pequiizeiro, em relação os atributos físico-químicos do solo, foi um objetivo desta tese. Outro objetivo foi subsidiar futuros programas de conservação desta subespécie e de melhoramento genético e manejo da espécie comercial *C. brasiliense* Cambess. A pesquisa foi conduzida em uma área natural de 25.2 ha, cujo solo predominante é um Neossolo litólico distrófico com cobertura formada por fragmento de campo rupestre, localizada no município de Ibiá – MG. O capítulo I traz informações gerais sobre a subespécie. O capítulo I utiliza a geoestatística (*krigagem* ordinária), como ferramenta para estudar a estrutura da distribuição da dependência espacial da subespécie em relação aos atributos do solo (atributos físico-químicos). Nesse capítulo, foi constatado que a maior disponibilidade das bases ($SB > 0.1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e de fósforo ($> 1.05 \text{ mg dm}^{-3}$), percentuais reduzidos de umidade ($< 5\%$) e baixa acidez potencial ($< 4.0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foram os fatores relacionados positivamente ao estabelecimento e desenvolvimento dos indivíduos de pequiizeiro – anão na área. Dentre esses, a umidade do solo é o fator na área altamente condicionante. No capítulo II, integrou-se a geoestatística (*Krigagem* ordinária) à técnica multivariada de análise fatorial exploratória, a fim de se conhecer as correlações entre as variáveis, mapeá-las e caracterizar os fatores relacionados à ocorrência de pequiizeiro – anão. A análise fatorial exploratória permitiu a redução de número de variáveis (19 variáveis para 5 fatores), sem perda de qualidade das informações, já que os 5 fatores explicaram acumuladamente 83.9% da variância das variáveis. A distribuição espacial dos fatores permitiu verificar que, mesmo nas condições de alta acidez e de alta saturação por alumínio, característica da área de estudo, níveis um pouco menores destes íons possibilitaram a formação de micro – habitats favoráveis ao maior desenvolvimento do pequiizeiro – anão (sutis mudanças de fertilidade do solo). Ficou clara também a sensibilidade do pequiizeiro – anão à umidade do solo e a sua resistência ao estresse hídrico, já que está sobre um solo raso e arenoso. O pequiizeiro – anão é adaptado a condições ambientais nocivas à maioria das culturas cultivadas, e é sensível a mudanças ambientais. Assim, conhecer as características associadas a sua ocorrência natural foi importante para subsidiar esforços de preservação, conservação da subespécie, evitando a sua extinção, e auxiliar os programas de melhoramento e de manejo da espécie *C. brasiliense* Cambess.

Palavras-chaves: micro – habitats, campo rupestre, dependência espacial, espécie endêmica, geoestatística, germoplasma, pequi manejado, precocidade, componentes principais, rotação *varimax*, fatores, fertilidade natural.

GENERAL ABSTRACT

The pequi tree is a species of great environmental, social and economic relevance. The species *Caryocar brasiliense* Cambess is subdivided into two subspecies, one of arboreal size (*C. brasiliense* subsp. *brasiliense*) and the other shrub (*C. brasiliense* subsp. *intermedium*), popularly known as dwarf pequi tree. The dwarf pequi tree has interesting characteristics for the genetic improvement of the common pequi tree, such as precocity, small size and fruiting period in a non-coinciding season. What is intriguing about the dwarf pequi tree is its extremely restricted spatial distribution, as it is isolated in some ecological niches. Therefore, understanding the factors intrinsic to its natural occurrence by contrasting the spatial distribution of pequi tree individuals in relation to the physical-chemical attributes of the soil was an objective of this thesis. Another objective was to subsidize future programs for the conservation of this subspecies and for the genetic improvement and management of the commercial *C. brasiliense* Cambess species. The research was carried out in a natural area of 25.2 ha, whose predominant soil is a dystrophic litholic Neosol with cover formed by a fragment of rocky field, located in the municipality of Ibiá-MG. Chapter I uses geostatistics (*ordinary kriging*) as a tool to study the distribution structure of the spatial dependence of the subspecies in relation to soil attributes (physicochemical attributes). In this chapter, it was found that the greater availability of bases ($SB > 0.1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) and phosphorus ($> 1.05 \text{ mg dm}^{-3}$), reduced percentages of moisture ($< 5\%$) and low potential acidity ($< 4.0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) were the factors positively related to the establishment and development of dwarf pequi trees in the area. Among these, soil moisture is the factor in the highly conditioning area. In chapter II, geostatistics was integrated (*ordinary kriging*) with the multivariate technique of exploratory factor analysis, in order to know the correlations between the variables, map them and characterize the factors related to the occurrence of the dwarf pequi tree. Exploratory factor analysis allowed the reduction of the number of variables (19 variables for 5 factors) without loss of information quality, since the 5 factors cumulatively explained 83.9% of the variance of the variables. The spatial distribution of the factors allowed us to verify that even in the conditions of high acidity and high aluminum saturation characteristic of the study area, slightly lower levels of these ions allowed the formation of microhabitats favorable to the greater development of the dwarf pequi tree. (subtle changes in soil fertility). It was also clear the sensitivity of the dwarf pequi tree to soil moisture and its resistance to water stress, since it is on a shallow and sandy soil. The dwarf pequi tree is adapted to harmful environmental conditions to most cultivated crops and is sensitive to environmental changes. Thus, knowing the characteristics associated with its natural occurrence was important to support efforts for the preservation and conservation of the subspecies, preventing its extinction and helping programs for the improvement and management of the species *C. brasiliense* Cambess.

Keywords: endemic species, factors, fertility, geostatistics, germplasm, principal componentes, managed pequi, microhabitats, natural, precocity, rupestrian field, spatial dependence, *varimax* rotation.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma do país e cobre uma área de cerca de 204 milhões de hectares. É a savana tropical com maior biodiversidade do mundo, aproximadamente 5% de toda a biodiversidade do nosso planeta e 30% dos seres vivos identificados no país (EMBRAPA, 2019). É um Bioma de clima caracterizado pela presença de verão chuvoso e inverno seco predominantemente Aw (KÖPPEN, 1948). A precipitação anual varia entre 750 a 2000 mm, com média de 1500 mm. O contraste de altitudes, com oscilações de menos de 300 m (Baixada Cuiabana-MT) a 1600 m (Chapada dos Veadeiros-GO), e também a grande extensão em latitude conferem ao Cerrado *latu senso* diversidade térmica bastante ampla (RIBEIRO; WALTER, 2008).

A vegetação conglomera formações campestres e savânicas, distinta dos biomas adjacentes (Mata Atlântica, Amazônico, Caatinga, Pantanal), embora algumas fitofisionomias de Cerrado compartilhem espécies com outros biomas. A flora das fitofisionomias está, de maneira indireta, condicionada pelo clima, por afetar as características do solo como profundidade, relevo, fertilidade, disponibilidade hídrica, dentre outras; pela latitude e altitude (afeta a temperatura média), frequência de queimadas, profundidade do lençol freático e por fatores antrópicos (RIBEIRO; WALTER, 2008).

No Bioma foram catalogadas 11.627 espécies vegetais, segundo informações do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019). Há grande diversidade de habitats que originam extraordinária alternância de espécies entre diferentes fitofisionomias (MMA, 2019) e essa diversidade de espécies pode ser aproveitada das mais variadas formas pela humanidade. Entretanto, para que essas espécies sejam exploradas com sustentabilidade, é imprescindível conhecer os aspectos relacionados a sua ocorrência natural, para que possam ser desenvolvidos métodos de domesticação, de manejo e também estratégias de preservação do germoplasma.

Dentre as espécies com potencial de domesticação destacam-se as frutíferas, devido ao crescente interesse por suas potencialidades culinárias, medicinais e cosméticas (MORZELLE et al., 2015). As frutíferas do Cerrado podem e devem ser utilizadas também na recuperação de áreas degradadas, no consórcio com espécies florestais, para a diversificação da flora, na arborização e ornamentação de parques e praças (GUIMARÃES, 2017).

O pequizeiro é uma espécie em destaque no Bioma Cerrado, por sua relevância social e econômica, além, é claro, da sua importância para o ecossistema. A população pratica o

extrativismo dos seus frutos para a alimentação e também para a complementação de renda (RIBEIRO et al., 1997; RIBEIRO; RODRIGUES, 2006). Essa espécie é explorada em mais de 13 mil estabelecimentos agropecuários, segundo o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019). Pertencente à família Caryocaraceae, sua ocorrência está restrita à região neotropical e possui a bacia Amazônica como seu centro de dispersão e maior concentração de espécies (PRANCE; SILVA, 1973; VITTA, 2005). A família possui dois gêneros, *Anthodiscus* e *Caryocar*, com 25 e 16 espécies no total, respectivamente (VITTA, 2005).

Caryocar brasiliense Cambess. é a espécie mais comum e mais típica do Cerrado, onde é amplamente distribuída (DIAS, 2017). O mesocarpo carnoso é a forma mais comum de utilização na culinária, porém não única, pois, há também o consumo da amêndoa (OLIVEIRA et al., 2010). Diversos estudos vêm demonstrando seu potencial de exploração, nas mais diversas formas como alimento altamente nutritivo (rico em vitamina A) (KERR et al., 2007) e na elaboração de licores gourmet (LORENZI; MATOS, 2008). O óleo tem potencial para a produção de cosméticos com fins dermatológicos (PIANOVSKI et al., 2008; FARIA et al., 2014) e as folhas para tratamentos fitoterápicos de bronquite e regulação do ciclo de menstrual (SILVA JÚNIOR, 2005; LORENZI; MATOS, 2008). Antioxidantes, encontrados no mesocarpo do fruto, vêm sendo estudados para tratamentos preventivos de câncer (COLOMBO et al., 2013). A casca tem uso para a produção de bioetanol (MACEDO et al., 2011), dentre outros potenciais.

A espécie *C. brasiliense* está subdividida em duas subespécies, uma de porte arbóreo (*Caryocar brasiliense* Cambess. subsp. *brasiliense*) e outra arbustiva (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium*). A espécie de porte arbóreo é amplamente distribuída no Bioma, porém, a de porte arbustivo está limitada a nichos ecológicos e é habitualmente denominada de pequi-anão (SILVA et al., 2001). O pequi-anão é um importante germoplasma para os programas de melhoramento genético da espécie *C. brasiliense*, essa de grande interesse comercial. Entre as características importantes, a serem incorporadas no processo de melhoramento genético, estão a facilidade do manejo, em função do menor porte, e a precocidade, com fase reprodutiva iniciada aos 1.5 a 2 anos, em contraste com pequi-anão comercial, com produção de frutos aos 5 anos (SILVA et al., 2001). Outra característica importante é o período de frutificação, que vai de fevereiro a abril, diferentemente do pequi-anão comum, cujo período de frutificação ocorre entre outubro e março, o que pode ampliar o período de fornecimento de frutos (OLIVEIRA, 2011).

Mesmo com características desejáveis, a domesticação do pequi-anão exige conhecimento das suas necessidades de cultivo e, principalmente, dos motivos que restringem

as populações em determinadas áreas. Um instrumento que pode ser útil, na elaboração das táticas de domesticação e preservação do pequizeiro, é a geoestatística, pois a mesma tem sido empregada para modelar e pesquisar a estrutura de distribuição e de dependência espacial em relação aos atributos do solo (MANZIONE; ZIMBACK, 2011) e seus efeitos sobre a distribuição e comportamento das plantas (RÊGO et al., 2012; PELISSARI et al., 2017). Essas informações, além de permitirem traçar estratégias de preservação, podem nortear todas as etapas de planejamento e execução do manejo (SOARES, 2006), facilitando a domesticação e possibilitando a compreensão do comportamento da espécie no ambiente natural.

Como o pequizeiro – anão apresenta distribuição limitada no bioma Cerrado e, mesmo nas áreas de ocorrência, alterna alta densidade de indivíduos, em algumas regiões, e ausência de indivíduos, em outras, modelar e estudar a sua distribuição espacial pode levar à compreensão dos fatores que beneficiam ou que limitam essa ocorrência. Assim, a hipótese deste trabalho é que a geoestatística é capaz de detectar os padrões de distribuição espacial dos indivíduos de pequizeiro e dos atributos do solo, a fim de verificar e quantificar os fatores relacionados a sua ocorrência. Sendo assim, compreender os fatores inerentes à ocorrência do pequizeiro – anão (*C. brasiliense subsp. intermedium*), por meio da distribuição espacial e dos atributos físicos e químicos do solo, foi o objetivo central desta pesquisa.

Além de informações gerais sobre a subespécie *C. brasiliense subsp. intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva, incluídas nesta introdução, o capítulo I teve como objetivo compreender, por meio da geoestatística, os fatores inerentes à ocorrência do pequizeiro – anão associados à distribuição espacial e aos atributos físicos e químicos do solo. No capítulo II, buscou-se mapear as correlações entre as variáveis relacionadas à ocorrência de pequizeiro – anão (*C. brasilienses subsp. intermedium*), em seu ambiente natural, por meio da aplicação conjunta de técnicas de geoestatística (krigagem ordinária) e da análise fatorial exploratória.

2 METODOLOGIA COMPARTILHADA

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo desta pesquisa está localizada no município de Ibiá – MG, na latitude de -19.822870° e longitude de -46.764410° , com altitude média em torno de 1239 m e terreno bastante irregular. Na área de 25.2 ha, o solo predominante é o NEOSSOLO LITÓLICO distrófico (SANTOS et al. 2018), material de origem quartzito, com cobertura formada por fragmento de Cerrado (com predomínio de campo rupestre) antropizado, explorado esporadicamente como pastagem para bovinos e, por este motivo, sujeito ao fogo e a tratamentos culturais para a eliminação de plantas que causam intoxicação ao gado (Figura 1).

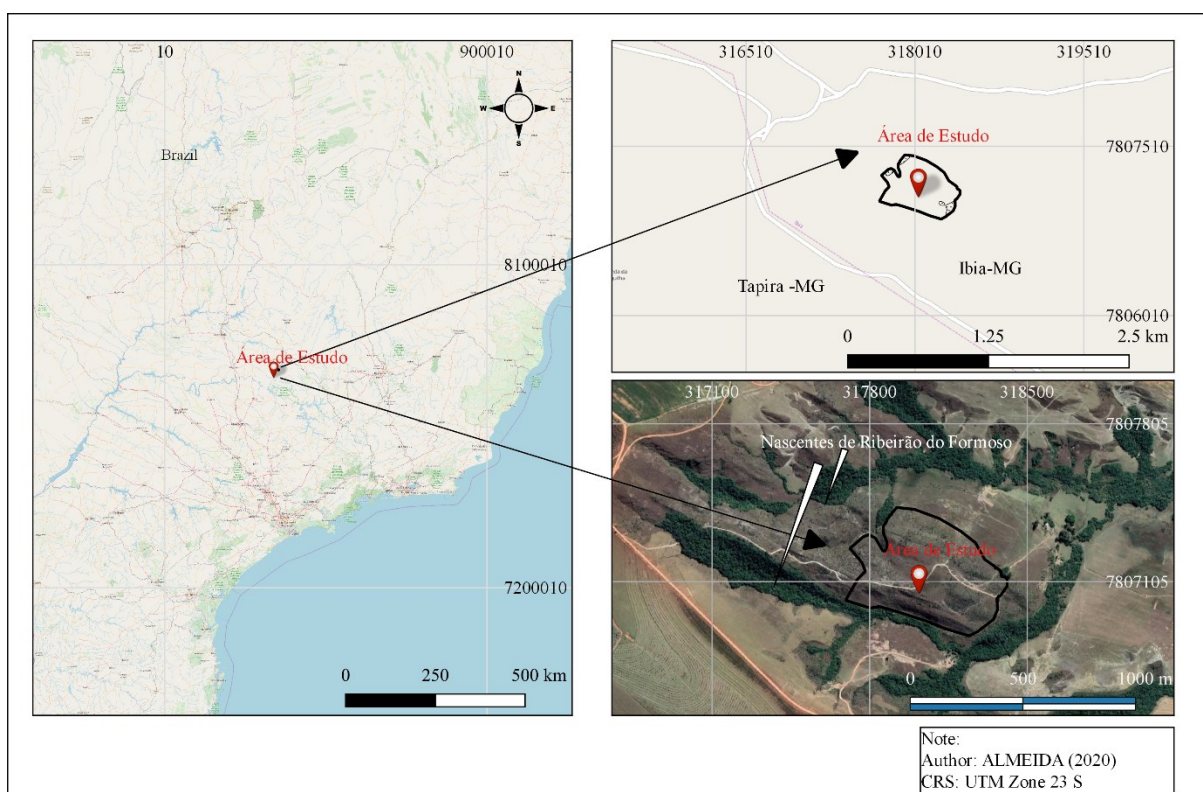


Figura 1: Localização da área de ocorrência do pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) no município de Ibiá, estado de Minas Gerais. Detalhe para as nascentes do Ribeirão do Formoso adjacentes à área.

A estação meteorológica 83579 (código) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) está localizada a 30 km da área em linha reta, sendo uma importante referência para o macroclima da região. A estação possui dados de duas normais climatológicas de 1961 a 1990 e 1981 a 2010 (valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas), sendo essas normais usadas como parâmetros para verificação de mudanças climáticas (INMET, 2019). A temperatura média na região é de 21.1 °C, segundo a última normal climatológica, sendo que houve incremento de 0.9 °C na temperatura média da região entre as duas normais. A média de temperatura mínima foi a mais afetada, com um incremento de 1.1°C (Figura 2).

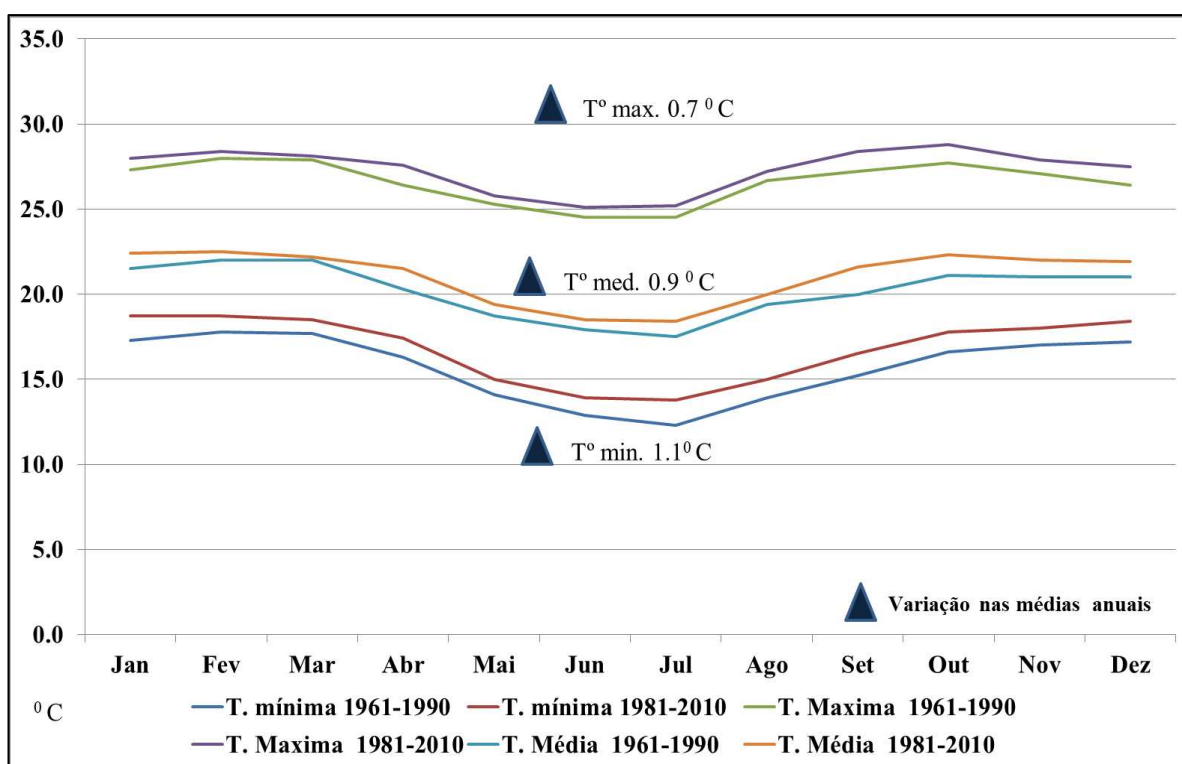


Figura 2: Comportamento das temperaturas máxima, mínima e média ao longo dos meses do ano entre as duas normais climatológicas (1961-1990 e 1981-2010).

Fonte: INMET, 2019.

A precipitação anual média da região é em torno de 1.500 mm, valor praticamente inalterado entre os dois períodos (1961 a 1990 e 1981 a 2010). Entretanto, a distribuição das chuvas sofreu alterações significativas, ao longo do ano, com redução no início do período chuvoso (outubro/novembro) e concentração nos meses de janeiro, fevereiro e março (Figura 3). O vento é predominante no sentido leste e apresenta velocidade média de 2.2 m s⁻¹; a

evapotranspiração potencial média mensal na região é de 111.2 mm e a acumulada anual é de 1334.4 mm, segundo a última série climática (INMET, 2019).

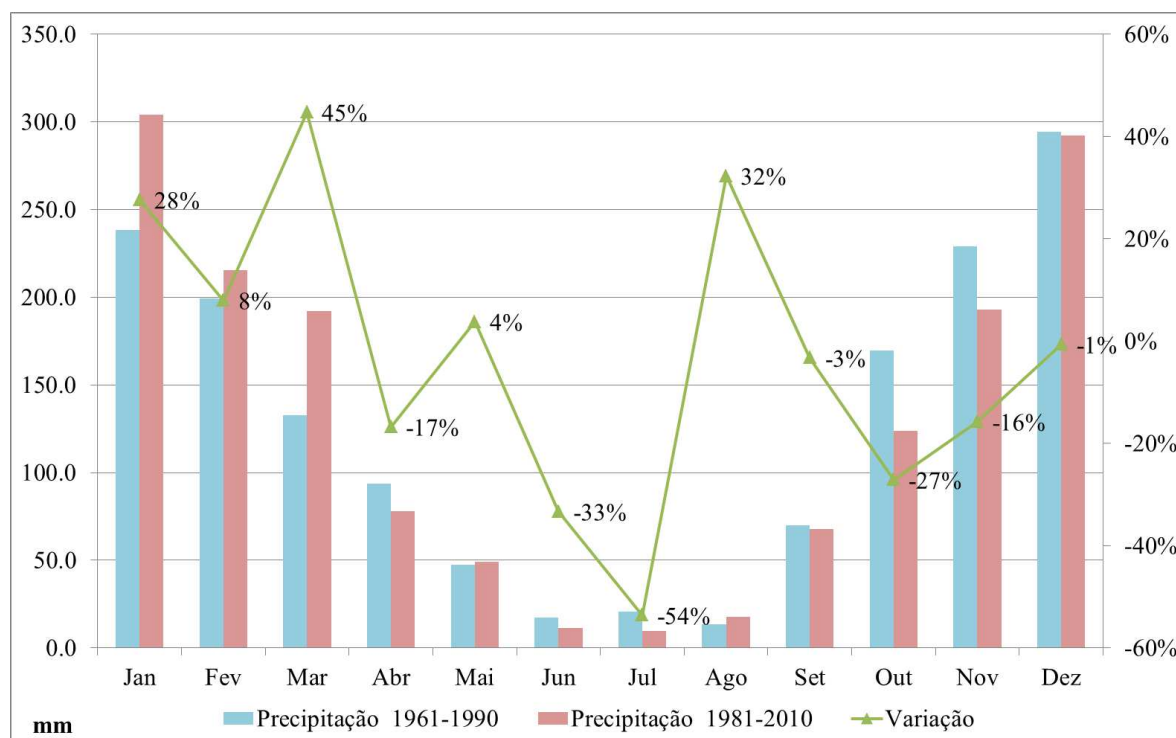


Figura 3: Distribuição das precipitações mensais nos dois períodos (1960 -1991 e 1981 -2010) e a variação na distribuição das chuvas nestes períodos.

Fonte: INMET (2019).

2.2 Identificação dos pequizeiros e dos atributos do solo

Na área foram tomadas as coordenadas geográficas (UTM) de 5256 indivíduos com auxílio de GPS_(s) portáteis da marca comercial Garmin[®] (modelos etrex 10x e etrex 30x). Esse número é praticamente de todos os indivíduos avistados na área. Os indivíduos foram marcados com fitas de TNT vermelho a fim de minimizar subestimativas ou superestimativas, porém, como muitas plantas se encontram perfilhadas, não há como garantir que duas ou mais marcações não sejam de um mesmo indivíduo, aumentando as chances de superestimativas (Figura 4).

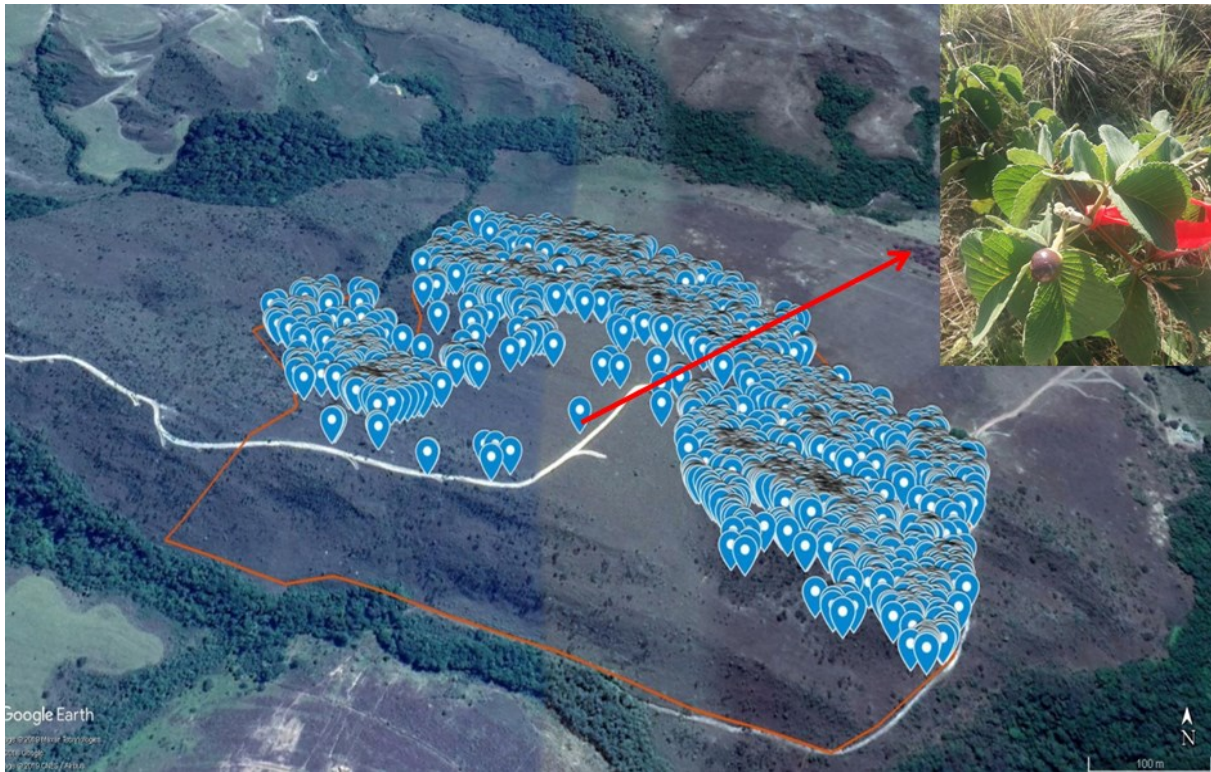


Figura 4: Detalhe da área e das disposições dos indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva). No canto superior direito detalhe da marcação das plantas com TNT.

Fonte: Adaptado Google Earth, (2019).

A área de estudo foi dividida em uma malha regular, com 60 pontos amostrais, com área de 0.42 ha (50 m por 84 m). Em cada grid da malha, foi quantificado o número total de indivíduos de pequizeiro – anão encontrado, o número variou de zero (0) a 401 indivíduos por quadrante (0.42 ha). Essa quantidade de indivíduos de pequizeiro por quadrante do grid foi determinada como variável para entender o comportamento do pequizeiro na área. Próximo ao centro do grid, foram retiradas e misturadas seis amostras de solo, na camada superficial (0.0 – 0.10 m), que formaram a amostra composta. A menor distância no grid (50 m) foi no sentido da maior declividade do terreno (noroeste/sudeste), onde se espera maior variabilidade dos atributos do solo devida aos processos erosivos.

Para a análise dos atributos do solo, a coleta das 60 amostras compostas georreferenciadas foram realizados em junho de 2019. No início do mês de setembro do mesmo ano (período de maior déficit hídrico na região), foram coletadas e georreferenciadas outras 60 amostras compostas de solo para determinação da umidade (Figura 5).

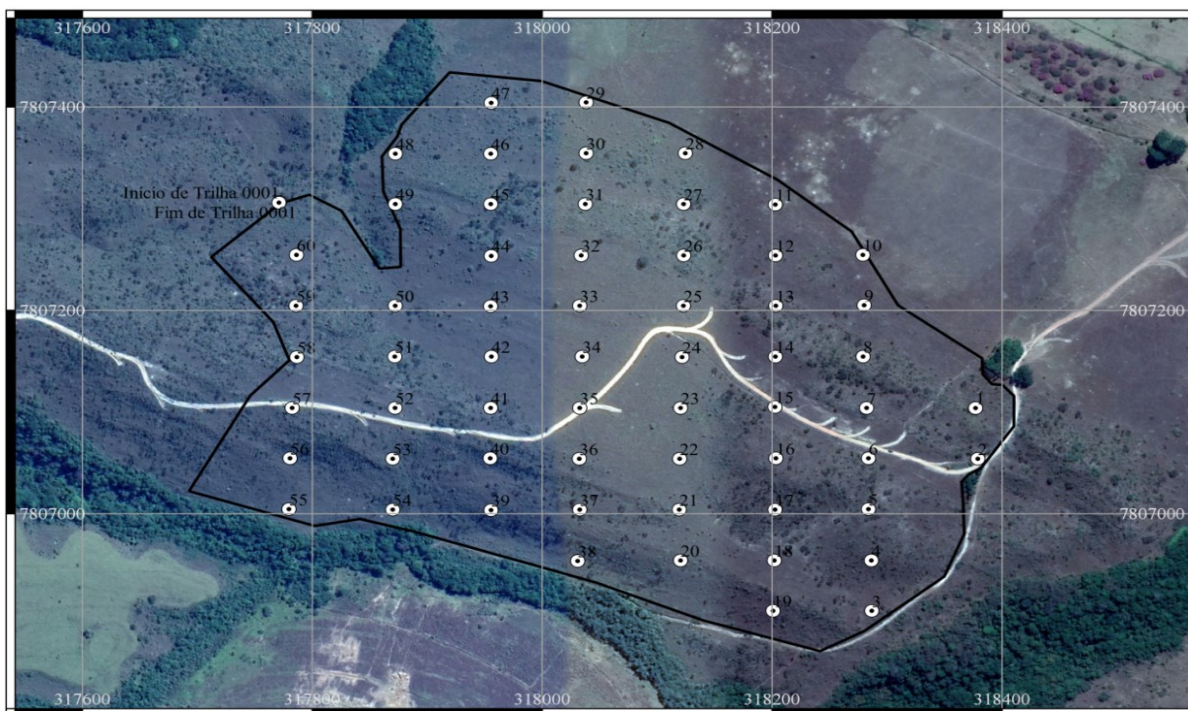


Figura 5: Grid amostral para as análises físicas e químicas dos atributos do solo (grid 50 m x 84 m, sendo os 50 m no sentido noroeste/sudeste que corresponde a maior declividade do terreno).

Fonte: Adaptada Google Earth, 2019.

2.3 Análises físicas e químicas

As análises químicas e físicas foram realizadas pelos Laboratórios de Fertilidade e de Física do Solo, do Departamento de Ciências do Solo, da Universidade Federal de Lavras – UFLA, seguindo a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2011). O pH foi determinado em água; P e K pelo extrator Mehlich 1; H+Al extrator SMP; matéria orgânica (MO) pela oxidação: $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4N+ H_2SO_4 10N; Ca, Mg, Al, extrator: KCl (1 mol L^{-1}) e análise granulométrica pelo método da pipeta, O P.rem utilizou a solução de CaCl_2 10 mmol L^{-1} utilizando 30 mg L^{-1} de P. A umidade do solo foi determinada pela diferença entre a massa da amostra úmida (balança de precisão 0.001g), após a coleta em campo, e a massa da amostra seca, em estufa a 105 °C por 24 horas (TEIXEIRA et al., 2017).

3 REFERÊNCIAS

COLOMBO, N. B. R.; PARRA, E. R.; GRISOLIA, C. K.; HAGE, M.; BARBEIRO, D.; CAPELOZZI, V. L. The potential role of the pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) in the prevention of lung cancer in an experimental model. **European Respiratory Journal**, Dundee, v. 42, n. 57, p. 3121, 2013.

DIAS, A. B. **Ecologia da polinização e troca de polinizadores de *Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Caryocaraceae), em área meridional do Cerrado**. 2017, 50f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”-UNESP, Botucatu, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Contando a Ciência na Web: Bioma Cerrado**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>. Acesso em: 28 mar. 2018.

FARIA, W. C. S., DAMASCENO, G. A. B., FERRARI, M. Moisturizing effect of a cosmetic formulation containing pequi oil (*Caryocar brasiliense*) from the Brazilian cerrado biome. **Brazilian Journal Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 131-136, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502011000100013>

GUIMARÃES, R. N. **Propagação vegetativa do pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) por estaquia**. 2017, 74f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA– INMET. **Normais Climatológicas do Brasil: 1961-1990 e 1981-2010**. Brasília, DF. 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 17 abr. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Brasília, DF. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/resultados-censo-agro-2017>. Acesso em: 02 abr. 2019.

KERR, W. E.; SILVA, F. R.; TCHUCARRAMAE, B. Informações preliminares sobre um pequi sem espinhos no caroço. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 169-171, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000100035>

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**: Fondo de Cultura Económica. México: Editora, 1948. 479p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. 544p.

MACEDO, A. L.; SANTOS, R. S.; PANTOJA, L.; SANTOS, A. S. Pequi cake composition, hydrolysis and fermentation to bioethanol. **Brazilian Journal Chemical Engineering**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 9-15, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322011000100002>

MANZIONE, R.L.; ZIMBACK, C.R.L. Análise espacial multivariada aplicada na avaliação da fertilidade do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 227-235, 2011. <https://doi.org/10.13083/reveng.v19i3.181>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **O Bioma Cerrado**. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 17 abr. 2019.

MORZELLE, M. C.; BACHIEGA, P.; SOUZA, E. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; LAMOUNIER, M. L. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 96-103, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-036/14>

OLIVEIRA, D. L. Viabilidade econômica de algumas espécies medicinais nativas do cerrado. **Revista EVS - Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 301-332, 2011. <http://dx.doi.org/10.18224/est.v38i2.2196>

OLIVEIRA, M. E. B. GUERRA, N. B.; MAIA, A. de H. N.; ALVES, R. E.; MATOS, N. M. DOS S.; SAMPAIO, F. G. M.; LOPES, M. M. T. Características químicas e físico-químicas de pequis da Chapada do Araripe, Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p.114-125, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000030>

PELISSARI, A. L.; FIGUEIREIDO FILHO, A.; PÉLLICO NETTO, S.; EBLING, A. A.; ROVEDA, M.; SANQUETA, C. R. Geostatistical modeling applied to spatiotemporal dynamics of successional tree species groups in a natural Mixed Tropical Forest. **Ecological Indicators**, Oxford, v. 78, n.1, p. 1-7, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.044>

PIANOVSKI, A. R.; VILELA, A. F. G.; SILVA, A. A. S. da.; LIMA, C.; SILVA, K. K.; CARVALHO, V. F. M.; MUSIS, C. R.; MACHADO, S. R. P.; FERRARI, M. Uso do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) em emulsões cosméticas: desenvolvimento e avaliação da estabilidade física. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 249-259, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322008000200010>

PRANCE, G. T.; SILVA, M. F. Caryocaraceae. Flora Neotropical. **The New York Botanical Garden Press**, New York, v.12, p. 1-69, 1973.

RÊGO, N. L.; CORREIA, M. D.; OLINDA, R. A.; MENEZES, R. S. C. Distribuição espacial do teor de nitrogênio em solos do bioma caatinga da espécie arborea *Spondias tuberosa* (umbuzeiro). In: Encontro Nacional de Educação Ciência e Tecnologia – ENECT. 2012. ANAIS [...]. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande., 2012. p. 1-12. Poster 39. <https://doi.org/10.12702/III-SGEA-a19>

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008, p.151 -212.

RIBEIRO. J. F.; RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; PROENÇA. C. B.; FETTILI. J. M.; NOGUEIRA. P. E.; RESENDE, A. V; WALTER, B. M. T.; MUNHOZ, C. B. R.; ALMEIDA, S. P.; FILGUEIRAS, T. Caracterização e manutenção da biodiversidade da flora lenhosa da região do Cerrado. In: **Embrapa-CPAC. Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1991 a 1995**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p. 35-37.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. L. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 5, n. 3, p. 253-260, 2006. <https://doi.org/10.9771/cmbio.v5i3.4263>

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 356 p.

SILVA JÚNIOR, M. C. **100 Árvores do Cerrado: guia de campo**. Brasília: Distrito Federal, Rede de Sementes do Cerrado, 2005, 278p.

SILVA, D.B.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SILVA, J.A.; PEREIRA, A.V.; SALVIANO, A.; JUNQUEIRA, G.D. Avaliação do potencial de produção do "pequizeiro – anão" sob condições naturais na região sul do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 726-729, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300057>

SOARES, A. **Geoestatística para ciências da terra e do ambiente**. 2. ed. Lisboa: IST Press, 2006. 2014p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 730p.

VITTA, F. A. Caryocaraceae. *In*: WANDERLEY, M. G.L.; SHEPHERD, G.J.; MELHEM T. S´A.; GIULIETTI, A.M.; MARTINS, S.E.; ROMANINI, R.P.; PIRANI, J. R.; KIRIZAWA, M., MELO, M. M. R. F.; CORDEIRO, I.; KINOSHITA, L. S. (coord.). **Flora Fanerogâmica do estado de São Paulo**. São Paulo: FAPESP & RiMa, 2005, p. 169-170, v.4.

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS FATORES INERENTES À OCORRÊNCIA NATURAL DO PEQUIZEIRO – ANÃO (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) POR MEIO DE KRIGAGEM ORDINÁRIA

RESUMO

O pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Cambess) possui duas subespécies, *C. brasiliense* subsp. *Brasiliense*, de porte arbóreo, com vasta distribuição no Bioma Cerrado, e *C. brasiliense* subsp. *Intermedium*, de porte arbustivo, popularmente denominado de pequizeiro – anão, o qual tem ocorrência isolada no Bioma. O pequizeiro – anão possui características interessantes para o melhoramento genético do pequizeiro-comum, como precocidade, pequeno porte e período de frutificação em época não coincidente. O que o pequizeiro – anão tem de intrigante é sua distribuição espacial extremamente restrita, pois, encontra-se isolado em alguns nichos ecológicos. Neste contexto, compreender os fatores inerentes à ocorrência do pequizeiro – anão (*C. brasiliense* subsp. *intermedium*), por meio da distribuição espacial e dos atributos físicos e químicos do solo, foi o objetivo desta pesquisa. Outro objetivo foi subsidiar futuros programas de conservação dessa subespécie e de melhoramento genético da espécie comercial *Caryocar brasiliense* Cambess. A pesquisa foi conduzida em uma área natural de 25.2 ha, cujo solo predominante é um Neossolo litólico distrófico, com cobertura formada por fragmento de campo rupestre, localizada no município de Ibiá – MG. A área foi dividida em um grid regular com 60 quadrantes. Em cada quadrante do grid, foi: a) quantificada a população de pequizeiro – anão; b) retirada, em junho de 2019, amostras de solo na camada superficial (0.0 – 0.10 m) para determinação do pH, dos teores de P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Al (alumínio), H⁺ Al (acidez potencial), SB (soma de bases), t (CTC efetiva), T (CTC a pH 7.0), m (saturação por alumínio), V (saturação por bases), MO (matéria orgânica), argila, areia; e, c) retirada, em setembro de 2019, amostras solo (0.0 – 0.10 m), para determinar a umidade no período de maior estresse hídrico. Os dados foram submetidos à estatística descritiva para avaliar o comportamento geral dos dados. Realizou-se a análise de tendência, e foram calculados os coeficientes de assimetria e curtose, para análise do comportamento da distribuição da variável. A modelagem dos semivariogramas foi executada por meio da semivariância. Aplicou-se a krigagem ordinária para a interpolação das variáveis que apresentaram dependência espacial e quando não apresentaram dependência espacial, a interpolação foi realizada pelo método do inverso do quadrado das distâncias (IQD). O número de indivíduos de pequizeiro, a altitude, o P.rem e a umidade apresentaram forte grau de dependência espacial, ao contrário do pH, Ca, Mg, com independência espacial dos dados (efeito pepita puro). As demais variáveis apresentaram grau de dependência espacial moderado. A maior disponibilidade das bases (SB > 0.1 cmol_c dm⁻³) e de fósforo (> 1.05 mg dm⁻³), percentuais reduzidos de umidade (< 5%) e baixa acidez potencial (< 4.0 cmol_c dm⁻³) foram os fatores relacionados positivamente ao estabelecimento e desenvolvimento dos indivíduos de pequizeiro – anão na área. Dentre esses, a umidade do solo é o fator na área altamente condicionante. Cabe ressaltar que os níveis de fertilidade do solo, observados no estudo, estão longe de configurar um solo fértil. A capacidade de crescimento e de desenvolvimento do pequizeiro – anão, em condições altamente restritivas, pode ser considerada como um fator ímpar na seleção e no desenvolvimento de material genético, nos projetos de domesticação e de manejo da espécie *C. brasiliense* Cambess. A preservação e a manutenção da subespécie no ambiente natural estão condicionadas à preservação dos campos rupestres

Palavras-chaves: micro – habitats, campo rupestre, dependência espacial, espécie endêmica.

ABSTRACT

The pequi tree (*Caryocar brasiliense* Cambess.) has two subspecies, *C. brasiliense* subsp. *brasiliense* of arboreal size with wide distribution in the Cerrado Biome and *C. brasiliense* subsp. *intermedium* of shrubby size, popularly called the dwarf pequi tree, which occurs isolatedly in the Biome. The dwarf pequi tree has interesting characteristics for the genetic improvement of the common pequi tree, such as precocity, small size and fruiting period in a non-coincident period. What is intriguing about the dwarf pequi tree is its extremely restricted spatial distribution; it is found isolated in some ecological niches. In this context, understanding the factors inherent to the occurrence of the dwarf pequi tree (*C. brasiliense* subsp. *intermedium*) through the spatial distribution and the physical and chemical attributes of the soil was the objective of this research. Another objective was to support future programs for the conservation of this subspecies and the genetic improvement of the commercial species, *Caryocar brasiliense* Cambess. The research was conducted in a natural area of 25.2 ha, whose predominant soil is a dystrophic lithic Neosol with coverage formed by a fragment of rupestrian field, located in the municipality of Ibiá – MG. The area was divided into a regular grid with 60 quadrants. In each quadrant of the grid it was: a) quantified the dwarf pequi population; b) taken in June 2019 soil samples in the surface layer (0.0 - 0.10 m) to determine the pH, P (phosphorus), K (potassium), Ca (calcium), Mg (magnesium), Al (aluminium) contents, H+Al (potential acidity), SB (sum of bases), t (effective CTC), T (CTC at pH 7.0), m (aluminum saturation), V (base saturation), MO (organic matter), clay, sand, and; c) taken in September 2019 soil samples (0.0 – 0.10 m) to determine moisture in the period of greatest water stress. The data were submitted to descriptive statistics to assess the general behavior of the data. A trend analysis was performed, and the coefficients of asymmetry and kurtosis were calculated to analyze the behavior of the distribution of the variable. The modeling of semivariograms was performed using semivariance. Ordinary kriging was applied for the interpolation of the variables that showed spatial dependence and when they did not present spatial dependence, the interpolation was performed using the inverse square of distance method (IQD). The number of pequi trees, altitude, P.rem and moisture showed a strong degree of spatial dependence, unlike pH, Ca, Mg with spatial independence of the data (pure nugget effect). The other variables showed a moderate degree of spatial dependence. A maior disponibilidade das bases ($SB > 0.1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e de fósforo ($> 1.05 \text{ mg dm}^{-3}$), percentuais reduzidos de umidade ($< 5\%$) e baixa acidez potencial ($< 4.0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foram os fatores relacionados positivamente ao estabelecimento e desenvolvimento dos indivíduos de pequizeiro – anão na área. Dentre esses, a umidade do solo é o fator na área altamente condicionante. Cabe ressaltar, que os níveis de fertilidade do solo observados no estudo estão longe de um solo fértil. A capacidade de crescimento e desenvolvimento do pequizeiro – anão em condições altamente restritivas pode ser considerada como um fator ímpar na seleção e desenvolvimento de material genético nos projetos de domesticação e manejo da espécie *C. brasiliense* Cambess. A preservação e manutenção da subespécie no ambiente natural estão condicionadas a preservação dos campos rupestres

Key-words: micro – habitats, rupestrian field, spatial dependence, endemic species.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Caryocar brasiliense* Cambess. está subdividida em duas subespécies, *C. brasiliense* subsp. *Brasiliense*, de porte arbóreo, com vasta distribuição no Bioma Cerrado, e *C. brasiliense* subsp. *intermedium*, de porte arbustivo. De ocorrência isolada no Bioma, a subespécie “*intermedium*” é popularmente denominada de pequi-anão; com altura entre 30 a 80 cm, pode ou não possuir caule aparente (PRANCE; SILVA, 1973; SILVA et al., 2001). O pequizeiro – anão apresenta folhas planas, não rugosas, pedicelos e pedúnculos glabros ou pouco pubescentes. A face superior da folha é geralmente glabra podendo apresentar pelos longos, duros e grossos, esparsamente distribuídos em sua superfície, à semelhança do que ocorre na face inferior (SILVA et al., 2001).

Entre as suas características mais importantes, para fins de melhoramento genético, está a precocidade, pois inicia sua produção de frutos entre 18 e 24 meses, diferentemente do pequizeiro comum, com início de frutificação tardia, aos 5 anos (SILVA et al., 2001). Não é desconhecido o fato de que a espécie *C. brasiliense* e as subespécies de porte arbustivo ou arbóreo estão distribuídas em áreas de domínio do Cerrado. Contudo, o pequizeiro – anão (*C. brasiliense* subsp. *intermedium*) parece estar agrupado e confinado em áreas específicas. O agrupamento de indivíduos não é uma particularidade do pequizeiro – anão, uma vez que as espécies de plantas se aglomeram, em consequência dos seus meios reprodutivos, dos fatores ambientais ou devido aos aspectos de interação com outros indivíduos (PERRY; DIXON, 2002; pLUÍS et al., 2007). O que o pequizeiro – anão tem em particular é a sua distribuição espacial extremamente restrita a nichos ecológicos, o que avigora a necessidade de mais estudos sobre os aspectos relacionados a sua ocorrência natural, para a manutenção do seu germoplasma.

Nesse contexto, técnicas de geoestatística são capazes de contribuir para a determinação da dependência espacial relativa a essa ocorrência peculiar de *C. brasiliense* subsp. *intermedium*. Compreender a distribuição espacial de espécies vegetais em uma área pode auxiliar no entendimento dos fatores que delimitam sua ocorrência em determinados pontos da área, podendo assim traçar métodos de conservação e de manejo sustentável (SOUZA; COIMBRA, 2005). A geoestatística apresenta potencial para modelar o comportamento espacial de espécies vegetais (PELLISSARI et al., 2014), podendo mapear e correlacionar os padrões espaciais e dinâmicos do ecossistema e compreender os fatores que propiciam ou limitam a distribuição.

Ao mapear o comportamento espacial de espécies da Floresta Tropical Mista, a geoestatística permitiu identificar a dinâmica da área basal e de grupos sucessionais, verificando

que o fragmento florestal era composto por mosaicos espaciais heterogêneos, cujos padrões de distribuição eram em decorrência da agregação (PELISSARI et al., 2017). Por meio da krigagem, associada a técnicas de sensoriamento remoto, foi possível estimar o número de espécies, biomassa, condições de sanidade e idade das árvores de 20 condados da Geórgia (EUA), informações importantes para o manejo de áreas florestais e de recursos naturais daquela região (MENG et al., 2009).

A geoestatística também apontou que a população de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), espécie endêmica da Caatinga, está correlacionada espacialmente com a disponibilidade de nitrogênio na área (RÊGO et al., 2012). A krigagem indicou que o adensamento natural do castanhal, nativo da Floresta Nacional dos Tapajós, correlacionou-se positivamente com os teores de argila e silte e negativamente com a macroporosidade do solo (GUERREIRO et al., 2017). Em fragmentos do Cerrado, na região noroeste do Estado de São Paulo, os indivíduos das espécies, em áreas perturbadas, apresentavam padrões distintos de dependência espacial, quando comparados aos indivíduos das mesmas espécies, em fragmentos naturais, ou seja, a perturbação causa modificações nos padrões de distribuição espacial das espécies (NEVES, 2013).

Essas pesquisas retratam como a geoestatística pode auxiliar nas relações de dependência espacial, envolvendo distribuição das espécies em áreas naturais de ocorrência. Nesse contexto, compreender os fatores inerentes à ocorrência do pequizeiro – anão (*C. brasiliense subsp. intermedium*), por meio da distribuição espacial e dos atributos físicos e químicos do solo, foi o objetivo central deste estudo. Outro objetivo foi subsidiar futuros programas de conservação desta subespécie e de melhoramento genético da espécie comercial, *Caryocar brasiliense* Cambess.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para as informações referentes à área de pesquisa, à identificação dos pequizeiros e dos atributos do solo *vide* o item “2 Metodologia Compartilhada” e seus subitens (2.1, 2.2 e 2.3), páginas 17 a 21 deste documento.

2.1 Análise da dependência espacial

A estatística descritiva (máximo e mínimo, média, mediana, variância, desvio padrão e coeficiente de variação) foi utilizada para a análise preliminar do comportamento geral das variáveis do solo, assim como do número de indivíduos do pequiizeiro – anão e da altitude. Para a caracterização espacial, realizou-se a análise de tendência por meio das dispersões nas orientações leste (x) e norte (y) e pelos gráficos de posição dos pontos amostrais na área. Foram gerados os histogramas e calculados os coeficientes de assimetria e curtose para a análise do comportamento da distribuição da variável.

A modelagem dos semivariogramas foi executada por meio da semivariância, medida de dissimilaridade calculada preferencialmente pela fórmula de Matheron (1963), conhecido como método clássico (Equação 1). Nos casos de assimetria acentuada à direita, presença de outliers ou indícios de tendência em que o estimador clássico não permitiu o ajuste de semivariogramas visualmente confiáveis, o mesmo foi substituído pelo estimador robusto, proposto por Cressie e Hawkins (1980) (Equação 2).

$$\bar{Y}(h) = \frac{1}{2N(h)} * \sum^{N(h)} [Z(s) - Z(s+h)]^2 \quad (1)$$

$$\bar{Y}(h) = \frac{1}{2} * \frac{[N(h)^{-1} \sum_{N(h)} \sqrt{(Z(s+h)-Z(s))}]^4}{0.457 + \frac{0.497}{N(h)}} \quad (2)$$

onde: $\bar{Y}(h)$ é a semivariância para a distância h , $N(h)$ é o número de pares da diferença da variável Z medida na posição s e $s+h$ (posição + distância).

Após a obtenção das semivariâncias experimentais, todas as variáveis foram ajustadas aos modelos esférico, exponencial e gaussiano de dependência espacial (Tabela 1). A escolha do modelo foi baseada na análise visual conhecida como “a sentença” (*sensu* VIEIRA et al., 1983) e na técnica de validação cruzada. Na validação cruzada, cada valor original foi removido do domínio espacial e, usando-se os demais, um novo valor foi estimado para o ponto, obtendo-se o gráfico da relação entre valores estimados e observados. O modelo selecionado foi aquele no qual valores estimados e observados não diferiram estatisticamente a significância de 0.01.

Tabela 1. Modelos teóricos de semivariogramas experimentais (Equações 3 a 5)

Modelo teórico	¹ Equação
² Esférico	$y(h) = C_o + C[1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a}\right)^3 \text{ para } h > a \quad (3)$ $y(h) = C_o + C \text{ para } h \leq a$
³ Exponencial	$y(h) = C_o + C[1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right)] \quad (4)$
⁴ Gaussiano	$y(h) = C_o + C[1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right)^2] \quad (5)$

¹ C_o: efeito pepita; C: contribuição; C_o +C: patamar; a: alcance; h: vetor entre dois pontos x₁ e x₂ no espaço tridimensional. ² Alcance prático é igual ao alcance teórico; ³O alcance prático é o alcance teórico multiplicado por 3; ⁴O alcance prático é o alcance teórico multiplicado por $\sqrt{3}$. Adaptado: Yamamoto e Landim (2013).

De posse dos modelos de semivariogramas, calculou-se o grau de dependência espacial proposto por Cambardella et al. (1994):

$$GD = \frac{C_o}{C_o + C} \quad (6)$$

onde: GD é o grau de dependência espacial; C_o é o efeito pepita; C é a contribuição (C_o+C = patamar); GD < 0.25 indica forte dependência espacial; 0.25 ≤ GD ≤ 0.75 dependência moderada e GD > 0.75 indica dependência fraca.

Para as variáveis relativas aos atributos físico-químicos do solo, com dependência espacial, e para o número de indivíduos de pequizeiro, aplicou-se a krigagem ordinária para a interpolação (YAMAMOTO; LANDIM, 2013) e quando não apresentaram dependência espacial, a interpolação foi realizada pelo método do inverso do quadrado das distâncias (IQD), método de interpolação por estatística clássica bastante assertivo (KRAJEWSKI; GIBBS, 1966).

Para a verificação da sobreposição dos níveis de cada variável, em relação à densidade populacional do pequizeiro – anão, inicialmente foi estabelecida a mesma estratificação para todas as variáveis, sete extratos. Como as escalas são diferentes, para este procedimento, foi necessária a transformação dos valores estimados pela *krigagem* em variáveis ordenadas que representassem os valores de cada extrato de maneira crescente. Após obter as variáveis, aplicou-se a tabela cruzada para verificar a sobreposição (coincidência) dos extratos físico-químicos do solo em relação à população de pequizeiro – anão.

2.2 Análises estatísticas e geoestatísticas

As análises estatísticas e geoestatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R versão 3.6.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019), utilizando os pacotes geoR (RIBEIRO JÚNIOR; DIGGLE, 2018), moments (KOMSTA; NOVOMESTKY, 2015), sp (BIVAND et al., 2013); lattice (SARKAR, 2008). As imagens em raster (imagens com a matriz de pontos) da interpolação por meio da krigagem ou por IQD no R foram exportadas e inseridas no programa QGis 3.8 (QGis, 2019) para a plotagem de mapas temáticos com melhor qualidade.

3 RESULTADOS

O pequizeiro – anão apresentou em média 87.57 indivíduos por 4200 m² (quadrat); valor esse pouco representativo pela ausência de indivíduos em alguns “quadrat” (mínimo) e a concentração de indivíduos em outros (máximo de 401 indivíduos). Altitudes mínima e máxima de 1213 e 1258 m, respectivamente, retratam a diferença acentuada de nível da área que, em alguns trechos, apresentou declividade maior que 25% (Tabela 2).

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis do solo e da distribuição dos indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) em área de cerrado, no município de Ibiá – MG, no ano de 2019.

Atributo	Unidade	min	\tilde{x}	\bar{x}	max	<i>S</i>	<i>s</i> ²	CV	Cs	Ck
Pequizeiro	NI	0.00	38.00	87.57	401	109.57	12004	125.12	1.26	0.50
Altitude	m	1213	1240	1239	1258	11.96	143.16	0.97	-0.37	-0.93
pH		3.80	4.50	4.54	5.20	0.25	0.06	5.51	-0.22	0.70
K	mg dm ⁻³	6.88	24.75	27.61	60.31	13.66	186.56	49.47	0.54	-0.63
P	mg dm ⁻³	0.00	0.54	0.75	2.90	0.65	0.42	86.67	1.14	1.29
Ca	cmol _c dm ⁻³	0.00	0.00	0.005	0.19	0.03	0.00	600.00	6.360	41.37
Mg	cmol _c dm ⁻³	0.00	0.02	0.036	0.32	0.05	0.00	138.89	4.470	24.20
Al	cmol _c dm ⁻³	0.06	1.25	1.32	2.29	0.36	0.13	27.27	0.76	0.12
H+Al	cmol _c dm ⁻³	2.48	5.49	5.67	10.75	1.91	3.66	33.69	0.65	0.08
SB	cmol _c dm ⁻³	0.03	0.09	0.11	0.55	0.08	0.01	72.73	3.12	13.66
T	cmol _c dm ⁻³	0.84	1.33	1.43	2.41	0.39	0.15	27.27	0.66	-0.32
T	cmol _c dm ⁻³	2.70	5.55	5.80	10.83	1.91	3.66	32.93	0.67	0.08
V	%	0.55	1.56	2.03	12.55	1.79	3.19	88.18	4.16	20.23
m	%	69.44	93.86	92.31	98.67	5.24	27.50	5.68	-2.48	7.01
MO	dag kg	0.62	1.55	1.67	3.71	0.56	0.31	33.53	0.99	1.68
P.rem	mg L	28.08	36.16	36.10	44.68	4.36	19.01	12.08	0.03	-0.88
Argila	dag kg ⁻¹	8.00	13.00	13.48	21.00	3.20	10.22	23.74	0.47	2.57
Areia	dag kg ⁻¹	51.00	66.00	65.57	82.00	7.00	49.03	10.68	-0.01	2.72
Umidade	%	0.57	1.63	2.51	12.79	2.25	5.06	89.64	2.40	6.87

min: mínimo; \tilde{x} : mediana; \bar{x} : média; max: máximo; *s*: desvio padrão; *s*²: variância; CV: coeficiente de variação; Cs: coeficiente de assimetria; Ck: coeficiente de curtose. NI: Número de indivíduos; K: Potássio; P: Fósforo; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions a pH 7.0; V: saturação por bases; m: saturação por Alumínio; MO: matéria orgânica; P.rem: fósforo remanescente.

A altitude, pH, Al (alumínio), t (capacidade de trocas de cátions efetiva), m (saturação por alumínio), P.rem (fósforo remanescente), argila e areia foram as variáveis com menor dispersão relativa (CV < 30%). As variáveis K (potássio), H+Al (hidrogênio + alumínio), T (capacidade de trocas de cátions a pH 7) e MO (matéria orgânica) apresentaram CV intermediário, entre 30 e 50%, sendo P (fósforo), V (saturação por bases), SB (soma de bases) e a umidade com alta dispersão relativa, CV entre 50 a 90%, seguidos do NI de pequizeiro (número de indivíduos de pequizeiro) com a dispersão, CV= 125% (Tabela 2). Por fim, o Mg (magnésio) e o Ca (cálcio), com dispersão muito alta, CV de 138 e 600%, respectivamente.

O solo apresenta elevada acidez, pH entre 3.80 a 5.20, com média (\bar{x}) e mediana (\tilde{x}) similares em torno dos 4.5 (Tabela 2) e, por isso, há déficit de bases (Ca, Mg, K), causando baixa saturação (\bar{x} de V \approx 2%). O elemento Ca, devido a sua escassez na área, praticamente não foi detectado no solo (\tilde{x} = 0.00 e \bar{x} = 0.005 cmol_c dm⁻³) e os níveis de Mg estão baixíssimos, média de 0.036 cmol_c dm⁻³ e máximo de 0.32 cmol_c dm⁻³. O potássio (K) é a base com a maior disponibilidade na área, média de 27.6 mg dm⁻³ (0.07 cmol_c dm⁻³). A concentração do fósforo

(P) foi baixa, média de 0.75 mg dm^{-3} , a ponto de não ser registrado em alguns *quadrat* e ter atingido apenas o máximo 2.9 mg dm^{-3} em outro. O solo tem alta concentração de alumínio (Al) e, por consequência, alta saturação deste elemento (m) em sua t (capacidade de trocas de efetiva do solo), chegando a atingir 98.7%.

Os teores médios de argila e areia de 13.48 e $65.57 \text{ dag kg}^{-1}$, respectivamente, caracterizam o solo como arenoso (Tabela 2). A umidade medida na camada de 0-0.10 m e no ápice do déficit hídrico (após período de 4 meses sem precipitação significativa) mostra algumas regiões com maior umidade natural (12.79%), cerca de 22 vezes maior que a umidade mínima (0.57%).

As variáveis NI de pequizeiro, P, Ca, Mg, SB, V, m e a umidade se afastaram de forma mais evidente da simetria, assim como P, Ca, Mg, SB, V, m, MO, argila, areia e umidade apresentaram curtose relativamente alta (Tabela 2). A grande quantidade de valores de Ca iguais a zero (0) levou a predominância apenas do quartil (Q1) para este nutriente em toda a área e, por consequência, a assimetria à esquerda (Apêndice A).

Embora as variáveis NI de pequizeiro, K, altitude e umidade do solo tenham retratado provável tendência de posições dos quartis, essa tendência não foi significativa nas direções X e Y, não ocorrendo a necessidade de transformar os dados (Apêndice A). Para as demais variáveis, a distribuição dos quartis e da dispersão confirmaram não ocorrer tendência significativa. As variáveis pH, Ca, Mg apresentaram efeito pepita puro (EPP) caracterizando assim independência espacial (Figura 1; Tabela 3).

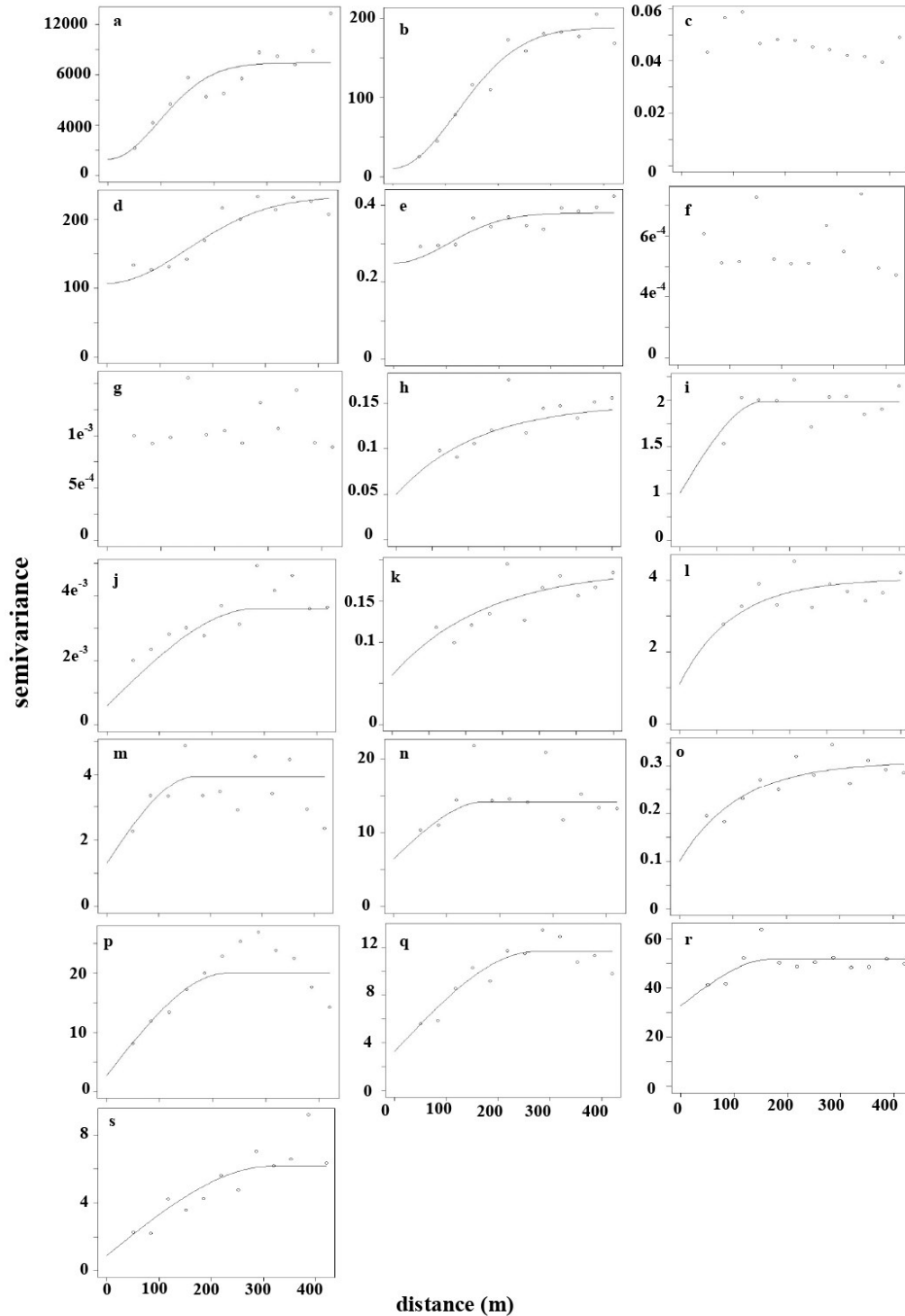


Figura 1: Semivariogramas ajustados para: a) número de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva); b) altitude (m); c) pH; d) K (potássio); e) P (fósforo); f) Ca (cálcio); g) Mg (magnésio); h) Al (alumínio); i) H+Al (acidez potencial); j) SB (soma de bases); k) t (Capacidade de troca de cátions efetiva); l) T (capacidade de troca de cátions total); m) V (saturação de bases); n) m (saturação por alumínio); o) MO (matéria orgânica); p) P.rem (fósforo remanescente); q) Argila; r) areia; s) umidade (no período de maior estresse hídrico). Ibiá – MG.

Tabela 3: Modelos, parâmetros, relação C_0/C_0+C e grau da dependência espacial dos semivariogramas ajustados para a distribuição do número de indivíduos de pequiizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva), altitude e para as variáveis relativas aos atributos físico-químicos do solo. Ibiá – MG

Atributo	Modelo	¹ C	² C ₀	⁵ Alcance Prático (a)	³ C ₀ /C ₀ +C	Grau de Dependência (GD)
NI de						
Pequiizeiro	Gaussiano	7652.51	1287.05	235.62	0.14	Forte
Altitude	Gaussiano	177.34	11.08	294.52	0.06	Forte
pH	EPP ⁴	--	--	--	--	Ausente
K	Gaussiano	126.16	107.23	373.06	0.46	Moderado
P	Gaussiano	0.13	0.25	255.24	0.66	Moderado
Ca	EPP ⁴	--	--	--	--	Ausente
Mg	EPP ⁴	--	--	--	--	Ausente
Al	Exponencial	0.10	0.05	340.02	0.33	Moderado
H+Al	Esférico	1.75	1.95	113.50	0.53	Moderado
SB	Esférico	0.0014	0.0008	260.92	0.36	Moderado
t	Exponencial	0.13	0.06	388.60	0.32	Moderado
T	Exponencial	2.94	1.10	218.60	0.27	Moderado
V	Esférico	2.63	1.31	170.16	0.33	Moderado
m	Esférico	7.66	6.48	170.16	0.46	Moderado
MO	Exponencial	0.21	0.10	339.00	0.32	Moderado
P.rem	Esférico	17.30	2.70	226.88	0.14	Forte
Argila	Esférico	8.37	3.27	272.26	0.28	Moderado
Areia	Esférico	18.95	32.74	170.2	0.63	Moderado
Umidade	Esférico	5.24	0.92	317.64	0.14	Forte

¹ C: contribuição; ² Co: efeito pepita (Co +C = patamar); ³método de Cambardella et al. (1994); ⁴EPP: efeito pepita puro. ⁵modelo esférico o alcance prático é igual ao alcance teórico – modelo exponencial o alcance prático é o alcance teórico multiplicado por 3 – modelo gaussiano o alcance prático é o alcance teórico multiplicado por $\sqrt{3}$. NI: Número de indivíduos; K: Potássio; P: Fósforo; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions a pH 7.0; V: saturação por bases; m: saturação por Alumínio; MO: matéria orgânica; P.rem: fósforo remanescente.

O NI de pequiizeiro, altitude, P.rem e a umidade apresentaram forte grau de dependência espacial ($GD < 0.25$; *sensu* CAMBARDELLA et al., 1994) e as demais variáveis apresentaram grau de dependência espacial moderado ($0.25 \leq GD \leq 0.75$; *sensu* CAMBARDELLA et al., 1994) (Tabela 3). Para NI de pequiizeiro, altitude, K e P, o modelo de semivariograma ajustado foi o gaussiano; exponencial para Al, t, T e MO e esférico para H+Al, SB, V, m, P.rem, argila, areia e umidade. A CTC efetiva (t) foi a variável com maior alcance prático (388.6 m) e a variável H+Al, a menor (113.5 m); valores consideráveis uma vez que a distância mínima entre os pontos do grid foi de 50 m (Figura 1; Tabela 3).

O efeito pepita puro (EPP) do pH, Ca e do Mg foi consequência dos baixos e pontuais teores dessas bases no solo, especialmente no mapa do Ca, devido à grande quantidade de valores igual a zero, revelados nos mapas temáticos gerados por IQD por algumas manchas mais claras ou mais escuras, sistematicamente distribuídas ao longo da área (Figura 2a; 2c; 2d). Esta distribuição pontual impediu inferências mais precisas da associação destas variáveis (pH, Ca, Mg) com o desenvolvimento do pequizeiro (Figura 2b).

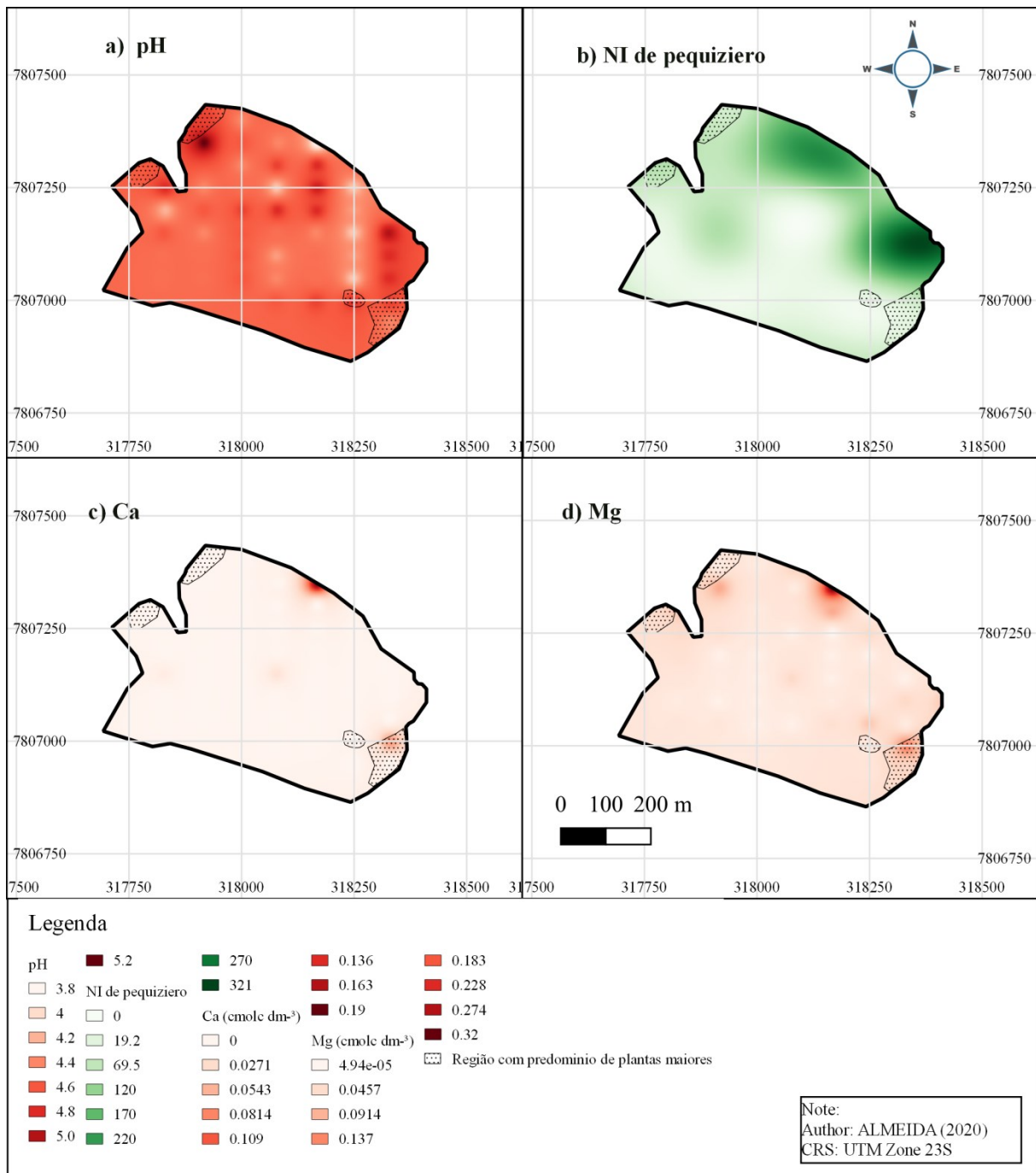


Figura 2: Mapas da distribuição espacial do: a) pH; b) número de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocarp brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva); c) Ca (Cálcio); d) Mg (magnésio). Ibiá – MG

O pequizeiro – anão está concentrado na região mais ao norte da área (cor verde intensa no mapa), onde as estimativas mostraram alta densidade de indivíduos, possibilidade de ocorrência de mais de 760 indivíduos por hectare (Figura 3b). As regiões mais ao sul, tons de verde mais claro no mapa, apresentaram baixa estimativa de ocorrência ou mesmo ausência de indivíduos da espécie. A presença de indivíduos nas regiões mais ao norte e a menor densidade e até ausência de indivíduos ao sul da área, regiões que possuem altitudes semelhantes (Figura 3a), indicaram que a altitude analisada de forma isolada não possui relação com a distribuição do pequizeiro – anão.

O mapa temático da distribuição espacial de argila mostrou uma concentração deste mineral nas extremidades noroeste e sudeste da área, regiões com disponibilidade acima de 14.8% (Figura 3c). No restante da área, os baixos percentuais de argila (entre 9 e 12%) e altos de areia (média de 65.57%) indicaram que o solo é bastante arenoso. O solo é de fato predominantemente arenoso, na maior parte da área, mesmo nos locais com textura média ($15\% \leq \text{argila} \leq 35\%$, *sensu* RIBEIRO et al., 1999).

Uma das características bastante influenciada pela mineralogia do solo é a adsorção aniônica. A região central da área é a de menor capacidade de adsorção aniônica ($P.\text{rem} > 39 \text{ mg L}^{-1}$). As duas extremidades (noroeste e sudeste) são as regiões em que há maior adsorção ($P.\text{rem} < 30.8 \text{ mg L}^{-1}$) (Figura 3e).

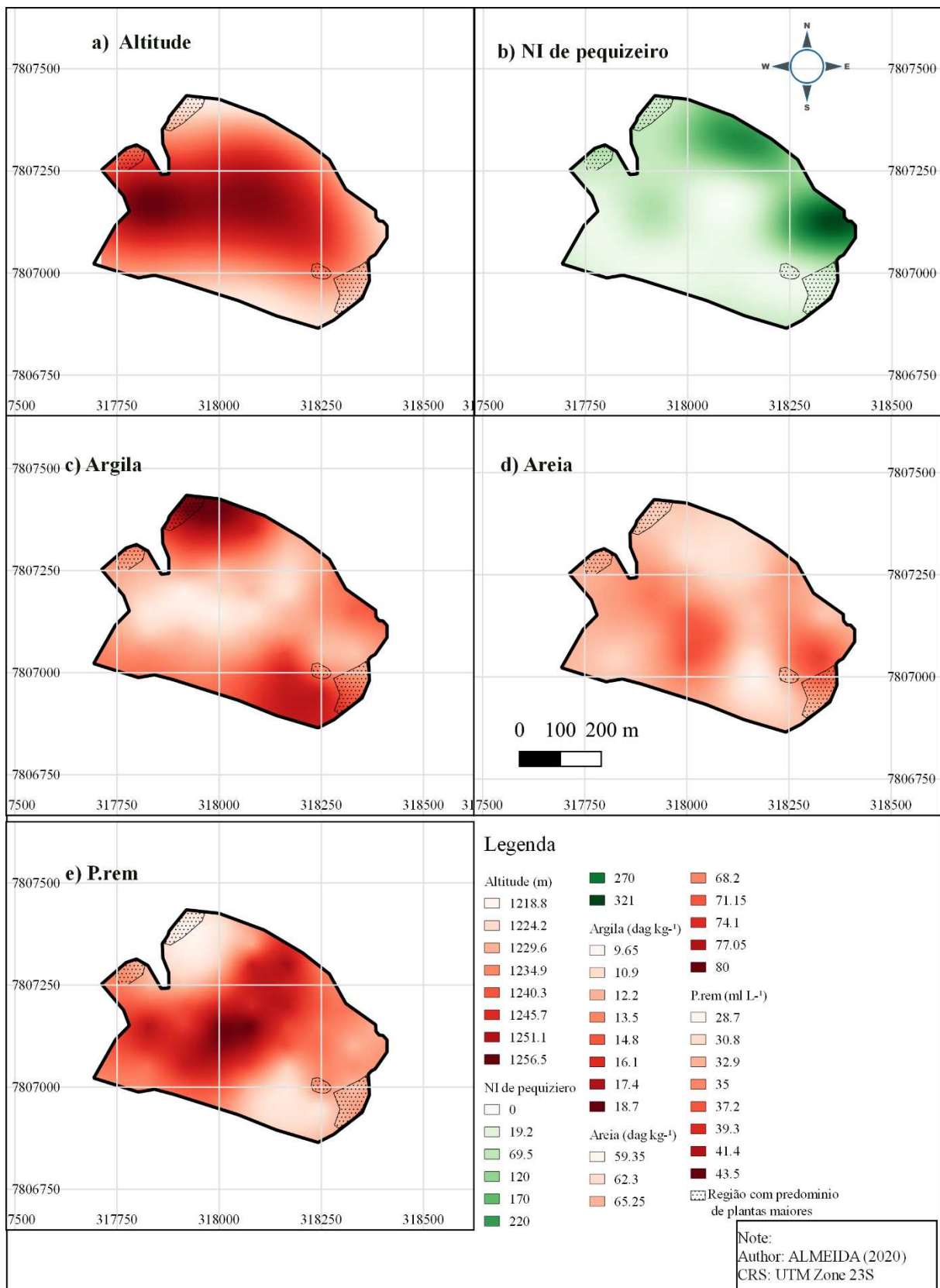


Figura 3: Mapas da distribuição espacial da: a) altitude; b) número de indivíduos de pequiziero – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva); c) argila; d) areia e; e) P.rem (fósforo remanescente). Ibiá – MG

O potássio apresentou distribuição em faixas. Há na área duas faixas com maior disponibilidade de K, uma ao leste e a outra a oeste ($> 30 \text{ mg dm}^{-3}$), separadas por uma faixa central de menor disponibilidade ($< 30 \text{ mg dm}^{-3}$). Ainda, no centro da faixa de menor disponibilidade, há uma região ainda mais restrita, com teores entre 13.5 e 17.5 mg dm^{-3} (Figura 4a). As maiores disponibilidades de P ($> 1.39 \text{ mg dm}^{-3}$) estão nas regiões mais ao sudeste e ao noroeste da área, visivelmente locais de ocorrência de indivíduos de pequizeiro de maior porte (com caule aparente e definido). Por outro lado, nas regiões com até 0.382 mg dm^{-3} de disponibilidade de P, a ocorrência do pequizeiro é limitada (Figura 4b; 4c). Observando a disponibilidade de K e P, regiões onde há maior disponibilidade de ambos, coincide com regiões nas quais há maior crescimento vegetativo (porte) dos pequizeiros, plantas com caule aparente (Figura 4b, região hachurada no mapa temático).

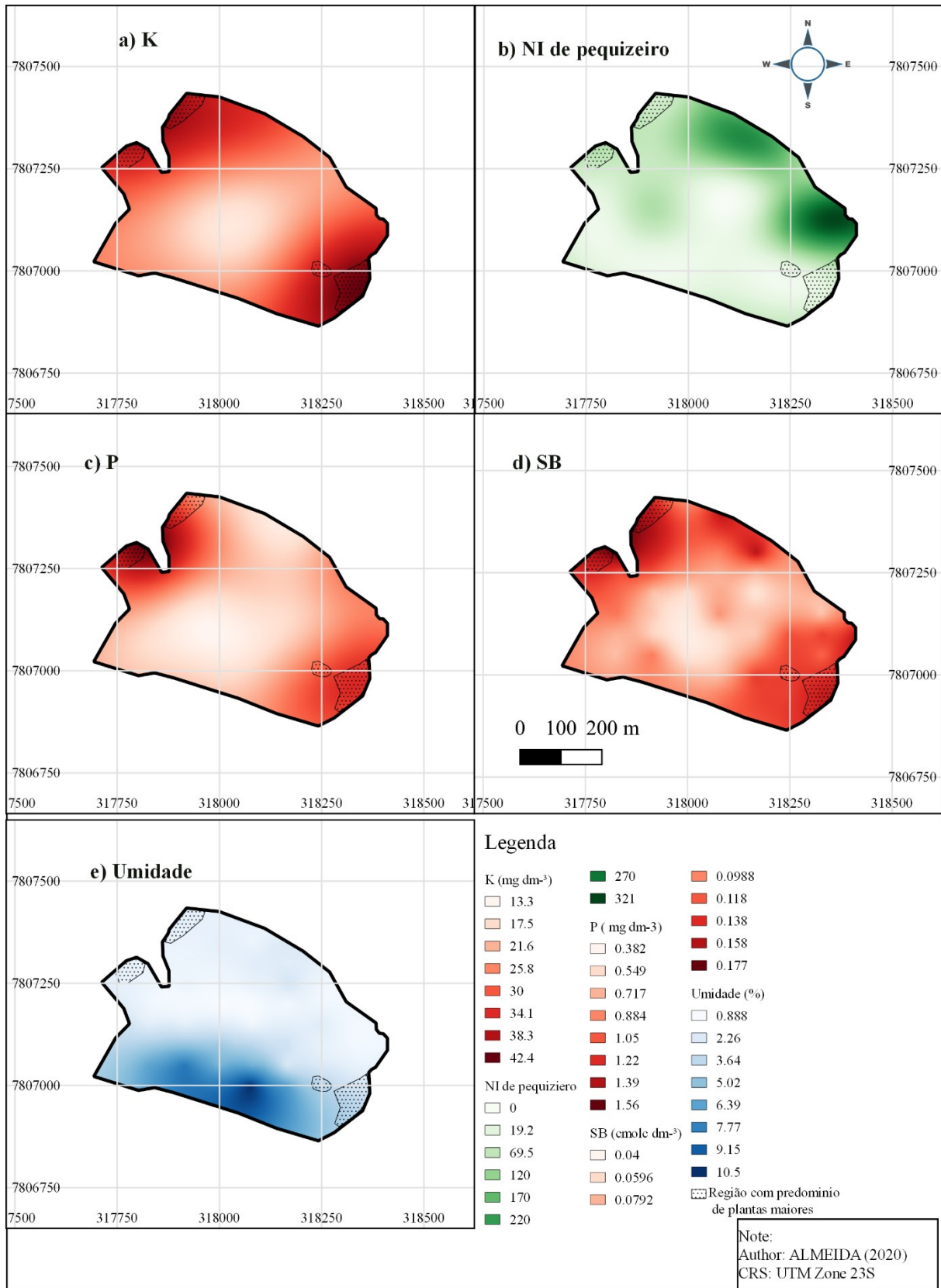


Figura 4: Mapa da distribuição espacial do: a) K (potássio); b) número de indivíduos do pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva); c) P (fósforo); d) SB (soma de bases); e, e) umidade (período de maior estresse hídrico). Ibiá – MG

A SB reforça que as bases estão mais distribuídas nas extremidades da área (noroeste, sudeste), grande parte devido ao peso do elemento potássio (K), base de maior disponibilidade no solo. A extremidade noroeste é a região com maior acúmulo de SB, com a disponibilidade acima de $0.158 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, atingindo o nível máximo encontrado na área ($0.177 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e a sudeste apresenta SB entre 0.118 e $0.158 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo segunda região em disponibilidade. No centro da área (nas proximidades da longitude 318000 utm), praticamente não houve detecção de bases ou essas foram muito baixas, disponibilidade 0.04 e $0.0596 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, coincidindo com a região em que praticamente não são encontrados indivíduos de pequizeiros (Figura 4b; 4c).

A umidade do solo é um fator relacionado com a ocorrência natural de pequizeiros na área. Os pontos com maior umidade, em pleno ápice do déficit hídrico, localizados ao sul da área, são as regiões com menor ocorrência do pequizeiro (Figuras 4b; 4e). A região sul apresentou, na camada superficial (0 - 0.1 m), umidade maior que 7%, contrastando com o restante da área com umidade menor, chegando a ser inferior a 1%. Essas regiões com maiores umidades são regiões onde há restrição à ocorrência do pequizeiro, por outro lado, as regiões de menor umidade são regiões com a ocorrência da espécie.

O Al apresentou duas regiões com maior concentração ($>1.75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em polos opostos da área; uma ao noroeste e a outra ao sudeste. Nas regiões em que há presença do pequizeiro e a disponibilidade do Al é menor, há maior concentração de indivíduos (Figura 5a). A acidez potencial (H+Al) tem distribuição mosqueada; algumas regiões de maior concentração intercaladas por regiões de menores concentrações (Figura 5c).

A região com maior saturação por bases ($V > 5.12\%$) ao norte é a região com menor saturação por Al ($m < 86\%$) e uma das regiões com maior concentração de indivíduos de pequizeiro (Figura 5b, 5d e 5e). A região mais a leste, em que as saturações de V e m estão em torno de 5 e 89%, respectivamente, é a outra região com maior concentração de indivíduos.

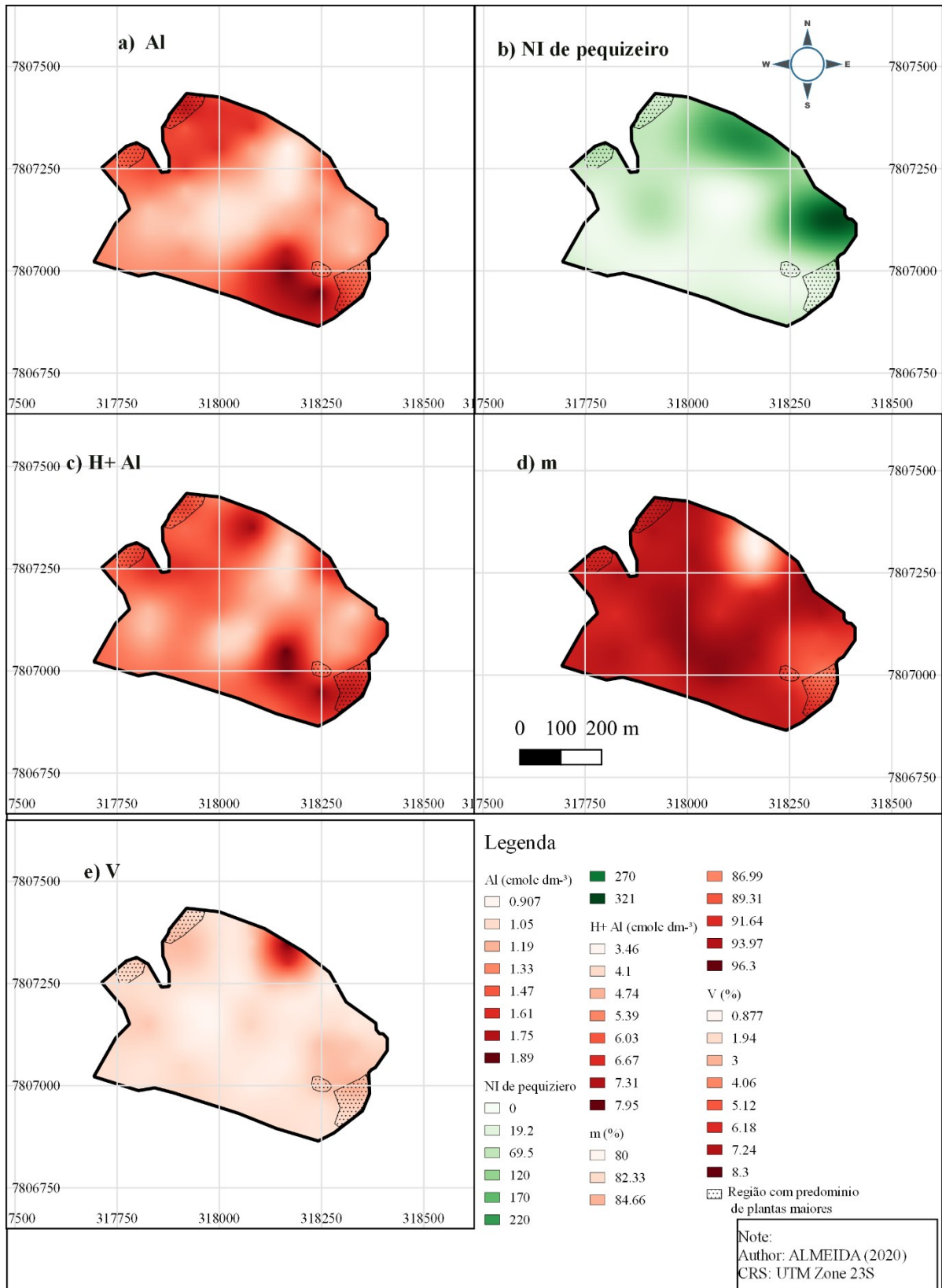


Figura: 5 Mapa da distribuição espacial do: a) Al (alumínio); b) número de indivíduos do pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva); c) H+ Al (acidez potencial; d) V (saturação por bases); e, e) m (saturação por alumínio; e). Ibiá – MG

A MO apresentou maior concentração nas extremidades leste e noroeste da área (Figura 6a), locais nos quais a sua concentração no solo é maior que 1.89 dag kg^{-1} , ao contrário das regiões mais centrais, com teores abaixo desse valor. A t e T (CTC efetiva e total) são bastante dependentes da MO por ser o material de maior disponibilidade de cargas neste solo. Os pontos de maiores intensidades de CTC efetiva e total coincidiram com as maiores intensidades de MO (Figura 6c; 6d). Cabe ressaltar que o Al é o elemento que ocupa grande parte CTC efetiva (t) (mais de 90%; Tabela 2). A CTC total (T) está praticamente toda ocupada pela acidez potencial, em média 97%.

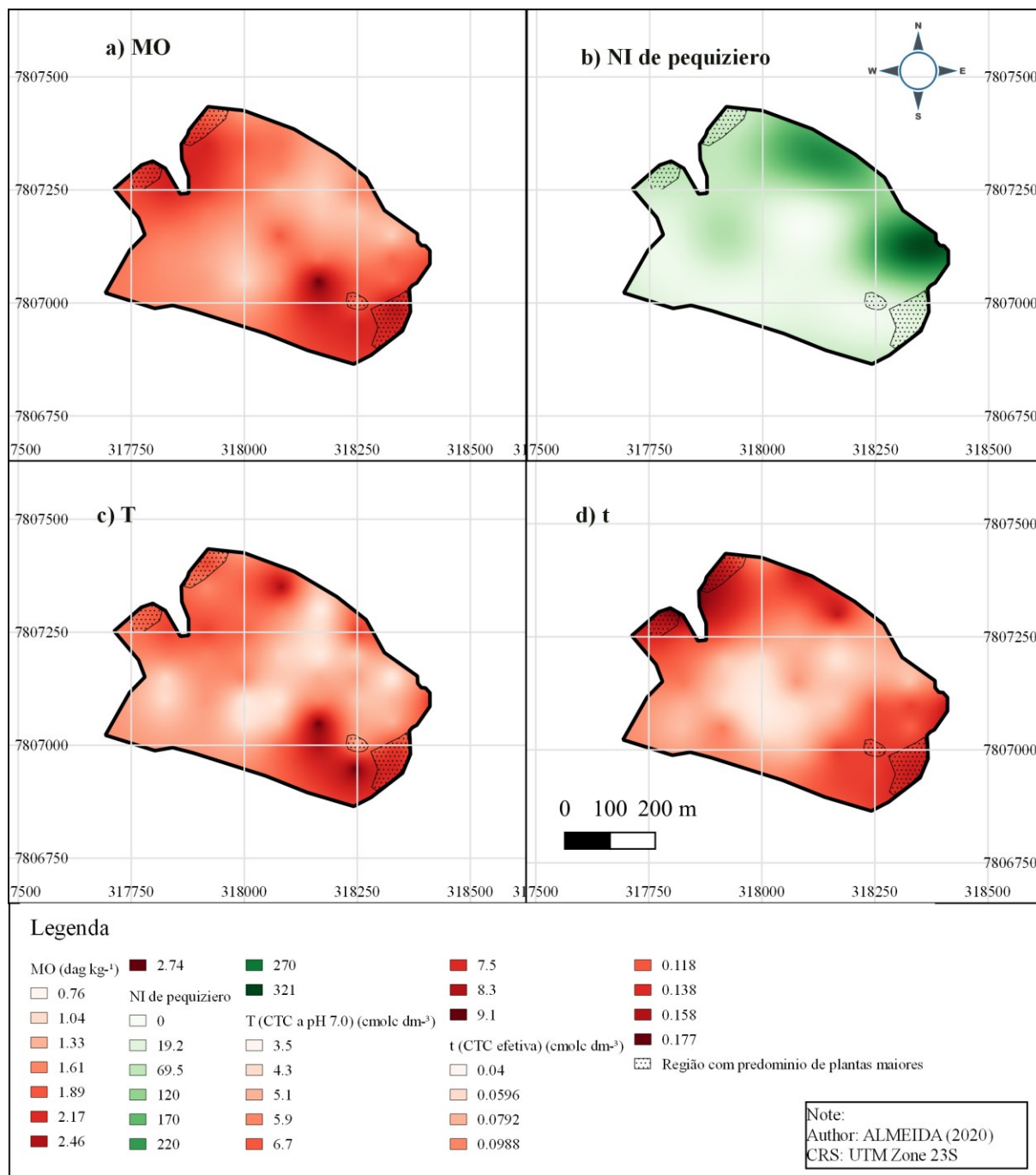


Figura 6: Mapas da distribuição espacial da: a) MO (matéria orgânica); b) número de indivíduos do pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva); c) T (capacidade trocas de cátions a pH 7.0; e, d) t (capacidade de trocas de cátions efetiva do solo. Ibiá- MG

Na área de 25.2 ha, o pequizeiro – anão está presente em 19.2 ha, sendo que sua densidade populacional variou entre 19 e 69 indivíduos por quadrante em 9.6 ha dessa área e entre 69.5 - 120 indivíduos por quadrante em outros 4.9 ha (Tabela 4). Densidades populacionais do pequizeiro – anão, acima de 120 indivíduos por quadrante e até maiores que 270 indivíduos, estão concentrados em alguns pontos que juntos representaram 4.6 ha. Em cerca

de 50% da área, a altitude está entre 1224 e 1234 m, e nas demais altitudes estão distribuídas de forma semelhante (equitativa). Nas altitudes menores (<1224 m) predominam áreas com ausência de indivíduos de pequi.

A sobreposição do número de indivíduos de pequizeiro – anão com a distribuição espacial do potássio (K) mostrou que, quando os níveis no solo deste nutriente estavam abaixo de 25.8 mg dm⁻³, predominou a ausência da subespécie e, quando ela ocorreu, foi em baixa densidade (Tabela 4). As regiões na área com concentração de K inferiores a 30 mg dm⁻³ compuseram 90% da área com ausência de pequizeiro – anão (5.4 ha dos 6 ha nos quais a espécie não foi encontrada).

Os níveis mais baixos de P (fósforo) no solo estiveram também diretamente correlacionados com a ausência de indivíduos de pequizeiro. Nos dois primeiros estratos (P = 0.38 a 0.72 mg dm⁻³) concentrou-se cerca de 70% das regiões da área com restrição ao pequizeiro (Tabela 4).

Tabela 4: Dimensão e sobreposição de áreas ocupada por cada extrato de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva) em relação às variáveis físico-químicas do solo e da altitude, obtidas por meio da krigagem

Pequi (NI de Indivíduos)	Altitude (m)							Total (ha)
	1218.0- 1224.2	1224.2- 1229.6	1229.6- 1234.9	1234.9- 1240.3	1240.3- 1245.7	1245.7- 1251.1	>1251.1	
Ausência	1.20	0.31	1.00	0.99	0.89	0.69	1.01	6.09
19 – 69.5	0.31	3.46	2.82	0.41	0.44	1.02	1.18	9.63
69.5 – 120	0.41	0.84	1.78	0.70	0.38	0.42	0.41	4.93
120 – 170	0.04	0.81	0.28	0.20	0.27	0.33	0.00	1.93
170 – 220	0.00	0.41	0.32	0.21	0.24	0.18	0.00	1.36
220 – 270	0.00	0.24	0.10	0.20	0.21	0.04	0.00	0.79
>270	0.00	0.10	0.17	0.13	0.07	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	1.96	6.17	6.46	2.84	2.50	2.68	2.59	25.20
	Potássio, K (mg dm ⁻³)							Total (ha)
	<17.5	17.5- 21.6	21.6- 25.8	25.8- 30.0	30.0- 34.1	34.1- 38.3	>38.3	
Ausência	0.49	1.21	1.90	1.64	0.30	0.22	0.32	6.09
19 – 69.5	0.16	0.48	1.20	3.80	1.06	1.38	1.55	9.63
69.5 -120	0.00	0.16	0.76	0.66	0.57	1.49	1.30	4.93
120 – 170	0.00	0.00	0.55	0.46	0.42	0.39	0.10	1.93
170 – 220	0.00	0.00	0.20	0.45	0.42	0.26	0.01	1.36
220 – 270	0.00	0.00	0.02	0.38	0.27	0.12	0.00	0.79
>270	0.00	0.00	0.00	0.16	0.28	0.04	0.00	0.48
Total (ha)	0.66	1.86	4.64	7.54	3.32	3.90	3.28	25.20

Continua...

Tabela 4: Continuação...

	Fósforo, P (mg dm ⁻³)							Total (ha)
	< 0.38	0.38-0.72	0.72-0.88	0.88-1.05	1.05-1.22	1.22-1.39	>1.39	
Ausência	1.70	2.42	1.02	0.52	0.37	0.06	0.00	6.09
19 – 69.5	0.66	1.50	3.68	1.74	1.42	0.44	0.20	9.63
69.5 -120	0.38	0.83	1.02	1.17	0.73	0.39	0.43	4.93
120 – 170	0.24	0.46	0.81	0.30	0.12	0.00	0.00	1.93
170 – 220	0.20	0.44	0.41	0.22	0.08	0.00	0.00	1.36
220 – 270	0.19	0.04	0.33	0.23	0.00	0.00	0.00	0.79
>270	0.00	0.00	0.18	0.30	0.00	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	3.37	5.68	7.45	4.47	2.72	0.89	0.62	25.20
	Alumínio, Al (cmol _c dm ⁻³)							Total (ha)
	0.90-1.05	1.05-1.19	1.19-1.33	1.33-1.47	1.47-1.61	1.61-1.75	>1.75	
Ausência	0.33	0.82	2.36	1.49	0.35	0.35	0.38	6.09
19 - 69,5	0.23	0.64	0.94	4.96	2.04	0.76	0.05	9.63
69,5 -120	0.08	0.43	0.44	2.57	1.42	0.01	0.00	4.93
120 – 170	0.07	0.17	0.49	0.83	0.37	0.00	0.00	1.93
170 – 220	0.10	0.21	0.30	0.56	0.19	0.00	0.00	1.36
220 – 270	0.04	0.14	0.29	0.31	0.02	0.00	0.00	0.79
>270	0.00	0.14	0.24	0.09	0.00	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	0.84	2.55	5.05	10.82	4.38	1.12	0.44	25.20
	H+ Al (cmol _c dm ⁻³)							Total (ha)
	3.46-4.10	4.10-4.74	4.74-5.39	5.39-6.03	6.03-6.67	6.67-7.31	>7.31	
Ausência	0.00	0.63	1.23	3.11	0.29	0.61	0.21	6.09
19 - 69,5	0.00	0.21	0.58	6.59	1.99	0.23	0.02	9.63
69,5 -120	0.02	0.07	0.49	3.58	0.72	0.05	0.00	4.93
120 – 170	0.03	0.05	0.33	0.92	0.60	0.00	0.00	1.93
170 – 220	0.01	0.12	0.33	0.45	0.26	0.17	0.01	1.36
220 – 270	0.00	0.13	0.25	0.20	0.14	0.06	0.00	0.79
>270	0.00	0.12	0.14	0.13	0.08	0.01	0.00	0.48
Total (ha)	0.06	1.34	3.34	14.99	4.09	1.14	0.25	25.20
	Soma de Bases, SB (cmol _c dm ⁻³)							Total (ha)
	0.0400-0.0596	0.0596-0.0792	0.0792-0.0988	0.0988-0.1180	0.1180-0.1380	0.1380-0.1580	>0.1580	
Ausência	0.28	1.19	2.84	1.07	0.64	0.06	0.00	6.09
19 - 69,5	0.20	0.56	1.93	4.61	1.82	0.46	0.04	9.63
69,5 -120	0.00	0.39	0.84	1.40	1.53	0.48	0.29	4.93
120 – 170	0.00	0.13	0.44	0.66	0.63	0.07	0.00	1.93
170 – 220	0.00	0.06	0.13	0.46	0.60	0.10	0.00	1.36
220 – 270	0.00	0.04	0.12	0.19	0.34	0.09	0.00	0.79
>270	0.00	0.02	0.10	0.19	0.14	0.02	0.00	0.48
Total (ha)	0.48	2.40	6.41	8.59	5.70	1.29	0.33	25.20

Continua...

Tabela 4: Continuação...

	CTC efetiva, t (cmol _c dm ⁻³)							Total (ha)
	1.02-1.16	1.16-1.31	1.31-1.45	1.45-1.59	1.59-1.74	1.74-1.88	<1.88	
Ausência	0.63	0.79	2.41	1.15	0.37	0.35	0.38	6.09
19 – 69.5	0.38	0.63	1.03	4.39	2.23	0.87	0.09	9.63
69.5 -120	0.12	0.45	0.36	2.06	1.94	0.00	0.00	4.93
120 – 170	0.08	0.15	0.49	0.83	0.38	0.00	0.00	1.93
170 – 220	0.07	0.18	0.31	0.57	0.22	0.00	0.00	1.36
220 – 270	0.00	0.16	0.28	0.31	0.04	0.00	0.00	0.79
>270	0.00	0.18	0.20	0.09	0.00	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	1.29	2.53	5.08	9.42	5.19	1.22	0.47	25.20
	CTC total, T (cmol _c dm ⁻³)							Total (ha)
	3.5-4.3	4.3-5.1	5.1-5.9	5.9-6.7	6.7-7.5	7.5-8.3	>8.3	
Ausência	0.26	1.15	3.43	0.29	0.31	0.54	0.11	6.09
19 – 69.5	0.09	0.38	2.69	4.77	1.52	0.17	0.00	9.63
69.5 -120	0.03	0.24	0.96	3.48	0.23	0.00	0.00	4.93
120 – 170	0.03	0.20	0.42	1.13	0.16	0.00	0.00	1.93
170 – 220	0.05	0.28	0.32	0.39	0.28	0.04	0.00	1.36
220 – 270	0.02	0.26	0.19	0.18	0.11	0.03	0.00	0.79
>270	0.02	0.16	0.16	0.09	0.04	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	0.50	2.66	8.16	10.32	2.65	0.79	0.12	25.20
	Saturação de Bases, V (%)							Total (ha)
	0.88-1.94	1.94-3.00	3.00-4.06	4.06-5.12	5.12-6.18	6.18-7.24	>7.24	
Ausência	4.03	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.09
19 - 69,5	3.85	5.70	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	9.63
69,5 -120	1.55	3.29	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	4.93
120 – 170	0.93	0.80	0.10	0.05	0.04	0.00	0.00	1.93
170 – 220	0.50	0.49	0.12	0.12	0.06	0.04	0.02	1.36
220 – 270	0.28	0.29	0.03	0.05	0.04	0.07	0.01	0.79
>270	0.30	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	11.45	12.82	0.38	0.25	0.15	0.12	0.04	25.20
	Saturação por Alumínio, m (%)							Total (ha)
	80.0-82.3	82.3-84.6	84.6-86.9	86.9-89.3	89.3-91.6	91.6-93.9	>93.9	
Ausência	0.00	0.00	0.00	0.05	0.29	4.59	1.15	6.09
19 - 69,5	0.00	0.00	0.00	0.18	0.61	7.97	0.86	9.63
69,5 -120	0.00	0.00	0.03	0.20	0.58	3.56	0.57	4.93
120 – 170	0.00	0.04	0.10	0.16	0.36	1.02	0.24	1.93
170 – 220	0.07	0.12	0.09	0.08	0.35	0.52	0.11	1.36
220 – 270	0.10	0.04	0.04	0.03	0.22	0.28	0.08	0.79
>270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.31	0.03	0.48
Total (ha)	0.17	0.21	0.27	0.70	2.57	18.25	3.03	25.20

Continua...

Tabela 4: Continuação...

	Fósforo remanescente, P.rem (mg L ⁻¹)							Total (ha)
	28.3-30.8	30.8-32.9	32.9-35.0	35.0-37.2	37.2-39.3	39.3-41.4	>41.4	
Ausência	0.39	0.46	0.83	2.29	0.90	0.77	0.44	6.09
19 - 69,5	0.58	1.15	3.06	3.61	0.44	0.59	0.20	9.63
69,5 -120	0.37	0.40	1.70	1.80	0.44	0.23	0.00	4.93
120 – 170	0.05	0.13	0.66	0.78	0.20	0.12	0.00	1.93
170 – 220	0.00	0.06	0.63	0.32	0.18	0.16	0.01	1.36
220 – 270	0.00	0.00	0.45	0.15	0.06	0.12	0.01	0.79
>270	0.00	0.05	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	1.39	2.26	7.75	8.94	2.22	1.98	0.66	25.20
	Matéria Orgânica, MO (dag kg ⁻¹)							Total (ha)
	0.76-1.04	1.04-1.33	1.33-1.61	1.61-1.89	1.89-2.17	2.17-2.46	>2.46	
Ausência	0.25	1.09	3.27	0.47	0.53	0.40	0.07	6.09
19 - 69,5	0.23	0.75	4.34	1.90	1.97	0.43	0.01	9.63
69,5 -120	0.20	0.77	1.10	1.84	0.91	0.13	0.00	4.93
120 – 170	0.15	0.56	0.66	0.43	0.12	0.00	0.00	1.93
170 – 220	0.12	0.39	0.52	0.24	0.09	0.00	0.00	1.36
220 – 270	0.08	0.29	0.23	0.14	0.05	0.00	0.00	0.79
>270	0.04	0.15	0.16	0.12	0.00	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	1.06	4.01	10.28	5.13	3.68	0.96	0.08	25.20
	Argila (dag kg ⁻¹)							Total (ha)
	9.95-10.9	10.9-12.2	12.2-13.5	13.5-14.8	14.8-16.1	16.1-17.4	>17.4	
Ausência	0.27	1.03	2.00	1.85	0.51	0.44	0.00	6.09
19 - 69,5	0.49	0.98	1.39	4.30	1.06	0.99	0.42	9.63
69,5 -120	0.33	0.21	0.80	2.13	0.78	0.36	0.33	4.93
120 – 170	0.00	0.21	0.55	0.50	0.36	0.12	0.18	1.93
170 – 220	0.00	0.21	0.32	0.29	0.38	0.13	0.04	1.36
220 – 270	0.00	0.04	0.26	0.22	0.25	0.01	0.00	0.79
>270	0.00	0.00	0.10	0.28	0.10	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	1.09	2.68	5.42	9.56	3.44	2.05	0.97	25.20
	Areia (dag kg ⁻¹)							Total (ha)
	59.3-62.3	62.3-65.3	65.3-68.2	68.2-71.2	71.2-74.1	74.1-77.1	>77.1	
Ausência	0.16	0.38	1.29	2.79	0.70	0.41	0.35	6.09
19 - 69,5	0.00	0.13	1.78	6.30	0.96	0.29	0.16	9.63
69,5 -120	0.00	0.32	0.86	3.16	0.29	0.22	0.08	4.93
120 – 170	0.00	0.41	0.32	0.81	0.27	0.05	0.08	1.93
170 – 220	0.00	0.41	0.25	0.45	0.12	0.06	0.08	1.36
220 – 270	0.00	0.20	0.14	0.25	0.08	0.08	0.04	0.79
>270	0.00	0.00	0.12	0.21	0.09	0.05	0.00	0.48
Total (ha)	0.16	1.85	4.75	13.98	2.52	1.15	0.78	25.20

Continua...

Tabela 4: Continuação...

	Umidade (%)							Total (ha)
	0.66-2.29	2.29-3.92	3.92-5.55	5.55-7.18	7.18-8.81	8.81-10.4	>10.4	
Ausência	2.19	0.89	1.00	0.72	0.99	0.20	0.09	6.09
19 – 69.5	3.69	2.48	1.48	1.13	0.68	0.16	0.00	9.63
69.5 -120	3.35	1.56	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	4.93
120 – 170	1.84	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.93
170 – 220	1.29	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.36
220 – 270	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79
>270	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
Total (ha)	13.62	5.10	2.50	1.85	1.67	0.37	0.09	25.20

Para Al, H+Al, SB, t, T, P.rem, MO, argila e a areia não foi possível verificar tendência de distinção entre os estratos e o número de indivíduos do pequizeiro (Tabela 4). Ao analisar a sobreposição da saturação por bases (V) e por alumínio (m), nos maiores valores de V (acima de 3%) e, por consequência, nos menores valores de m (abaixo de 89%), há predomínio de pequizeiro. Ainda, nestes mesmos níveis de V e de m não há extratos com ausência de indivíduos.

No caso da umidade do solo, ocorre relação inversa, à medida que a mesma aumenta há redução das populações de pequi. Cerca de 50% da área de 25.2 ha, o teor de umidade na camada superficial do solo (0 - 0.1m) foi inferior a 2.29%; 20.2% da área apresentou umidade entre 2.3 e 3.92% e em 10% da área a umidade variou entre 3.93 e 5.55%. Estes quatro extratos somados correspondem a praticamente 85% da área (21.4 ha). Nos 15% restantes da área, a umidade estava acima de 5.55%, e nestes locais de maior umidade praticamente não foram observados indivíduos de pequizeiro – anão.

4 DISCUSSÃO

A população do pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva), localizada na área da pesquisa em Ibiá – MG, está distribuída em um campo rupestre, com afloramento rochoso entre as altitudes de 1213 e 1258 m. Essa altitude relativamente alta interfere no microclima, especialmente na temperatura noturna. Os campos rupestres são encontrados em altitudes acima de 900 m e passam por forte variação térmica diária, alta incidência de calor, evapotranspiração e ventos constantes (JACOBI et al., 2007; SILVEIRA et al., 2016). É um ecossistema insular, onde há restrições ao fluxo gênico, de solos

rasos, ácidos e impermeáveis, com baixa retenção de água, além do afloramento de rochas (SILVEIRA et al., 2016), levando a uma especiação devido às propriedades únicas e restritivas. Estima-se que entre 15 e 60% das espécies vegetais do cerrado são encontradas exclusivamente em campos rupestres (SANO et al., 2008).

Dentre as características marcantes da população de pequizeiro – anão, na área da pesquisa, estão a distinta densidade de indivíduos, variações no porte das plantas e certa limitação da área de ocorrência. De fato, a subespécie está restrita a alguns nichos ecológicos do cerrado e sua ocorrência natural está associada aos campos, especialmente aos campos rupestres (SILVA et al., 2001; DIAS, 2017), diferentemente do pequizeiro comum (*C. brasiliense* subsp. *brasiliense*) distribuído em cerrado denso, ralo, típico de cerradão (ALMEIDA et al., 1998).

Na área de 25.2 ha, ainda que antropizada, predominam espécies endêmicas, especialmente das famílias Eriocaulaceae, Velloziaceae, Asteraceae, típicas de campos rupestres. O endemismo de espécies não é incomum nos campos rupestres (GIULIETTI et al., 1997; CONCEIÇÃO et al., 2015). Contudo, a ocorrência do pequizeiro – anão é ainda mais restrita em relação a outras espécies, possivelmente a subespécie seja micro-endêmica (RAPINI et al., 2008). As espécies micro-endêmicas estão associadas a efeitos espaciais e padrões de pequena escala (micro – habitats) (ZORCI, 2016). A geoestatística, por meio da *krigagem* ordinária, quantificou e confirmou essa dependência espacial, observada pelos pesquisadores, ao detectar padrões de distribuição espacial dos indivíduos de pequizeiro, da altitude e das variáveis físico-químicas do solo, relacionados ao micro-endemismo.

O solo do campo rupestre da área é ácido (pH 4.5) e com elevada saturação por Al e, por consequência, apresenta níveis extremamente baixos de nutrientes, um solo álico. Essa limitação nutricional é também um forte fator de especiação (SILVEIRA et al., 2016), pois as alterações nos níveis de fertilidade natural do solo levam a mudanças na composição de espécies (ZHAN et al. 2017). Mesmo com grande limitação nutricional, o pequizeiro – anão cresce e se desenvolve, na área, assim como outras espécies típicas, o que leva a compreender que esses níveis de fertilidade, ainda que baixos, são suficientes. Assim, as espécies dessa fitofisionomia podem ser consideradas fonte de germoplasma para pesquisas que almejem melhorar a eficiência das plantas cultivadas no uso dos minerais e na resistência a estresses ambientais.

Os solos de campos rupestres possuem características semelhantes aos solos mais pobres do mundo e essa baixa fertilidade está associada à lixiviação de nutrientes, intensificada pela alta drenagem, e também pelo baixo teor de nutrientes do material de origem (quartzito) (BENITES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2015). A textura do solo (arenosa > 60 % de areia) é

característica do ambiente e é considerada um fator de distinção de campos rupestres (SILVEIRA et al., 2016), uma vez que afeta diretamente as propriedades físico-químicas do solo e, portanto, é influenciador da fitofisionomia.

A não dependência espacial do pH e Mg do solo pode ser explicada pela densidade dos pontos amostrais, ou seja, a menor distância entre pontos na malha (50 m) não foi suficiente para quantificar essa dependência. As quantidades reduzidas ou teores não detectáveis de Ca não geram variância entre as observações, justificando o efeito pepita (EPP) e a não dependência. Entretanto, é manifesto que a subespécie é altamente adaptada a um solo onde praticamente não há detecção de Ca e Mg, sendo, portanto, altamente eficiente no uso dessas bases.

O potássio (K) é o nutriente com maior disponibilidade na área e sua maior concentração no solo está relacionada, não somente com a presença de indivíduos de pequizeiro – anão, como também com a maior densidade. Por ter relação com abertura e com o fechamento de estômato, o K é um dos elementos responsáveis pela adaptação ao estresse hídrico, condição que a espécie sofre em grande parte do ano. O Cerrado passa naturalmente por um longo período de estiagem e como o solo é raso e arenoso há baixa capacidade de armazenamento de água, potencializando o estresse hídrico. Pesquisas com espécies cultivadas como eucalipto, milho e soja mostram o efeito mitigador do K sobre os danos causados pelo estresse hídrico (VILELA; BULL, 1999; SILVA et al., 2004; SERAFIM et al., 2012).

Todos os níveis de P observados na área são extremamente baixos, inclusive o máximo de 2.90 mg dm^{-3} e, mesmo assim, a maior disponibilidade do nutriente está associada às plantas de maior porte. Em contrapartida, em locais com disponibilidade tendendo ao mínimo (0.382 mg dm^{-3}), tampouco há ocorrência do pequizeiro – anão. A disponibilidade de um nutriente no solo não é apenas uma função de sua forma química e quantidade, mas também da capacidade das espécies em mobilizá-lo e absorvê-lo (LAMBERS et al., 2008). O fósforo (P), assim como o nitrogênio (N), são nutrientes determinantes na composição e distribuição, adaptação e sobrevivência de espécies vegetais nos ambientes de ocorrência (VENTERINK, 2011). Nas regiões da área com maior adsorção de fósforo ($< P_{rem}$), coincidentes com a maior disponibilidade de P, e os maiores teores de argila, foram encontradas as plantas com caule aparente.

Os mapas temáticos confirmaram as respostas positivas do pequizeiro – anão ao incremento de bases (SB, V, m, Al e H+Al). As bases trocáveis são consideradas um fator influenciador (selecionador) e determinante na abundância da composição florista em campos rupestres (CHAVES et al., 2019). Mesmo o pequizeiro sendo tolerante ao Al, quando foram

reduzidas as concentrações deste metal e incrementadas a concentração de bases totais (SB), proporcionou *micro – habitats* favorável a maior densidade populacional.

Devido ao processo natural de ciclagem da área, locais com o maior aporte de matéria orgânica (MO), também, apresentaram maior disponibilidade de nutrientes e maior capacidade de trocas de cátions (efetiva (t) e total (T)). A matéria orgânica é de suma importância para o solo por manter qualidades físicas, químicas e biológicas. Os gradientes de MO condicionam a formação de *micro – habitats*, regiões importantes de estabelecimento e desenvolvimento das espécies (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2005). Assim, a maior disponibilidade de MO está ligada a maior disponibilidade de bases, e conseqüentemente com a maior densidade de pequizeiros. A matéria orgânica se acumula nos solos de campos rupestres, devido ao ambiente desfavorável à ação dos microrganismos, em especial, a oligotrofia extrema e os altos níveis de Al^{+3} (BENITES et al., 2007; SILVEIRA et al., 2016).

Regiões com maiores concentrações de bases, e por efeito com menores concentrações de Al e menor $H+Al$, foram as que apresentaram as maiores densidades populacionais, acima de 760 indivíduos por hectare, indivíduos esses predominantemente sem o caule aparente. O menor nível de Al pode ter favorecido o desenvolvimento celular e conseqüente expansão de caules subterrâneos (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001). É provável que nestes *micro – habitats* ocorra maior investimento da subespécie em caules subterrâneos, que pode ter levado a superestimava do número de indivíduos, já que mais de um indivíduo pode ser decorrente do mesmo caule. O crescimento clonal, ou seja, o estabelecimento e o crescimento de espécies por meio de sistemas subterrâneos nos campos rupestres são responsáveis por mais de 50% da biomassa vegetal (ALVES et al., 2014). Este desenvolvimento vegetativo é uma adaptação às adversidades ambientais comuns aos campos rupestres como os incêndios e o prolongado estresse hídrico (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2005; KOLBEK; ALVES, 2008).

Pesquisa sobre o pequizeiro – anão para fins ornamentais comprovaram a relação dos níveis de fertilidade de solo ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Quando a espécie foi cultivada em solo com pH 5.6 e com uma boa disponibilidade de nutrientes, as plantas atingiram até 1.5 m de altura e mantiveram a característica de florescimento precoce (JUNQUEIRA et al., 2007). Nestas condições de cultivo, ainda segundo os autores, a associação com o manejo de irrigação permitiu o florescimento durante todo o ano. Outra pesquisa indicou que mudas de pequizeiro comum, submetidas à adubação crescente com fertilizantes de liberação lenta, apresentaram resposta linear para o incremento folhas e ao acúmulo de matéria seca da parte aérea (DUBOC et al., 2009).

É importante destacar que crescimento e acúmulo de matéria seca podem ser de natureza adaptativa da espécie ao ambiente, consequência da própria reserva com a finalidade de esperar períodos sem aporte de nutrientes (HARIDASAN, 2008). Pesquisa, no norte do estado de Minas Gerais, sobre o pequizeiro comum, em cerrado natural, área de pastagem e área agrícola em que foram mantidas as plantas nativas, indicou maior produtividade nos solos mais pobres (ácidos pH= 4.5 e com menor disponibilidade de nutrientes), ou seja, a maior fertilidade não significou maior produção de frutos em duas safras consecutivas (LEITE et al., 2006).

A umidade no ápice da seca, em grande parte da área, estava abaixo de 2%, caracterizando a baixa capacidade de armazenamento de água do solo. Sabe-se que os solos de campos rupestres, quando desenvolvidos sobre quartzito e arenito, apresentam pouca capacidade de retenção e armazenamento de água (SILVEIRA et al., 2016). Os locais na área com maior umidade, no ápice do déficit hídrico, representam, em períodos de altas precipitações, locais com elevação sazonal do lençol freático. O lençol freático nos campos rupestres sofre flutuações sazonais consideráveis (ALVES et al. 2014).

Na região de maior umidade, mais ao sul da área, a presença do pequizeiro – anão é limitada, mostrando que ele prefere os locais mais secos. A região sul é adjacente a uma das nascentes do Ribeirão do Formoso e, possivelmente, este contribui para aporte de água no local. As áreas mais úmidas no Bioma Cerrado estão normalmente associadas com vales ou com cursos de água e a variação do lençol freático é um fator determinante nas composições florísticas e fisionômicas (TANNUS; ASSIS, 2004; ALMEIDA JR, et al., 2009).

É inegável a resiliência do pequizeiro – anão aos fatores de estresse, pouco suportados por outras espécies no domínio de Cerrado. Seu sucesso é decorrente da sua capacidade de adaptação a condições restritivas como ambiente ácido (baixo pH e rico em Al), com alto estresse térmico e hídrico (solo raso, afloramento rochoso, e longo período de estresse hídrico), além da baixa disponibilidade de nutrientes (Ca, Mg e P).

Com características únicas, o campo rupestre possibilita o desenvolvimento natural do pequizeiro – anão em alguns *micro – habitats* e, por outro lado, restringe este desenvolvimento em outros. As condições determinantes para a sua distribuição espacial na área foram o potássio, o fósforo e a soma de bases de forma direta, ou seja, os maiores níveis desses estão relacionados à ocorrência (estabelecimento), número de indivíduos e desenvolvimento vegetativo das plantas (porte). Esta última característica está especialmente correlacionada com a disponibilidade de fósforo. A umidade do solo, ou melhor, o excesso de umidade é um fator restritivo ao estabelecimento da subespécie. Vale ressaltar que o pequizeiro comum é limitado pelo excesso de umidade do solo (POTT; POTT, 2003).

Alterações sutis, nas concentrações de nutrientes e da acidez do solo, mostraram ter grande influência no estabelecimento, na densidade populacional e no porte das plantas de pequiizeiro – anão. Essas constatações permitem inferir que mudanças nas características físico-químicas do solo podem levar a limitações ao estabelecimento da subespécie. Conhecer essas características e a suas interações com o pequiizeiro foram importantes para subsidiar esforços de preservação, conservação, manejo e cultivo dessa subespécie, evitando a sua extinção.

Outro fator que merece atenção é o uso do germoplasma do pequiizeiro – anão, nos programas que buscam a viabilidade do manejo do pequiizeiro comum (CARLOS et al., 2014; LIMA et al., 2015; SANTOS et al., 2006). Nesses programas é imprescindível que sejam ponderados esses aspectos adaptativos, para aproveitar as características genéticas favoráveis do pequiizeiro – anão, no estabelecimento de uma cultura comercial de pequiizeiro. Essas características serão fundamentais para a consolidação de uma cultura de baixa demanda de recursos externos, podendo assim ser uma espécie bastante viável para uma agricultura de baixo carbono. É evidente que tudo isso é aspirando aos benefícios que o pequiizeiro – anão poderia oferecer à domesticação da espécie, como porte baixo, frutificação precoce, período de florescimento diferenciado, dentre outros que ainda podem ser identificados.

A obtenção de informações relevantes, inerentes à distribuição espacial do pequiizeiro – anão, por meio da *krigagem* ordinária, mostrou que a geoestatística é um instrumento propício para estudos que almejam caracterizar a ocorrência natural de espécies, buscando a preservação e/ou o manejo sustentável. Ressalta-se que é uma ferramenta que permite análises univariadas, e por isso exige uma maior dedicação à interpretação dos resultados. Porém é uma técnica base (pilar), para a conjugação e/ou aplicação de outras ferramentas geoestatísticas e estatísticas.

5 CONCLUSÕES

A geoestatística permitiu quantificar os fatores inerentes à ocorrência do pequiizeiro – anão observando que:

- o potássio (K) é o nutriente com maior disponibilidade na área e sua maior concentração no solo está relacionada, não somente com a presença de indivíduos de pequiizeiro – anão, como também com a maior densidade;
- os maiores níveis de potássio, fósforo e soma de bases, assim como percentuais reduzidos de umidade e baixa acidez foram os fatores condicionantes para a distribuição espacial do pequiizeiro e diretamente relacionados ao maior número de indivíduos na área;

- plantas de maior porte e caule aparente estão associadas aos locais com maior disponibilidade de fósforo ($> 1.2 \text{ mg dm}^{-3}$);
- a maior umidade do solo, na camada superficial, no ápice do déficit hídrico ($> 5 \%$), é um fator restritivo ao estabelecimento da subespécie;
- os fatores condicionantes do micro-endemismo da espécie poderão ser usados em futuros programas de conservação e manejo.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JR., E. B.; OLIVO, M. A.; ARAUJO, E. L.; ZICKEL, C. S. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracaípe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 23, n.1, p.36-48, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100005>
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Brasília: EMBRAPA, 1998, 464p.
- ALVES, R. J. V.; SILVA, N. G.; OLIVEIRA, J. A.; MEDEIROS, D. Circumscribing campo rupestre – megadiverse Brazilian rocky montane savanas. **Brazilian Journal Biology**, São Carlos, v. 74, n. 2, p. 355-362, 2014. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.23212>
- BENITES, V. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SIMAS, F. N. B.; SANTOS, H. G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.30, n.4, p. 569-577, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400003>
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Medison, v.58, n. 5, p.1240-1248, 1994. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; HIGASHIKAWA, E. M.; GARCIA, M. B.; FARIAS, E. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.1, p.13-21, 2014. <https://doi.org/10.5902/1980509813318>
- CHAVES, D. A.; RIBEIRO-SILVA, S.; PROENÇA, C. E. B.; OLIVEIRA, W. L.; BRINGEL, J. B. A.; MEDEIROS, M. B. Geographic space, relief, and soils predict plant community patterns of Asteraceae in rupestrian grasslands, Brazil. **Biotropica**, v.51, n.2, p.155–164, 2019. <https://doi.org/10.1111/btp.12636>
- CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 85–111, 2005. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v23i1p85-111>
- CONCEIÇÃO, A. A.; CRISTO, F. H.; SANTOS, A. A.; SANTOS, J. B.; FREITAS, E. L.; BORGES, B. P. S.; MACÊDO, L. S. S. R.; OLIVEIRA, R. C. S. Vegetação endêmica e espécie invasora em campos rupestres de áreas garimpadas. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.66, n.3, p.675-683, 2015. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566302>
- CRESSIE, N.; HAWKINS, D. M. Robust estimation of the variogram: I. **Mathematical Geology**, Amsterdã, v.12, p.115–125, 1980. <https://doi.org/10.1007/BF01035243>
- DIAS, A. B. **Ecologia da polinização e troca de polinizadores de *Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Caryocaraceae), em área meridional do cerrado**. 2017, 50f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”-UNESP, Botucatu, 2017.

DUBOC, E.; FRANÇA, L. V.; PALUDO, A.; OLIVEIRA, L. S. **Efeito de doses de fertilizante de liberação controlada em mudas de pequi (*Caryocar brasiliense* camb.)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 18p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 240).

ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.531-541, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000300030>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2(ed), Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230 p.

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

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. Espinhaço Range region, Eastern Brazil. In: DAVIS, S. D.; HEYWOOD, V. H.; HERRERA-MACBRYDE, O.; VILLA-LOBOS, J. HAMILTON, A. C. (eds). **The Americas centers of plant diversity: A guide and strategy for their conservation**. Cambridge: IUCN Publication Unity. v.3, 1997, p.397-404.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F.; VINCENT, R. C.; STEHMANN, J. R. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v.16, n.4, p. 2185- 2200, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9156-8>

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; SANO, S. M.; SILVA, D. G. P.; AQUINO, F. G. Pequizeiro – anão: alternativa para paisagismo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 13, p. 1369-1372, 2007. (Suplemento. Edição dos Anais do 16º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais; 3º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas; 1º Simpósio de Plantas Ornamentais Nativas, Goiânia, 2007). <https://doi.org/10.14295/oh.v13i0.1728>

KOLBEK, J.; ALVES, R. J. V. Impacts of cattle, fire and wind in rocky savannas, Southeastern Brazil. **Acta Universitatis Carolinae - Environmentalica**, Praga, v. 22, n.1, p.111-130, 2008.

KOMSTA, L.; NOVOMESTKY, F. **Moments**: Moments, cumulants, skewness, kurtosis and related tests. version 0.14. 2015. Disponível: <https://cran.r-project.org/web/packages/moments/index.html>. Acesso em: 30 jul. 2019.

KRAJEWSKI, S. A.; GIBBS, B. L. **Understanding contouring: a practical guide to spatial estimation using computer and variogram interpretation**. Boulder: Gibbs Associations, 2001, 100p.

LAMBERS, H.; RAVEN, J. A.; SHAVER, G. R.; SMITH, S. E. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age, **Trends in Ecology & Evolution**, London, v. 23, n.2, p.95-103, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.008>

LEITE, G. L. D.; VELOSO, R. V. S.; ZANUNCIO, J. C.; FERNANDES, L. A.; ALMEIDA, C. I. M. Phenology of *Caryocar brasiliense* in the Brazilian cerrado region, **Forest Ecology**

and Management, Amsterdã, v.236, n.1-2, p.286-294, 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.09.013>

LIMA, G. X.; ALVES JR. J.; SOUZA, J. M. F.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P. Distribuição radicular de pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Agro Tecnologia**, Anápolis, v. 6, n. 1, p. 45 – 54, 2015. <https://doi.org/10.12971/2812>

LUÍS, E.; GIEHL, E.; BUDKE, J.; ATHAYDE, E. Distribuição espacial de espécies arbóreas em uma floresta estacional em Santa Maria, sul do Brasil. **Instituto Anchieta de Pesquisas**, São Leopoldo, n.58, p. 215-226, 2007.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, Littleton, v.58, p.1246-1266, 1963. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.58.8.1246>

MENG, Q.; CIESZEWSKI, C.; MADDEN, M. Large area forest inventory using Landsat ETM+: A geostatistical approach, **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdã, v.64, n.1, p. 27-36, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2008.06.006>

NEVES, D. A. **Geoestatística aplicada ao estudo da variabilidade de espécies nativas em fragmentos do cerrado brasileiro no estado de São Paulo**. 2013, 171f. Tese (Doutorado). Universidade de Coruña, Coruna, 2013. <http://hdl.handle.net/2183/11579>

OLIVEIRA, R. S.; GALVÃO, H.C.; CAMPOS, M. C; ELLER C. B.; PEARSE, S.J.; LAMBERS, H. Mineral nutrition of campos rupestres plant species on contrasting nutrient-impooverished soil types. **New Phytologist**, v.205, n.3, p.1183-1194, 2015. <https://doi.org/10.1111/nph.13175>

PELISSARI, A. L.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; CALDEIRA, S. F. Geostatistical modeling of site index classes in teak stands. **SOP Transactions on Statistics and Analysis**, Los Angeles, v. 1, n.1, p.74-85, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.044>

PELISSARI, A. L.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PÉLLICO NETTO, S.; EBLING, A. A.; ROVEDA, M.; SANQUETA, C. R. Geostatistical modeling applied to spatiotemporal dynamics of successional tree species groups in a natural Mixed Tropical Forest, **Ecological Indicators**, v. 78, n.na, p. 1-7, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.044>

PERRY, J. N.; DIXON, P. M. A new method to measure spatial association for ecological count data. **Ecoscience**, v.9, n.2, p.133-141, 2002. <https://doi.org/10.1080/11956860.2002.11682699>

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas Nativas Potenciais para Sistemas Agroflorestais em Mato Grosso do Sul**. Texto da palestra apresentada no Seminário "Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável" - Campo Grande MS, 2003. Disponível em: <http://saf.cnpqc.embrapa.br/07publicacoes.html>. Acesso em: 21 maio 2020.

PRANCE, G. T.; SILVA, M. F. **Caryocaraceae**. Flora Neotropical. New York: The New York Botanical Garden Press. 1973, p. 1-69, v. 12.

QGIS.org (2019). QGIS Geographic Information System. v. Open Source. Geospatial Foundation Project. version: 3.8. Disponível em: <http://qgis.org> . Acesso em 25 nov. 2020.

- RAPINI, A.; RIBEIRO, P. L.; LAMBERT, S.; PIRANI, J. R. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 4, n.1-2, p.16-24, 2008.
- RÊGO, N. L.; CORREIA, M. D.; OLINDA, R. A.; MENEZES, R. S. C. Distribuição espacial do teor de nitrogênio em solos do Bioma Caatinga da espécie arborea *Spondias tuberosa* (umbuzeiro). **ANAIS[...]** Encontro Nacional de Educação Ciência e Tecnologia –ENECT. 2012, UEPB, Campina Grande, p.1-12. <https://doi.org/10.15764/STSA.2014.02004>
- RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. **geoR**: Analysis of Geostatistical Data. version 1.7-5.2.1; 2018. Disponível: <http://www.leg.ufpr.br/geoR/>. Acesso em: 30 jul. 2019.
- R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado** – ecologia e flora. Planaltina: Embrapa, 2008, 876 p.
- SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, D. P. C.; MARTINOTTO, C.; SOARES, F. P.; PAIVA, P. D. O. Micropropagação de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jabotical, v.28, n.2, p.293-296, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200031>
- SERAFIM, M. E.; BENEDITO ONO, F.; MARQUES ZEVIANI, W.; NOVELINO, J. O.; VILHALVA SILVA, J. Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p.222-227, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000200003>
- SILVA, D. B.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SILVA, J. A.; PEREIRA, A. V.; SALVIANO, A.; JUNQUEIRA, G. D. Avaliação do potencial de produção do "pequi – anão" sob condições naturais na região sul do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p.726-729, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300057>
- SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. Effects of water management and potassium application on the morphophysiological characteristics of seedlings of *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 31-40, 2004. <https://doi.org/10.15809/irriga.2004v9n1p31-40>
- SILVEIRA, F. O.; NEGREIROS, D.; BARBOSA, N. U.; BUISSON, E.; CARMO, F.; CARSTENSEN, D. W.; CONCEIÇÃO, A. A.; CORNELISSEN, T. G.; ECHTERNACHT, L.; FERNANDES, G. W.; GARCIA, Q. S.; GUERRA, T. J.; JACOBI, C. M.; LEMOS-FILHO, J. P.; LE STRADIC, S.; MORELLATO, L. P. C.; NEVES, F. S.; OLIVEIRA, R. S.; SCHAEFER, C. E.; VIANA, P. L.; LAMBERS, H. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: A neglected conservation priority. **Plant and Soil**, Amsterdã, v.403, n. na, p.129–152. 2016. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2637-8>
- SOUZA, J. P.; COIMBRA, F. G. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Qualea parviflora* Mart. em um cerrado Sensu Stricto. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v.21, n. 5, p. 65-70, 2005.

TANNUS, J. L. S.; ASSIS, M. A. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina - SP, Brasil. **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v.27, n.3, p.489-506, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042004000300009>

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina Textos. 2013. 215p.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**. Berkeley, v. 31, n.3, p. 1-75, 1983. <https://doi.org/10.3733/hilq.v51n03p075>

VILELA, E. F.; BÜLL, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 23, n. 2; p. 281-289. 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000200012>

ZHAN, S.; WANG, Y.; ZHU, Z.; LI, W.; BAI, Y. Nitrogen enrichment alters plant N: P stoichiometry and intensifies phosphorus limitation in a steppe ecosystem, **Environmental and Experimental Botany**, United Kingdom, v.134, p.21-32, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.10.014>

CAPÍTULO II

KRIGAGEM ORDINÁRIA ASSOCIADA A ANÁLISE FATORIAL
EXPLORATÓRIA PARA A CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS
FATORES INERENTES À OCORRÊNCIA NATURAL DE *Caryocar*
brasiliense subsp. *intermedium* (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA

RESUMO

O pequiizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium*) é uma espécie pouco conhecida e limitada a poucos nichos ecológicos, por isso pesquisas relativas ao seu comportamento no ambiente natural e os fatores relacionados à sua ocorrência permitirão traçar estratégias sólidas para a sua preservação e manejo sustentável. Assim, este estudo teve por objetivo mapear as correlações entre as variáveis relacionadas à ocorrência de pequiizeiro – anão (*C. brasiliense* subsp. *intermedium*), em seu ambiente natural, por meio da aplicação conjunta de técnicas de geoestatística (krigagem ordinária) e da análise fatorial exploratória. Uma área natural de 25.2 ha, com cobertura formada por fragmento de campo rupestre, foi dividida em um grid regular com 60 quadrantes. Para cada um dos quadrantes foi quantificada a população de pequiizeiro – anão e realizado o levantamento dos atributos físico-químicas do solo na camada de 0-10 cm, além da altitude. O número de indivíduos de Pequiizeiro, a altitude, e os atributos físico-químicos do solo (pH, K (potássio), P (fósforo), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Al (alumínio), H+Al (acidez potencial), SB (soma de bases), t (capacidade de trocas de cátions efetiva), T (capacidade de troca de cátions à pH 7.0), V(saturação por bases), m (saturação por alumínio), MO (matéria orgânica), P.rem (fósforo remanescente), argila, areia e umidade do solo) foram submetidos à análise fatorial exploratória. A extração dos fatores foi pelo método de componentes principais sendo os mesmos rotacionados pelo método *varimax*. Foram extraídos cinco fatores que explicaram acumuladamente 83.9% das variâncias das variáveis. Os cinco fatores e a variável NI de pequiizeiro – anão foram submetidos à análise geoestatística. Aplicou-se a krigagem ordinária para a interpolação espacial, quantificando o comportamento das variáveis na área. Os fatores F01, F02 e F04 apresentaram grau de dependência espacial moderado (GD), com o GD de 0.47, 0.47 e 0.70 respectivamente. Os F03 e F05 apresentaram forte dependência espacial, (GD de 0.07 e 0.13, respectivamente). O alcance do F05 foi de 374m, sendo o maior alcance observado entre os fatores, seguido pelo alcance do F03 (295 m), F01 (273 m), F02 (140 m) e por fim do F04 (125 m). O modelo de semivariância ajustado para os cinco fatores foi o esférico. Já NI de pequiizeiro apresentou forte grau de dependência espacial (GD=0.14) e um alcance de 235.36m, sendo que a sua semivariância foi ajustada pelo modelo gaussiano. A contraposição da distribuição espacial do F01, F02 e F04 com o NI de pequiizeiro evidenciou que as tênues oscilações na fertilidade natural na área (incremento ou decréscimo) proporcionaram micro – habitats favoráveis ou não ao pequiizeiro – anão. Na área de estudo, houve uma resposta positiva aos incrementos de fertilidade. A micro-topografia estava diretamente associada à fitofisionomia da área, condição evidenciada pela distribuição espacial do F03, a qual está intimamente ligada ao estabelecimento de micro – habitats favoráveis ou não ao maior desenvolvimento do pequiizeiro – anão. O F05 mostrou que a umidade do solo é um fator determinante no estabelecimento da subespécie na área, locais mais úmidos foram restritivos ao pequiizeiro – anão. Ficou clara também a resistência desta subespécie a um elevado período de estresse hídrico sob condições de solo raso e arenoso.

Palavras-chave: Componentes principais; rotação *varimax*; fatores; fertilidade natural, micro – habitats.

ABSTRACT

The dwarf pequi tree (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium*) is a little-known species limited to a few ecological niches, so research on its behavior in the natural environment and factors related to its occurrence will allow for solid strategies for its preservation and management. Thus, this study aimed to map the correlations between variables related to the occurrence of dwarf pequi trees (*C. brasiliense* subsp. *intermedium*) in their natural environment through the joint application of geostatistical techniques (ordinary kriging) and exploratory factor analysis. A natural area of 25.2 ha, covered by a fragment of rupestrian field, was divided into a regular grid with 60 quadrants. For each of the quadrants, the dwarf pequi population was quantified and a survey of the physicochemical attributes of the soil in the 0-10 cm layer, in addition to the altitude, was carried out. The number of individuals of Pequizeiro, the altitude, and the physicochemical attributes of the soil (pH, K (potassium), P (phosphorus), Ca (calcium), Mg (magnesium), Al (aluminum), H+Al (potential acidity), SB (sum of bases), t (effective cation exchange capacity), T (cation exchange capacity at pH 7.0), V (base saturation), m (aluminum saturation), MO (matter organic), P.rem (remaining phosphorus), clay, sand and soil moisture) were subjected to exploratory factor analysis. The factor extraction method was by principal components and the rotation of the factors by the varimax method. Five factors that cumulatively explained 83.9% of the variances of the variables were extracted. The five factors and the variable NI of dwarf pequi were submitted to geostatistical analysis. Ordinary kriging was applied for spatial interpolation, quantifying the behavior of variables in the area. Factors F01, F02 and F04 showed moderate degree of spatial dependence (GD), with GD of 0.47, 0.47 and 0.70 respectively. The F03 and F05 showed strong spatial dependence, (GD of 0.07 and 0.13, respectively). The range of the F05 was 374m, with the greatest range observed among the factors, followed by the range of the F03 (295 m), F01 (273 m), F02 (140 m) and finally the F04 (125 m). The semivariance model adjusted for the five factors was spherical. On the other hand, the pequi tree NI showed a strong degree of spatial dependence (GD=0.14) and a range of 235.36m, and its semivariance was adjusted by the Gaussian model. The contrast of the spatial distribution of F01, F02 and F04 with the NI of pequi tree showed that the slight oscillations in the natural fertility in the area (increase or decrease) provided micro – habitats favorable or not to the dwarf pequi tree. In the study area there was a positive response to increases in fertility. The micro-topography was directly associated with the phytophysiognomy of the area, a condition evidenced by the spatial distribution of F03, which is closely linked to the establishment of micro – habitats favorable or not to the greater development of the dwarf pequi tree. The F05 showed that soil moisture is a determining factor in the establishment of the subspecies in the area, wetter places were restrictive to the dwarf pequi tree. The resistance of this subspecies to a high period of water stress on shallow and sandy soil conditions was also clear.

Key-words: Main components; varimax rotation; factors; natural fertility, micro habitats.

1 INTRODUÇÃO

O pequizeiro (*Caryocar* spp.) é uma espécie de grande evidência no bioma Cerrado, devido a sua importância socioeconômica, em função da coleta de frutos para a alimentação e complementação da renda, e também pela sua contribuição para o equilíbrio do ecossistema (RIBEIRO et al., 1997; RIBEIRO; RODRIGUES, 2006). A espécie é explorada em mais 13 mil propriedades agrícolas nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, sendo que, só no estado Minas Gerais, 3331 propriedades praticam o extrativismo de seus frutos (IBGE, 2017).

Dada a relevância ecológica e social, a espécie é protegida de corte, tanto pela legislação federal quanto pelas legislações estaduais. Assim, a Lei 10.883 de 2 de outubro de 1992, do estado de Minas Gerais, concedeu imunidade ao corte do pequizeiro nativo, em todas as regiões do estado. Essa lei foi modificada pela Lei 20.308 de 7 de julho de 2012, que ratificou a imunidade ao corte do pequizeiro e regulamentou as penalidades e ações compensatórias, oriundas da supressão, quando autorizada pelos órgãos competentes, tanto em ambiente rural quanto no ambiente urbano (MINAS GERAIS, 2012).

Além deste dispositivo legal do estado de Minas Gerais, o pequizeiro também é protegido pela portaria 113 de 29 de dezembro de 1995, do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, a qual proíbe o corte e a comercialização da madeira nas regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste do país (BRASIL, 1996). Recentemente, a portaria nº 32 de 23 de janeiro de 2019, do Ministério do Meio Ambiente, reforçou a imunidade ao corte do pequizeiro (*Caryocar* spp.) em todas as regiões do Brasil, fora do limite do bioma amazônico (BRASIL, 2019).

Assim, traçar estratégias que permitam conhecer o comportamento do pequizeiro, em seu ambiente natural, e os fatores relacionados com a sua ocorrência são fundamentais para a preservação, manutenção e domesticação da espécie. Essas estratégias se tornam ainda mais imprescindíveis quando se trata da subespécie *C. brasiliense* subsp. *intermedium*, por ser ocorrência restrita a poucos ambientes. Conhecida como pequi-anão, a subespécie possui porte arbustivo e pode ou não possuir caule aparente (30 a 80 cm) (PRANCE; SILVA, 1973; SILVA et al., 2001), diferentemente do pequizeiro comum (*C. brasiliense* subsp. *brasiliense*) cujas árvores podem chegar aos 10 m de altura e apresentar uma vasta distribuição no bioma Cerrado.

Caraterísticas peculiares do pequizeiro – anão (*C. brasiliense* subsp. *intermedium*), como o menor porte e fase reprodutiva precoce (1.5 a 2 anos), podem auxiliar os programas de melhoramento genético do pequizeiro comum, para a redução do porte da planta, facilitando o

manejo e antecipando a produção de frutos, estimada para a espécie em 5 anos (SILVA et al., 2001). O período de frutificação do pequizeiro – anão, que vai de fevereiro a abril, diferente do pequizeiro comum, entre outubro a março, pode ampliar o período de fornecimento de frutos (OLIVEIRA, 2011).

Via de regra, a determinação dos fatores ambientais, inerentes à ocorrência natural de uma espécie, não é simples, uma vez que os dados podem ser difíceis de serem avaliados e interpretados, pois as relações entre as diversas variáveis são complexas (LIAO et al., 2008). A análise multivariada é utilizada em diversas áreas como uma ferramenta que possibilita sintetizar as relações entre um conjunto de variáveis correlacionadas, difíceis de serem observadas individualmente. Por intermédio das dimensões latentes, também conhecidas por fatores, a técnica torna possível a gênese de indicadores decorrentes do agrupamento das variáveis inicialmente não observáveis no conjunto de dados (FÁVERO et al., 2009).

A análise de dados multivariada é amplamente utilizada quando se almeja a redução do número de variáveis com o mínimo de perda de informação e quando se promove a extração de elementos que serão de grande relevância na interpretação de suas inter-relações (ANDRADE et al., 2007; HAIR JUNIOR et al., 2009). A extração de fatores, pelo método de componentes principais, é a mais usada para resolver problemas clássicos de análise fatorial (GUEDES et al., 2012). Inúmeras pesquisas vêm demonstrando o sucesso das técnicas multivariadas para a integração de atributos do solo e da planta (YAO et al., 2014; GONG et al., 2015; HAGHVERDI et al., 2015; ROJAS et al., 2016; FREDDI et al., 2017; CARVALHO et al., 2018; SILVA et al., 2018; BUSS et al., 2019).

A integração de técnicas de análise multivariada e geoestatística vem sendo feita com bastante êxito para culturas comerciais, para o entendimento dos aspectos relacionados ao comportamento de atributos químicos, físicos e biológicos do solo e suas implicações no desenvolvimento e manejo das culturas (MANZIONE; ZIMBACK, 2011; SILVA; LIMA, 2012; JOSÉ et al., 2013; SANTOS et al., 2015). Essa integração, ao permitir mapear os fatores de distribuição de espécies vegetais em uma área, pode facilitar o entendimento dos elementos que delimitam a ocorrência do pequizeiro – anão, em determinados pontos da área, subsidiando, assim, estratégias de conservação ou exploração sustentável (SOUZA; COIMBRA, 2005; ALMEIDA; GUIMARÃES, 2016;).

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo mapear as correlações entre as variáveis relacionadas à ocorrência de pequizeiro – anão (*C. brasilienses* subsp. *intermedium*), em seu ambiente natural, por meio da aplicação conjunta de técnicas de geoestatística (krigagem ordinária) e da análise fatorial exploratória.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para as informações referentes a área de pesquisa, a identificação dos pequizeiros e dos atributos do solo *vide* o item “2 Metodologia Compartilhada” e seus subitens (2.1, 2.2, 2.3) páginas 17 a 21 deste documento.

2.1 Análise fatorial

Para a análise fatorial, inicialmente foi gerada uma matriz de correlação e verificadas as correlações lineares entre as variáveis (NI de Pequizeiro, altitude, pH, K (potássio), P (fósforo), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Al (alumínio), H+Al (acidez potencial), SB (soma de bases), t (capacidade de trocas de cátions efetiva), T (capacidade de troca de cátions à pH 7.0), V(saturação por bases), m (saturação por alumínio), MO (matéria orgânica), P.rem (fósforo remanescente), argila, areia e umidade do solo no ápice do déficit hídrico) e apuradas as três premissas necessárias e aceitáveis para a aplicação da análise multivariada na base dados (*sensu* HAIR JUNIOR et al., 2009; FIGUEIREDO FILHO; SILVA JUNIOR, 2010), sendo elas: 1) maior parte dos coeficientes de correlação da matriz superiores a 0.3 (mais de 50% dos coeficientes); 2) valor da estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) superior a 0.5; e 3) rejeição da hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz identidade pelo teste de esfericidade de Bartlett (BTS; $P < 0.05$).

As variáveis foram verificadas quanto às comunalidades, proporção da variância para cada variável incluída na análise explicada pelos fatores extraídos. Variáveis com comunalidades menores que 0.5 (*sensu* HAIR JUNIOR et al., 2009; FIGUEIREDO FILHO; SILVA JUNIOR, 2010) foram removidas e geradas novas comunalidades. O método de extração dos fatores foi por componentes principais. Assim sendo, foram geradas novas variáveis, denominadas de fatores, formadas pelas combinações lineares dos dados originais. Os fatores não são correlacionados entre si e são classificados de acordo com a quantidade de variação dos dados originais, explicada por cada fator, de forma decrescente. Sendo assim, o fator 01 (F01) explicou a maior parte desta variação, o fator 02 (F02) a segunda maior porcentagem e, assim por diante, sendo selecionados aqueles com eigenvalue (autovalores) acima de 1 pelo critério de Kaiser (método do eigenvalue; *sensu* HAIR JÚNIOR et al., 2009). A fim de facilitar a determinação das variáveis carregadas em cada fator, foi realizada a rotação pelo método varimax (método ortogonal) mantendo a estrutura de covariâncias originais (HAIR JR et al., 2009).

2.2 Análise da dependência espacial

O número de indivíduos (NI), foco da pesquisa, e os fatores obtidos por meio da análise fatorial exploratória, cujo número de indivíduos de pequizeiro também integra a composição fatorial, foram submetidos à caracterização espacial. Inicialmente realizou-se a análise de tendência, por meio das dispersões nas orientações leste (x) e norte (y) e pelos gráficos de posição dos pontos amostrais na área. Foram gerados os histogramas e calculados os coeficientes de assimetria e curtose, para análise do comportamento da distribuição das variáveis.

Outra investigação foi relativa à presença de *outliers*, suprimidos quando não foi possível realizar uma modelagem satisfatória das semivariâncias por nenhuma das técnicas disponíveis. A modelagem dos semivariogramas foi executada por meio da semivariância, medida de dissimilaridade calculada preferencialmente pela fórmula de Matheron (1963), conhecido como método clássico (Equação 1). Nos casos de assimetria acentuada à direita, presença de outliers ou indícios de tendência em que o estimador clássico não permitiu o ajuste de semivariogramas visualmente confiáveis, o mesmo foi substituído pelo estimador robusto, proposto por Cressie e Hawkins (1980) (Equação 2).

$$\bar{Y}(h) = \frac{1}{2N(h)} * \sum^{N(h)} [Z(s) - Z(s+h)]^2 \quad (1)$$

$$\bar{Y}(h) = \frac{1}{2} * \frac{[N(h)^{-1} \sum_{N(h)} \sqrt{(Z(s+h) - Z(s))}]^4}{0.457 + \frac{0.497}{N(h)}} \quad (2)$$

onde: $\bar{Y}(h)$ é a semivariância para a distância h , $N(h)$ é o número de pares da diferença da variável Z medida na posição s e $s+h$ (posição + distância).

Após a obtenção das semivariâncias experimentais dos fatores e do NI de pequizeiro, foram ajustados aos modelos esférico, exponencial e gaussiano de dependência espacial (Tabela 1). A escolha do modelo foi baseada na análise visual conhecida como “a sentença” (*sensu* VIEIRA et al., 1983) e na técnica de validação cruzada. Na validação cruzada, cada valor original foi removido do domínio espacial e, usando-se os demais, um novo valor foi estimado para o ponto, obtendo-se o gráfico da relação entre valores estimados e observados. O modelo selecionado foi aquele no qual os valores estimados e observados não diferiram estatisticamente a significância de 0.01.

Tabela 1: Modelos teóricos de semivariogramas experimentais (Equações 3 a 5)

Modelo teórico	¹ Equação
² Esférico	$y(h) = C_o + C[1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a}\right)^3 \text{ para } h > a \quad (3)$ $y(h) = C_o + C \text{ para } h \leq a$
³ Exponencial	$y(h) = C_o + C[1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right)] \quad (4)$
⁴ Gaussiano	$y(h) = C_o + C[1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right)^2] \quad (5)$

¹ C_o: efeito pepita; C: contribuição; C_o +C: patamar; a: alcance; h: vetor entre dois pontos x₁ e x₂ no espaço tridimensional. ² Alcance prático é igual ao alcance teórico; ³O alcance prático é o alcance teórico multiplicado por 3; ⁴O alcance prático é o alcance teórico multiplicado por $\sqrt{3}$. Adaptado: Yamamoto e Landim (2013).

De posse dos modelos de semivariogramas, calculou-se o grau de dependência espacial proposto por Cambardella et al. (1994):

$$GD = \frac{C_o}{C_o + C} \quad (6)$$

onde: GD é o grau de dependência espacial; C_o é o efeito pepita; C é a contribuição (C_o+C = patamar); GD < 0.25 indica forte dependência espacial; 0.25 ≤ GD ≤ 0.75 dependência moderada e GD > 0.75 indica dependência fraca.

Para a interpolação espacial dos fatores obtidos por meio da análise fatorial exploratória e do número de indivíduos de pequiizeiro aplicou-se a krigagem ordinária (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). Após a caracterização espacial, foi verificado o comportamento dos fatores em contraposição à distribuição populacional do pequiizeiro – ano.

2.3 Análises estatísticas e geoestatísticas

As análises estatísticas univariadas e geoestatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R versão 3.6.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019), utilizando os pacotes geoR (RIBEIRO JÚNIOR; DIGGLE, 2018), moments (KOMSTA; NOVOMESTKY, 2015), sp (PEBESMA et al., 2018); lattice (SARKAR, 2018). As imagens em raster (imagens com a matriz de pontos) da interpolação por meio da krigagem ou por IQD no R foram exportadas e inseridas no programa QGis 3.8 (QGis, 2019) para a plotagem de mapas temáticos com melhor qualidade. A análise fatorial exploratória foi realizada com auxílio do programa IBM® SPSS® Statistics versão 20 de 2011 (IBM Corp. Released, 2011).

3 RESULTADOS

A matriz de correlação apresentou cerca de 65% dos coeficientes superiores a 0.3 para as variáveis NI de pequiizeiro, altitude, pH, K (potássio), P (fósforo), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Al (alumínio), H+Al (acidez potencial), SB (soma de bases), t (capacidade de trocas de cátions efetiva), T (capacidade de troca de cátions à pH 7.0), V(saturação por bases), m (saturação por alumínio), MO (matéria orgânica), P.rem (fósforo remanescente), argila, areia e umidade do solo. O valor de KMO=0.7 foi maior que 0.5 e a hipótese de esfericidade foi rejeitada ($P<0.05$), confirmando a adequabilidade da base dados à análise fatorial exploratória.

Quanto às comunalidades, a areia apresentou comunalidade de 0.47, portanto, inferior a 0.5 e a variável foi removida da análise (Tabela 2). Na segunda extração, a comunalidade mínima foi para o pH (0.66), ou seja, teve 66% da sua variância explicada pelos fatores extraídos e a máxima comunalidade foi da soma de bases (SB) de 0.98, que teve praticamente toda a sua variância explicada nos fatores gerados. O número de indivíduos de pequiizeiro – anão teve comunalidade de 0.71, sendo assim os fatores extraídos explicam 71% da sua variância.

Tabela 2: Comunalidades obtidas para as variáveis do solo, a altitude e o NI pequiizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. SilvaIbá –MG - 2019.

Variável	*1ª extração	*2ª extração	Variável	*1ª extração	2ª extração
Altitude	0.63	0.78	t	0.96	0.95
NI de Pequiizeiro	0.71	0.71	T	0.9	0.9
pH	0.66	0.66	V	0.95	0.95
K	0.73	0.73	m	0.82	0.83
P	0.76	0.75	MO	0.8	0.8
Ca	0.88	0.89	P.rem	0.72	0.76
Mg	0.91	0.91	Umidade	0.79	0.8
Al	0.95	0.95	Argila	0.89	0.83
Al+H	0.91	0.9	Areia	0.47	---
SB	0.98	0.98			

* A 1ª extração ainda é com a presença da variável areia, já a 2ª extração é após a sua exclusão da análise. NI: Número de indivíduos; K: Potássio; P: Fósforo; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions a pH 7.0; V: saturação por bases; m: saturação por Alumínio; MO: matéria orgânica; P.rem: fósforo remanescente.

Cinco fatores foram extraídos por possuírem autovalores superiores a 1 (um). O primeiro fator (F01) explicou 29.8% da variância dos dados originais, o segundo (F02), terceiro (F03), quarto (F04) e quinto (F05) explicaram 25.4%, 12.5%, 8.5% e 7.6% da variância, respectivamente. Acumuladamente, explicaram 83.9% da variância original das variáveis.

O P, Al, H+Al, t, T, MO, e o P.rem apresentaram as maiores cargas fatoriais (CF) no primeiro fator (F01), estando relacionados diretamente ou inversamente com a acidez do solo (Tabela 3). O Al e H+Al são componentes da acidez e foram os cátions mais abundantes no solo. O solo apresenta saturação por alumínio média de 92% (92% da CTC efetiva ocupada por íons de Al). A diferença de 4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ entre a CTC efetiva (1.4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e a CTC total (5.40 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) retratou a abundância da acidez potencial do solo (H+Al). Assim, F01 representou principalmente as características álicas do solo.

Tabela 3: Cargas fatoriais dos cinco fatores extraídos e rotacionados das variáveis do solo e dos indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) Prance & M. F. Silva). Ibiá – MG

	Fatores				
	1	2	3	4	5
Altitude	-0.09	-0.14	-0.86	-0.12	0.04
NI de pequizeiro	-0.12	0.23	0.34	0.12	-0.71
pH	-0.24	-0.28	0.14	0.71	0.03
K	0.42	0.29	0.20	0.64	-0.15
P	0.61	0.22	-0.10	0.57	-0.11
Ca	-0.02	0.88	0.03	0.33	0.04
Mg	0.13	0.94	0.02	0.11	-0.03
Al	0.87	-0.02	0.40	-0.07	0.11
Al+H	0.93	-0.10	0.12	-0.07	-0.03
Sb	0.26	0.94	0.11	0.10	-0.07
T	0.87	0.18	0.39	-0.04	0.09
T	0.94	-0.06	0.12	-0.06	-0.02
V	-0.14	0.96	0.04	0.07	-0.09
M	0.13	-0.86	0.07	-0.23	0.10
MO	0.84	0.12	-0.13	0.23	0.03
P.rem	-0.64	0.08	-0.56	-0.16	0.06
Umidade	-0.05	0.01	0.16	0.01	0.88
Argila	0.46	-0.09	0.78	0.02	0.01

Extração dos fatores pelo método de componente principal e a rotação pelo método varimax. NI: Número de indivíduos; K: Potássio; P: Fósforo; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions a pH 7.0; V: saturação por bases; m: saturação por Alumínio; MO: matéria orgânica; P.rem: fósforo remanescente.

Cargas fatoriais positivas para o Ca, Mg, SB, V e negativa para a m (saturação por Al) associaram o F02 com a fertilidade do solo (Tabela 3). A relação inversa entre a altitude (CF: -0.86) e o teor de argila (CF: 0.78) foi a característica principal do F03 (Tabela 3), que representou as condições de relevo da área, ou seja, a fisiografia do terreno. A fisiografia do terreno afetou a capacidade de adsorção de fósforo do solo (P.rem, CF: -0,56), mostrando relação direta das maiores altitudes com a maior capacidade de adsorção de fósforo.

As cargas fatoriais fortes e positivas do pH, K e P no F04, associaram este fator também à fertilidade do solo (Tabela 3). A maior carga fatorial do NI de pequiheiro ocorreu no F05, ocorrendo uma relação inversa com umidade do solo, na qual a maior umidade (CF=0.88) refletiu em menor população de pequiheiro – anão na área (CF=-0.71).

Os cinco fatores e o NI de pequiheiro apresentaram distribuição não tendenciosa nos quartis na área (Apêndice B). O F02 se afastou de forma significativa da simetria, possivelmente em decorrência do grande número de valores igual à zero (0) da variável Ca com alta carga fatorial neste fator. A dispersão dos fatores e do NI de pequiheiro nas direções X e Y confirmaram não ocorrer tendência significativa de nenhuma das variáveis na área.

Os fatores F01, F02 e F04 apresentaram grau de dependência espacial moderado (*sensu* CAMBARDELLA et al., 1994) com GD de 0.47, 0.47 e 0.70, respectivamente (Figura 1; Tabela 4). Os fatores F03 e F05 apresentaram forte dependência espacial (GD de 0.07 e 0.13, respectivamente). O alcance do F05 foi de 374 m, sendo o maior observado entre os fatores, seguido pelo alcance do F03 (295 m), do F01 (273 m), do F02 (140 m) e, por fim, do F04 (125 m). O modelo de semivariância ajustado para os cinco fatores foi o esférico. O NI de pequiheiro apresentou forte grau de dependência espacial (GD=0.14) e um alcance de 235.36 m e sua semivariância foi ajustada pelo modelo gaussiano.

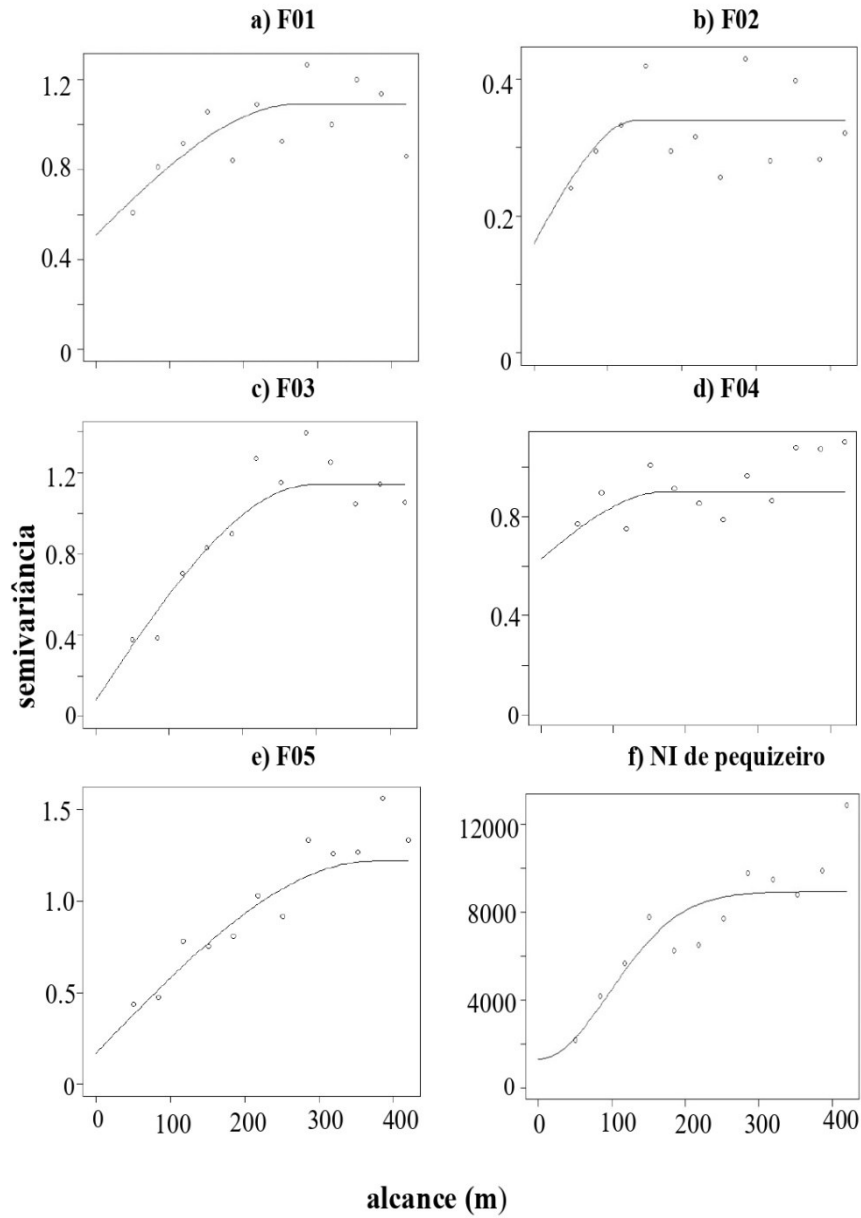


Figura 1: Semivariogramas ajustados para: a) F01 (fator 01); b) F02 (fator 02); c) F03 (fator 03); d) F04 (fator 04); e) F05 (fator 05); e do: f) NI de pequiheiro (número de indivíduos de pequiheiro – ano (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA)). Ibiá – MG.

Tabela 4: Modelos, parâmetros, relação C_0/C_0+C e grau da dependência espacial dos semivariogramas ajustados para os fatores e o número de indivíduos de pequizeiro – anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA). Ibiá – MG

Atributo	Modelo	¹ C	² C ₀	Alcance Prático	³ C ₀ /C ₀ +C	Grau de Dependência
F 01	Esférico	0.58	0.50	273	0.47	Moderado
F 02	Esférico	0.18	0.20	140	0.47	Moderado
F 03	Esférico	1.06	0.08	295	0.07	Forte
F 04	Esférico	0.27	0.63	125	0.70	Moderado
F 05	Esférico	1.05	0.17	374	0.13	Forte
NI de pequizeiro	Gaussiano	7652.51	1287.05	235.62	0.14	Forte

¹ C: contribuição; ² Co: efeito pepita (Co +C = patamar); ³ método de Cambardella et al. (1994); ⁴EPP: efeito pepita puro. ⁵ modelo esférico o alcance prático é igual ao alcance teórico – modelo exponencial o alcance prático é o alcance teórico multiplicado por 3 – modelo gaussiano o alcance prático é o alcance teórico multiplicado por $\sqrt{3}$.

Nas extremidades sudeste e oeste da área, ocorreram as maiores intensidades do F01; por outro lado, as menores intensidades ocorreram na região central da área e nas extremidades norte e noroeste (Figura 2a). Contrapondo a distribuição espacial do F01 com a distribuição espacial do NI de pequizeiro (Figura 2a, f), constatou-se que as regiões na área com menor intensidade do fator ao norte e noroeste coincidiram com os locais de maior densidade populacional do pequizeiro – anão. Nota-se, a relação inversa do NI pequizeiro – anão com as características álicas do solo (F01) em parte da área (Tabela 3).

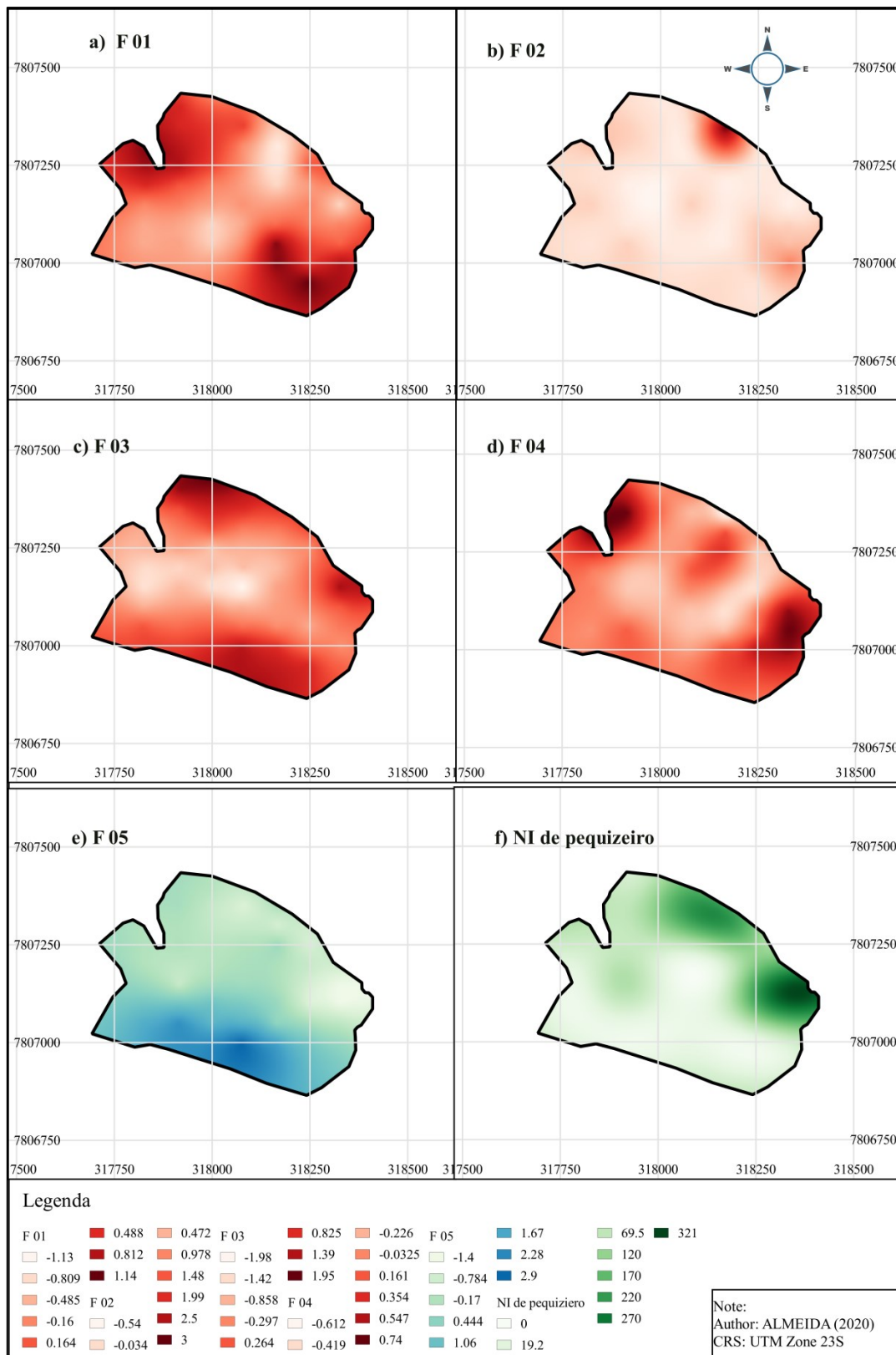


Figura 2: Mapa temático da distribuição espacial do: a) F 01 (Fator 01); b) F 02 (Fator 02); C) F 03 (Fator 03); d) F 04 (Fator 4); e) F 05 (Fator 05) e; f) NI de pequizeiro (número de indivíduos de pequizeiro – ano (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA)). Ibiá MG.

Os mapas temáticos dos fatores F02 e F04 caracterizaram notadamente a distribuição espacial da fertilidade do solo na área (Figura 2b, d). No norte da área, há uma região mais intensa do F02 que coincide com uma das maiores densidades de pequiheiro, acima de 270 indivíduos por quadrante (uma população relativa de mais de 650 indivíduos por hectare). Os locais mais intensos do F04, nas extremidades leste, noroeste e norte da área, estavam também relacionados com uma maior densidade de plantas. Por outro lado, na região central e sul, da área, locais com a menor intensidade destes dois fatores (F02 e F04), culminaram as menores densidades populacionais e até ausência de indivíduos.

A fisiografia do terreno, caracterizada pela distribuição espacial do F03, enalteceu a relação inversa da altitude com a argila. As regiões de menor intensidade do fator, mais ao centro da área (cor mais clara no mapa temático), são regiões de maior altitude e com um menor teor de argila (Figura 2c, f). Nessa região central, o estabelecimento e o desenvolvimento do pequiheiro – anão foram limitados. As regiões com maior intensidade do F03 (cor mais intensa), ao norte da área, contribuíram para o estabelecimento e o desenvolvimento pequiheiro. Contudo, nas regiões intensas do F03, ao sul da área, a subespécie praticamente não foi encontrada. A relação inversa entre NI de pequiheiro e a umidade do solo, representada pela distribuição espacial do F05, elucidou o motivo pelo qual as regiões mais ao sul da área não são favoráveis ao desenvolvimento do pequiheiro (Figura 2e).

4 DISCUSSÃO

A compreensão dos fatores associados à formação dos micro – habitats é bem complexa, já que existem interações entre os componentes ambientais que dificultam a interpretação (LIAO et al., 2008). A análise fatorial exploratória gerou, de cinco fatores que retrataram a correlação entre as variáveis físico-químicas do solo, a altitude e a ocorrência natural do pequiheiro – anão, e a geoestatística, por meio da *krigagem* ordinária, quantificou os efeitos espaciais desses fatores e da distribuição espacial da população de pequiheiro – anão na área, fornecendo referências dos *micro – habitats* propícios ao micro-endemismo da subespécie.

Assim, a aliança entre a análise fatorial exploratória e a *krigagem* ordinária permitiu conhecer os atributos que contribuíram para o estabelecimento e o desenvolvimento do pequiheiro – anão na área. Com a vantagem proporcionada pela análise fatorial, da redução considerável do número de variáveis a serem interpretadas, partindo-se de 19 variáveis, chegou-se a cinco fatores, que explicaram 83.9% da variância total do conjunto de dados. Os fatores

obtidos possuíram autovalores superiores a 1 (um), pois, se um fator tem um baixo autovalor, ele contribui pouco para a explicação das variâncias nas variáveis e são considerados como redundante em relação aos fatores mais importantes (HAIR JR et al., 2009). A vantagem na redução do número de variáveis a serem analisadas, vem acompanhada do risco de perda de parte das informações e da desvantagem de as novas variáveis não possuírem um significado tão nítido como as variáveis originais (SCHMITT, 2005).

O F01 (Fator 01) representou especialmente o carácter álico do solo. A elevada acidez do solo é uma característica comum do Bioma Cerrado e muito mais pronunciada nos campos rupestres, que possuem atributos análogos aos solos mais improdutivos. Esta baixa fertilidade do solo é em decorrência da alta lixiviação de nutrientes, intensificada pela elevada drenagem do solo e pela baixa disponibilidade do material de origem (quartzito) (BENITES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2015).

A contraposição da distribuição espacial do F01 com o NI de pequiizeiro evidenciou uma relação inversa (Figura 2a; e), já que, nos locais de menor intensidade do F01, ocorreram as maiores densidades populacionais da subespécie. No mesmo sentido, foi visto que uma menor intensidade do F01 significa um incremento na fertilidade do solo, e o F02 e o F04 (fatores associados à fertilidade do solo) possibilitaram visualizar as respostas do pequiizeiro – anão a tênues oscilações na fertilidade natural na área (incremento ou decréscimo). As regiões mais intensas do F02 e F04 corresponderam na área aos locais que apresentaram a maior densidade de indivíduos de pequiizeiro – anão. Esta sensibilidade do pequiizeiro – anão a leves oscilações na fertilidade do solo, na área de estudo, alude à formação de micro – habitats favoráveis e desfavoráveis à subespécie, em decorrência das oscilações de fertilidade. A variação na fertilidade natural dos solos está diretamente associada à composição florística (ZHAN et al. 2017).

A maior densidade populacional do pequiizeiro – anão na área estava associada a indivíduos sem o caule aparente. A menor intensidade do F01, por consequência uma menor disponibilidade de Al (íons com alta carga fatorial no F01), pode ter favorecido o desenvolvimento celular e a natural expansão de caules subterrâneos do pequiizeiro – anão (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001). O desenvolvimento vegetativo é uma adaptação às adversidades ambientais, comuns aos campos rupestres, como os incêndios, os solos rasos e o prolongado estresse hídrico (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2005; KOLBEK; ALVES, 2008). O crescimento, o estabelecimento e o desenvolvimento de espécies, por meio de sistemas subterrâneos nos campos rupestres, são responsáveis por mais da metade da biomassa vegetal (ALVES et al., 2014). Ressalta-se que o maior investimento da subespécie, em caules

subterrâneos em alguns micro – habitats, pode ter levado a uma sobrestimava do número de indivíduos de pequizeiro, já que mais de um indivíduo contabilizado pode ser oriundo do mesmo caule.

A resposta aos incrementos de fertilidade, observados por meio dos fatores F01, F02 e F04, foram em relação a níveis impensáveis aos conceitos tradicionais de fertilidade do solo. A especiação, a solos pobres em nutrientes, já foi observada nos indivíduos de pequizeiro comum nativos, pois durante cinco anos subsequente plantas já estabelecidas e adultas da espécie, foram adubadas com N, P, K, Ca, Mg e não apresentaram respostas vegetativas e nem produtivas (MACEDO, 2005). Já foram averiguados episódios em que a correção do solo passou a ser nociva ao desenvolvimento do pequizeiro comum (HARIDASAN, 2008), ratificando a adaptação aos solos ácidos.

A distribuição espacial do F03 foi elucidativa, pois conseguiu retratar a questão da formação dos micro – habitats originários do efeito altitude/lixiviação/erosão/deposição de argila e nutrientes nos degraus do terreno. A região mais central da área apresentou a menor intensidade do fator, por ser mais alta (maior altitude) e com menor porcentagem de argila. Os degraus com uma menor declividade proporcionaram o acúmulo de argila nas regiões marginais da área, caracterizadas pela cor mais intensa no mapa temático (vermelho escuro).

Esta fisiografia do terreno (F03) é intimamente ligada à fitofisionomia da área. Nas regiões de menor intensidade do fator, onde provavelmente existiu uma maior lixiviação, foram os locais caracterizados por espécies herbáceas, na área. Já nas regiões mais intensas do fator, há uma maior presença de plantas lenhosas, e o tamanho (porte) foi correspondente a essa maior intensidade. Estas observações prevalecem para o pequizeiro – anão, praticamente não avistado na parte central da área (região de menor intensidade do fator), o qual apresentou as plantas mais robustas (caule bem definido e aparente) nos pontos de maior intensidade do F03. A distribuição de espécies, nos campos rupestres, é uma resposta aos diferentes componentes da heterogeneidade ambiental de pequena escala no habitat (COELHO et al., 2008), evidenciada neste fator pelos efeitos da micro-topografia do terreno.

A distribuição espacial do F05 revelou o impacto das oscilações da umidade do solo na ocorrência do pequizeiro – anão. Nos locais de maior intensidade do fator, localizados ao sul na área de estudo, praticamente não foram encontradas plantas de pequizeiro – anão (Figura 2d, e), mesmo essas regiões possuindo outras características favoráveis à subespécie, demonstradas nos outros quatro fatores. Nos campos rupestres, o lençol freático passa por oscilações de altura consideráveis, durante as diferentes estações do ano (ALVES et al., 2014). Essas oscilações influenciam diretamente nas composições florísticas e fisionômicas desse ambiente

(ALMEIDA JR et al., 2009); na área em estudo, limitaram o estabelecimento e o desenvolvimento do pequizeiro – anão nas regiões mais ao sul dela. A região sul da área de estudo é marginal a uma das nascentes do Ribeirão do Formoso, o qual contribui para aporte hídrico desse manancial.

O estabelecimento e o desenvolvimento do pequizeiro – anão, em um ambiente que é impróprio para todas as espécies cultivadas, indica sua especiação aos campos rupestres. Campos rupestres são limitados a altitudes superiores a 900 m e sofrem alta oscilação térmica, alta evapotranspiração, incidência de calor e ventos constantes (JACOBI et al., 2007; SILVEIRA et al., 2016), além de possuírem solos rasos, pobres em nutrientes, ricos em alumínio, com pouca capacidade de retenção de umidade (SILVEIRA et al., 2016), promovendo a especiação em decorrências desses atributos singulares e restritivos.

Os cinco fatores apresentaram zonas de contribuições e de restrições ao crescimento e ao desenvolvimento da subespécie. A menor intensidade do F01 e as maiores intensidades do F02 e F04 possibilitaram uma maior densidade populacional do pequizeiro, fatores esses relacionados com a fertilidade do solo. O F03 revelou as implicações do terreno sobre o maior desenvolvimento vegetativo (porte) da subespécie, em decorrência do maior acúmulo de argila e nutrientes pelos processos de erosão e de lixiviação. O fator F05 retratou a intolerância do pequizeiro – anão ao excesso de umidade. Assim, os fatores se complementaram na ordenação de uma resposta que indica os condicionantes do microendemismo do pequizeiro – anão na área de estudo (micro – habitats).

Alterações sutis dos atributos físico-químicos do solo, reveladas pelos fatores, mostraram ter efeitos significativos no estabelecimento, na densidade populacional e no porte das plantas de pequizeiro – anão. Isso permite antever que as ações antrópicas, diretas e indiretas, sobre os campos rupestres, podem provocar leves alterações ambientais (em microescala) e cominarem com o desaparecimento do pequizeiro – anão. Portanto, inteirar-se sobre as particularidades, a respeito do estabelecimento do pequizeiro – anão, em seu ambiente natural, foi valoroso para dar subsídio aos esforços que buscam a sua preservação, por meio do cultivo e do manejo, prevenindo a sua extinção.

Além da questão ambiental, o pequizeiro comum vem sendo objeto de vários estudos que buscam viabilizar o seu manejo, em decorrência das suas características benéficas para a alimentação humana e seus diversos usos potenciais (fármaco, cosmético, madeira) (ALVES JÚNIOR et al., 2015, CARLOS et al., 2014; LIMA et al., 2015; SANTOS et al., 2006, TORRES, 2017). Portanto, é indispensável que sejam considerados esses aspectos adaptativos,

para se aproveitar os atributos genéticos favoráveis do pequizeiro – anão, no estabelecimento e no manejo de uma cultura comercial de pequizeiro (*C. brasiliense* Cambess).

A integração da análise fatorial com a geoestatística revelou informações sobre o microendemismo do pequizeiro – anão e essas informações podem contribuir para a preservação e o manejo sustentável da subespécie. Essa integração de ferramentas pode ser uma alternativa interessante para a caracterização dos *micros – habitats* e a sua contribuição para com a fitofisionomia, podendo resultar em uma maior compreensão dos fatores associados ao estabelecimento e ao desenvolvimento de espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção, colaborando, pois, para os esforços de preservação ambiental e manejo sustentável de espécies.

5 CONCLUSÕES

A análise fatorial permitiu a redução considerável do número de variáveis a serem interpretadas, partindo-se de 19 variáveis e chegando-se a cinco fatores, que explicaram 83.9% da variância total do conjunto de dados. A geoestatística permitiu quantificar os fatores inerentes à ocorrência do pequizeiro – anão observando que:

- A contraposição da distribuição espacial do F01, F02 e F04 com o NI de pequizeiro evidenciou que tênues oscilações na fertilidade natural na área (incremento ou decréscimo) proporcionaram micro – habitats favoráveis ou não ao pequizeiro – anão, sendo que, na área, houve uma resposta positiva aos incrementos.
- A micro-topografia estava diretamente associada à fitofisionomia da área, condição evidenciada pela distribuição espacial do F03, a qual está intimamente ligada ao estabelecimento de micro – habitats favoráveis ou não ao maior crescimento do pequizeiro – anão.
- O F05 mostrou que a umidade do solo é um fator determinante no estabelecimento da subespécie na área, locais mais úmidos foram restritivos ao pequizeiro – anão.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JR., E. B.; OLIVO, M. A.; ARAUJO, E. L.; ZICKEL, C. S. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracaípe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. **Acta Botanica Brasilica**. São Paulo, v.23, n.1, p.36-48, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100005>
- ALMEIDA, L. S., GUIMARÃES, E. C. geoestatística e análise fatorial exploratória para representação espacial de atributos químicos do solo, na cafeicultura. **Coffee Science**, Lavras, v.11, n. 2, p. 195-203, 2016.
- ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W. ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.683-690, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000400011>
- ALVES JÚNIOR, J.; TAVEIRA, M. R.; CASAROLI, D., EVANGELISTA, A. W. P.; VELLAME, L. M.; MOZENA, W. L. Respostas do pequiheiro à irrigação e adubação orgânica. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.08, n. 01, p. 47-60, 2015. <https://doi.org/10.14688/1984-3801/gst.v8n1p47-60>
- ALVES, R. J. V.; SILVA, N. G.; OLIVEIRA, J. A.; MEDEIROS, D. Circumscribing campo rupestre – megadiverse Brazilian rocky montane savanas. **Brazilian Journal Biology**, São Carlos, v. 74, n. 2, p. 355-362, 2014. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.23212>
- BENITES, V. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SIMAS, F. N. B.; SANTOS, H. G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista brasileira de Botânica**. São Paulo, v.30, n.4, p. 569-577, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400003>
- BUSS, R. N.; SILVA, R. A.; SIQUEIRA, G. M.; LEIVA, J. O. R.; OLIVEIRA, O. C. C.; FRANÇA, V. L. Spatial and multivariate analysis of soybean productivity and soil physical-chemical attributes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.23, n. 6, p. 446-453, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n6p446-453>
- BRASIL. Portaria 32 de 23 de janeiro de 2019. Proíbe o corte de Pequiheiro (*Caryocar spp.*) em áreas situadas fora dos limites do bioma Amazônia, exceto nos casos de exemplares plantados. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília-DF, ed.17, p. 57. 24 jan. 2019.
- BRASIL. Portaria 113 de 29 de dezembro de 1995 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. A exploração das florestas primitivas e demais formas de vegetação arbórea, que tenha como objetivo principal a obtenção econômica de produtos florestais, somente será permitida através de manejo florestal sustentável. **Diário Oficial da União**. seção 1, Brasília-DF, ano 107, 9 jan. 1996.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Medison, v.58, n. 5, p.1240-1248, 1994. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>

CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; HIGASHIKAWA, E. M.; GARCIA, M. B.; FARIAS, E. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.1, p.13-21, 2014.

<https://doi.org/10.5902/1980509813318>

CARVALHO, M. A. C.; PANOSSO, A. R.; TEIXEIRA, E. E. R.; ARAÚJO, E. G.; BRANCAGLIONE, V. A.; DALLACORTA, R. Multivariate approach of soil attributes on the characterization of land use in the Southern Brazilian Amazon. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v.184, p.207-215, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.004>

COELHO, F. F.; CAPELO, C.; RIBEIRO, L. C.; FIGUEIRA, J. E. C. Modos Reprodutivos em *Leiothrix* (Eriocaulaceae) no Sudeste do Brasil: O Papel da Heterogeneidade Microambiental, **Annals of Botany** São Paulo, v.101, n.3, p. 353-360, 2008.

<https://doi.org/10.1093/aob/mcm289>

CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 85–111, 2005.

<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v23i1p85-111>

CRESSIE, N.; HAWKINS, D. M. Robust estimation of the variogram: I. **Mathematical Geology**. [s.l.], v.12, p.115–125, 1980. <https://doi.org/10.1007/BF01035243>

DIAS, A. B. **Ecologia da polinização e troca de polinizadores de *Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium* (Caryocaraceae), em área meridional do cerrado**. 2017, 50f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”-UNESP, Botucatu, 2017.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230 p.

FÁVERO, L. P. L.; BELFIORE, P. P.; SILVA, F. L. DA; CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier. 2009, 646p.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, Campinas, v.16, n. 1, p. 160-

185, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-62762010000100007>

FREDDI, O. DA S.; TAVANTI, R. F. R.; SOARES, M. B.; ALMEIDA, F. T. DE; PERES, F. S. C. Physical-chemical quality of a Latossol under direct seeding and soybean-corn succession in the cerrado-amazonian ecotone. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.30, p.991-1000, 2017. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n420rc>

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A; A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n. 5, p. 558-563, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000500012>

GONG, L.; RAN, Q.; HE, G.; TIYIP, T. A soil quality assessment under different land use types in Keriya river basin, Southern Xinjiang, China. **Soil & Tillage Research**, Holanda, v.146, part. B, p.223-229, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.11.001>

HAIR JUNIOR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

HAGHVERDI, A.; LEIB, B. G.; WASHINGTON-ALLEN, R. A.; AYERS, P. D.; BUSCHERMOHLE, M. J. Perspectives on delineating management zones for variable rate irrigation. **Computers and Electronics in Agriculture**, [s.l.], v.117, p.154-167, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.06.019>

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

IBM CORP. RELEASED. **IBM SPSS Statistics for Windows**, Version 20.0. Armonk, Nova York: IBM Corp. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. 2019 Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/resultados-censo-agro-2017.html>. Acesso em: 02 set. 2020.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F.; VINCENT, R. C.; STEHMANN, J. R. Plant communities on ironstone outcrops: A diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, [s.l.], v.16, n.4, p. 2185- 2200, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9156-8>

JOSÉ, J. V.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; HONGYU, K.; PERBONI, A.; MARQUES, P. A. A.; DIAS, C. T. S.; COELHO, R. D. Análise multivariada e geoestatística de variáveis físico-hídricas de diferentes solos. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v.2, n.3, p.121-129, 2013.

KOMSTA, L.; NOVOMESTKY, F. **Moments**: Moments, cumulants, skewness, kurtosis and related tests. version 0.14. 2015. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/moments/index.html>. Acesso em: 30 jul. 2019.

LIAO, S. W.; GAU, H. S.; LAI, W. L.; CHEN, J. J.; LEE, C. G. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v.88, p.286-292, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.02.010>

MACEDO, S. L. O. **Efeitos da adubação sobre a composição química a concentração de clorofila e o grau esclerofilia foliar de três espécies do cerrado**. 2005, 152f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília. 2005.

MANZIONE, R. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial multivariada aplicada na avaliação da fertilidade do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 227-235, 2011. <https://doi.org/10.13083/reveng.v19i3.181>

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, Littleton, v.58, p.1246-1266, 1963. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.58.8.1246>

MINAS GERAIS. Lei nº 20.308 de 27 de julho de 2012. Altera a lei nº 10.883, de 2 de outubro de 1992, que declara de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte, no estado de minas gerais, o pequizeiro (*Caryocar brasiliense*), e a Lei nº 9.743, de 15

de dezembro de 1988, que declara de interesse comum, de preservação permanente e imune de corte o ipê-amarelo. **Minas Gerais Diário do Executivo**. Belo Horizonte. p. 1, col.2 de 28 de julho de 2012.

OLIVEIRA, D. L. Viabilidade econômica de algumas espécies medicinais nativas do cerrado. **Revista EVS - Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 301-332, 2011. <http://dx.doi.org/10.18224/est.v38i2.2196>

OLIVEIRA R. S.; GALVÃO H. C.; CAMPOS, M. C.; ELLER, C. B.; PEARSE. S. J.; LAMBERS H. Mineral nutrition of campos rupestres plant species on contrasting nutrient-impooverished soil types. **New Phytologist**, Reino Unido, v.205, n.3, p.1183-1194, 2015. <https://doi.org/10.1111/nph.13175>

PRANCE, G. T.; SILVA, M. F. **Caryocaraceae**. Flora Neotropical. v. 12. New York: The New York Botanical Garden Press. 1973, p. 1-69.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019.

RIBEIRO. J. F.; RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; PROENÇA. C. B.; FETTILI. J. M.; NOGUEIRA. P. E.; RESENDE, A.V; WALTER, B. M. T.; MUNHOZ, C. B. R.; ALMEIDA, S. P.; FILGUEIRAS, T. Caracterização e manutenção da biodiversidade da flora lenhosa da região do Cerrado. *In*: EMBRAPA-CPAC. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1991 a 1995**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p. 35-37.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. **geoR: Analysis of Geostatistical Data**. version 1.7-5.2.1; 2018. Disponível: <http://www.leg.ufpr.br/geoR/>. Acesso em: 30 jul. 2019.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. L. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 5, n. 3, p. 253-260, 2006. <https://doi.org/10.9771/cmbio.v5i3.4263>

SCHMITT, J. **Pré-processamento para a mineração de dados: uso da análise de componentes principais com escalonamento ótimo**. 2005, 146f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2005.

SILVA, D.B.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SILVA, J.A.; PEREIRA, A.V.; SALVIANO, A.; JUNQUEIRA, G.D. Avaliação do potencial de produção do "pequizeiro – anão" sob condições naturais na região sul do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300057>

SILVA, R. A.; SIQUEIRA, G. M.; COSTA, M. K. L.; GUEDES FILHO, O.; SILVA, Ê. F. F. Spatial variability of soil fauna under different land use and managements. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.42, p.1-18, 2018. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170121>

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S. Multivariate analysis and geostatistics of the fertility of a humic rhodic hapludox under coffee cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 467-474, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000200016>

SILVEIRA, F. O.; NEGREIROS, D.; BARBOSA, N. U.; BUISSON, E.; CARMO, F.; CARSTENSEN, D. W.; CONCEIÇÃO, A. A.; CORNELISSEN, T. G.; ECHTERNACHT, L.; FERNANDES, G. W.; GARCIA, Q. S.; GUERRA, T. J.; JACOBI, C. M.; LEMOS-FILHO, J. P.; LE STRADIC, S.; MORELLATO, L. P. C.; NEVES, F. S.; OLIVEIRA, R. S.; SCHAEFER, C. E.; VIANA, P. L.; LAMBERS, H. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: A neglected conservation priority. **Plant and Soil**, Amsterdã, v.403, n. na, p.129–152. 2016. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2637-8>

TORRES, W. G. A. **Saturação de bases em solo do cerrado para produção de mudas de pequi e baruzeiro**. 2017, 73f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2017.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**. Berkeley, v. 31, n.3, p. 1-75, 1983. <https://doi.org/10.3733/hilq.v51n03p075>

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo. Oficina Textos. 2013. 215p

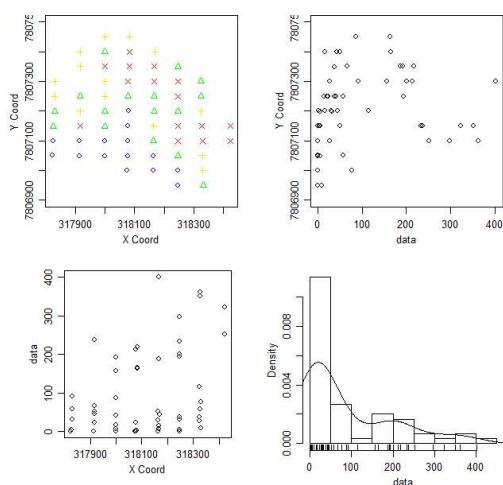
YAO, R. J.; YANG, J. S.; ZHANG, T. J.; GAO, P.; WANG, X. P.; HONG, L. Z.; WANG, M. W. Determination of site-specific management zones using soil physico-chemical properties and crop yields in coastal reclaimed farmland. **Geoderma**, Amsterdã, v.232, p.381-393, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.06.006>

ZHAN, S.; WANG, Y.; ZHU, Z.; LI, W.; BAI, Y. Nitrogen enrichment alters plant N: P stoichiometry and intensifies phosphorus limitation in a steppe ecosystem, **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdã, v.134, p.21-32, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.10.014>

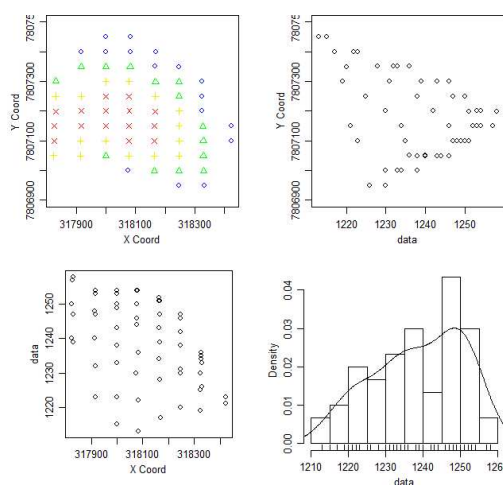
APÊNDICES

Apêndice A: Gráficos de posição, dispersão nos sentidos X e Y e histogramas ajustados para: a) número de indivíduos de pequizeiro – anão (Caryocar brasiliense subsp. intermedium (Wittm.) Prance & M. F. Silva); b) altitude (m); c) pH; d) K (potássio); e) P (fósforo); f) Ca (cálcio); g) Mg (magnésio); h) Al (alumínio); i) H+Al (acidez potencial); j) SB (soma de bases); k) t (Capacidade de troca de cátions efetiva); l) T (capacidade de troca de cátions total); m) V (saturação de bases); n) m (saturação por alumínio); o) MO (matéria orgânica); p) P.rem (fósforo remanescente); q) Argila; r) areia; s) umidade (no período de maior estresse hídrico). Ibiá – MG.

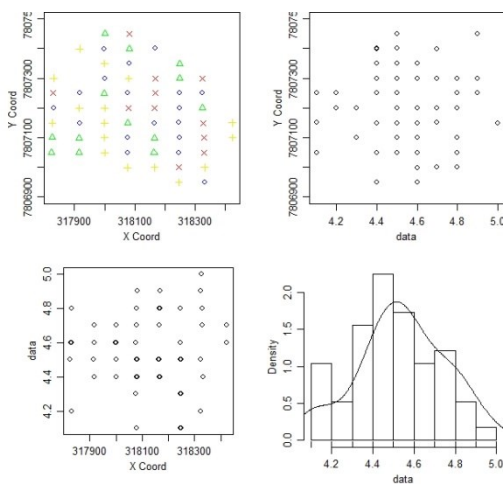
a) Número de indivíduos de pequizeiro – anão



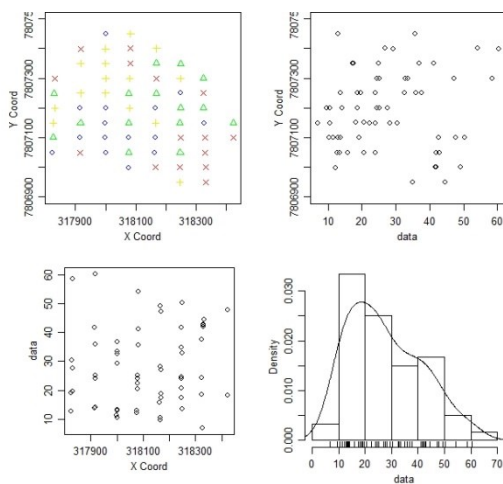
b) Altitude (m)



c) pH



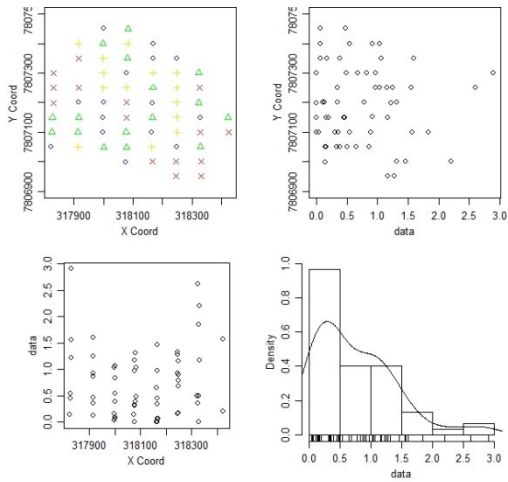
d) K (mg dm⁻³)



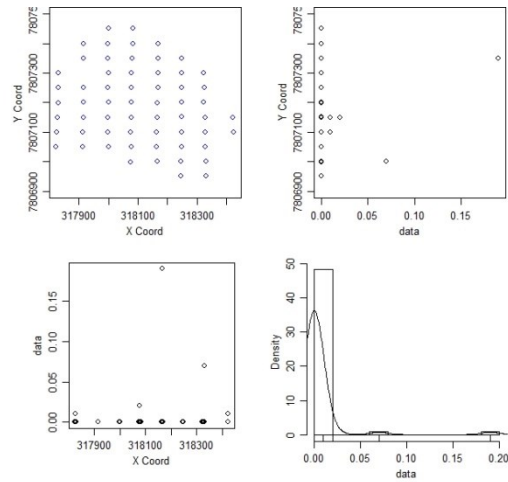
Continua...

Apêndice A: Continuação...

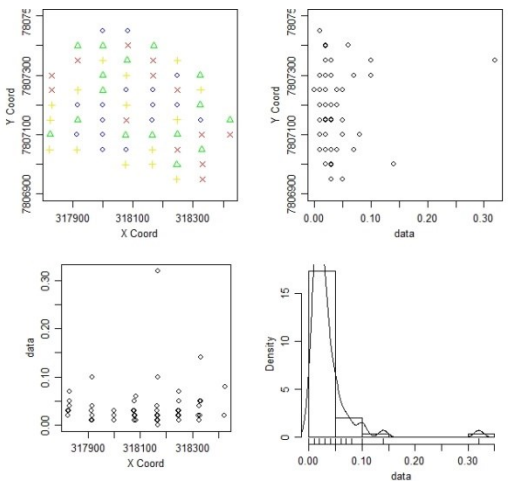
e) P (mg dm⁻³)



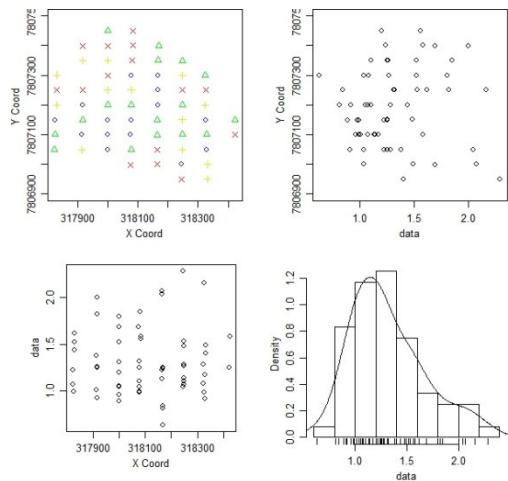
f) Ca (cmol_c dm⁻³)



g) Mg (cmol_c dm⁻³)



h) Al (cmol_c dm⁻³)

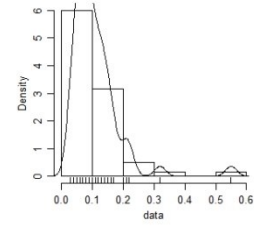
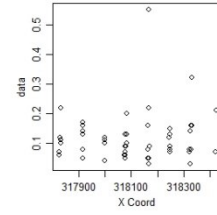
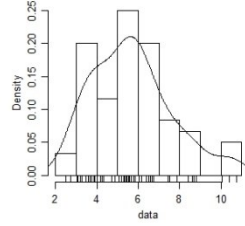
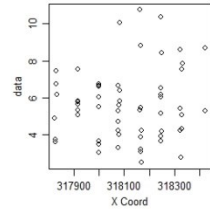
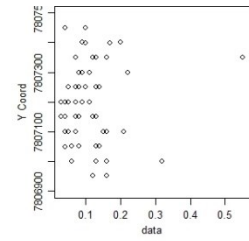
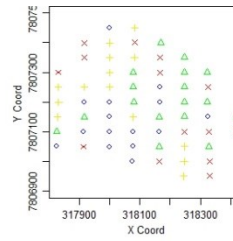
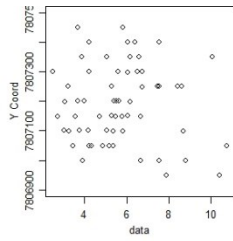
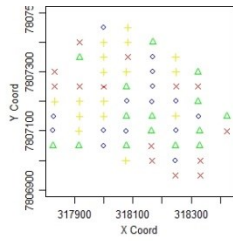


i) H+ Al (cmol_c dm⁻³)



j) SB (cmol_c dm⁻³)

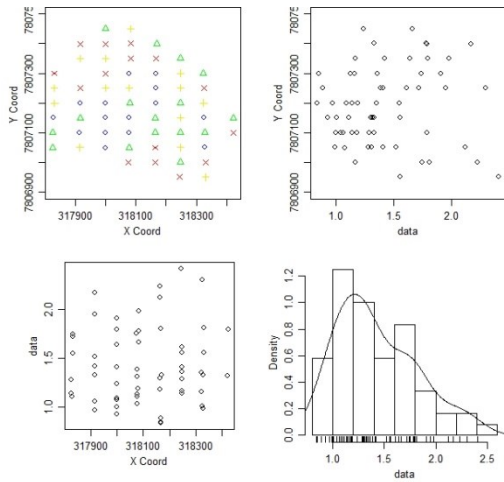




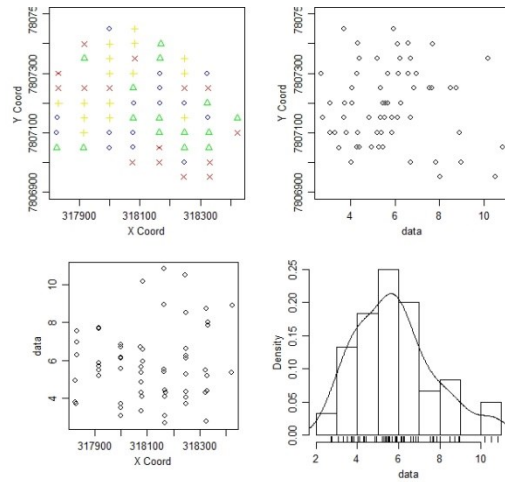
Continua...

Apêndice A: Continuação...

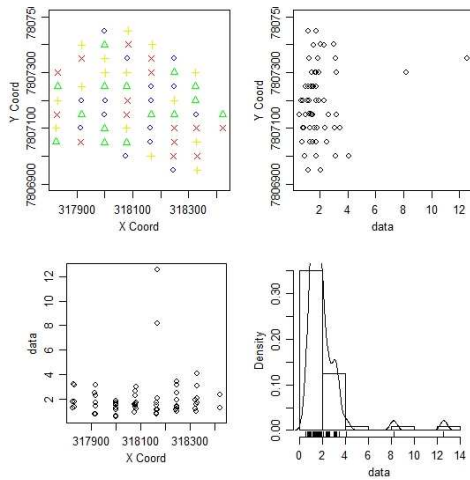
k) t (cmol_c dm⁻³)



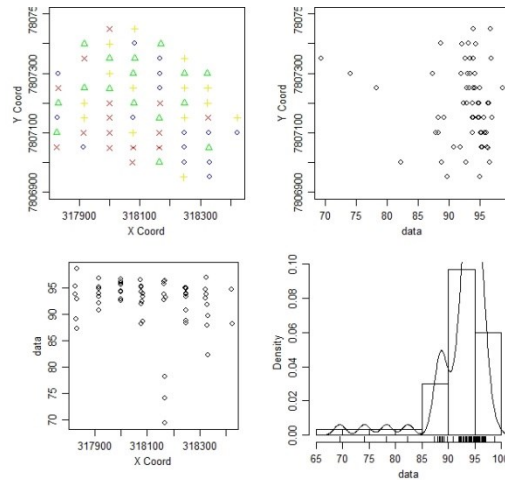
l) T (cmol_c dm⁻³)



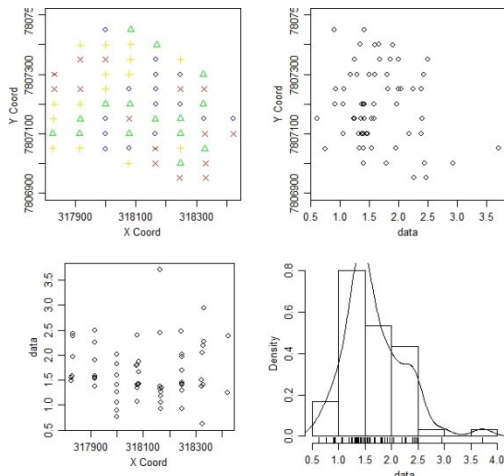
m) V (%)



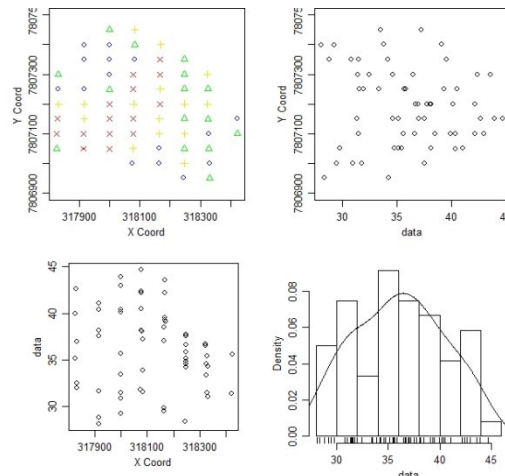
n) m (%)



o) MO (dag kg⁻¹)



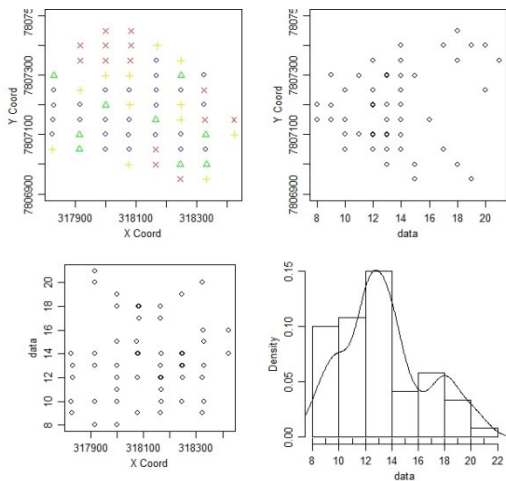
p) P-rem (mg L⁻¹)



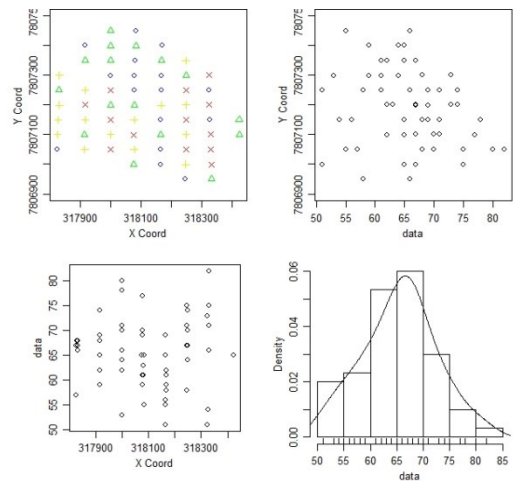
Continua...

Apêndice A: Continuação...

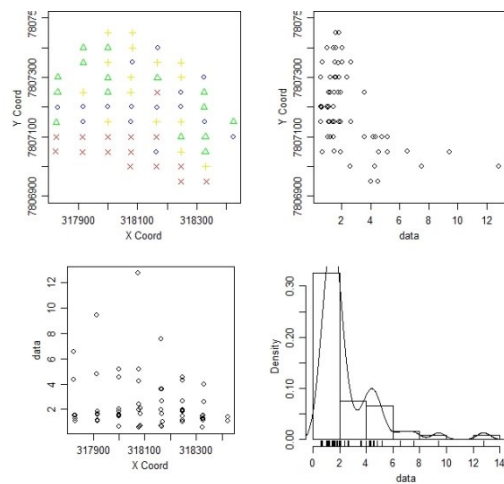
q) Argila (dag kg⁻¹)



r) Areia (dag kg⁻¹)



s) Umidade (%)



Apêndice B: Gráficos de posição, dispersão nos sentidos X e Y e histogramas dos: a) F01 (fator 01); b) F02 (fator 02); c) F03 (fator 03); d) F04 (fator 04); e) F05 (fator 05); e do: f) NI de pequiheiro (número de indivíduos de pequiheiro – ano (Caryocar brasiliense subsp. intermedium (Wittm.) PRANCE & M. F. SILVA)). Ibiá – MG

