



PEDOAMBIENTES DA CAATINGA: ANALISANDO DIFERENÇAS ENTRE SOLOS SOB VEGETAÇÕES HIPOXERÓFILA E HIPERXERÓFILA ATRAVÉS DE SEUS HORIZONTES SUPERFICIAIS

João Santiago Reis¹
Isabella Medeiros Silva²
Davi do Vale Lopes³
Sara Fernandes Flor de Souza⁴

RESUMO

As fitofisionomias de caatinga hiperxerófila e caatinga hipoxerófila apresentam diferenças não só em relação à sua composição florística, mas também em relação a sua distribuição e locais de ocorrência. Em levantamentos e mapeamentos de solos a vegetação é critério no delineamento unidades de mapeamento, com objetivo de realização de inferências sobre a variação sazonal do regime de umidade dos solos. O objetivo do presente trabalho é analisar se o emprego de fases de vegetação em mapeamentos de solos tem sido eficiente em separar pedoambientes distintos no bioma Caatinga através da avaliação de diferenças significativas em atributos físicos e químicos de horizontes superficiais de solos em fitofisionomias de vegetação hipoxerófila e hiperxerófila. Para tal, foi criado um banco de dados com resultados de análises 526 amostras extraídas de levantamentos de solos no bioma Caatinga, e realizadas análises estatísticas. Os resultados observados mostram que os solos dos ambientes hiperxerófilos e hipoxerófilos apresentam diferenças estatisticamente significativas para a maioria das variáveis. Podemos afirmar que a utilização de fases de vegetação em levantamentos e mapeamentos de solos tem sido uma ferramenta eficaz na estratificação de ambientes, na medida em que consegue separar solos com características contrastantes.

Palavras-chave: Caatinga, Unidades de mapeamento, Pedologia.

RESUMEN

Las fitofisiognomías de caatinga hiperxerófila e hipoxerófila muestran diferencias no solo en relación a su composición florística, sino también en relación a su distribución y lugares de ocurrencia. En los levantamientos y mapeo de suelos, la vegetación es un criterio en el diseño de unidades de mapeo, con el objetivo de hacer inferencias sobre la variación estacional del régimen de humedad del suelo. El objetivo de este trabajo es analizar si el uso de las fases de vegetación en el mapeo de suelos ha sido eficiente en la separación de distintos pedoambientes en el bioma

¹ Docente do Departamento de Geografia (CERES) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, joao.reis@ufrn.br;

² Discente do Departamento de Geografia (CERES) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, isabella.silva.433@ufrn.edu.br;

³ Docente do Departamento de Geografia (CERES) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, davi.lopes@ufrn.br;

⁴ Docente do Departamento de Geografia (CERES) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, sara.flor@ufrn.br;



de Caatinga mediante la evaluación de diferencias significativas en los atributos físicos y químicos de los horizontes superficiales del suelo en fitofisiognomías de hipoxerófilo e hiperxerófilo. Para ello, se creó una base de datos con resultados de análisis de 526 muestras extraídas de levantamientos de suelos en el bioma de Caatinga y se realizaron análisis estadísticos. Los resultados observados muestran que los suelos de ambientes hiperxerófilos e hipoxerófilos presentan diferencias estadísticamente significativas para la mayoría de las variables. Podemos afirmar que el uso de fases de vegetación en levantamientos de suelos y cartografía ha sido una herramienta eficaz en la estratificación de ambientes, ya que logra separar suelos con características contrastantes.

Palabras clave: Caatinga, Unidades cartográficas, Pedología.

INTRODUÇÃO

A Caatinga é uma das grandes regiões ecológicas nacionais, cobrindo cerca de 912.529 km² do território, sendo um bioma exclusivamente brasileiro (TABARELLI et al., 2018). Ocupa uma área considerável do Nordeste do país, e possui variações de relevo, vegetação, litologia e solo, não podendo ser considerada uma região homogênea. Em relação ao clima, boa parte da região é semiárida com temperaturas médias elevadas, baixa precipitação e alta evaporação, contudo, locais com maiores altitudes apresentam temperaturas mais amenas e maiores taxas de precipitação, configurando a distribuição de diferentes tipos fitofisionômicos de Caatinga (SAMPAIO, 1995).

De acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) a caatinga hiperxerófila e a caatinga hipoxerófila se enquadram como Savana estépica, que comporta quatro subgrupos: florestada, arborizada, parque e gramíneo-lenhosa.

A caatinga hiperxerófila está em grande parte associada à savana estépica parque e à gramíneo-lenhosa. No entanto, pode compreender espécies das outras fitofisionomias, como é o caso do xiquexique (*Pilocereus gounellei*) e do pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), presentes na savana estépica arborizada. Ocorre sobretudo na depressão sertaneja, manifestando significativas variações de porte e densidade, onde suas formas mais degradadas se encontram nos ambientes atrelados à desertificação no nordeste brasileiro. Alguns exemplares típicos e indicadores dessa fase de caatinga são: favela (*Cnidoscolus phyllacanthus*), pinhão brabo (*Jathropha pohiliana*), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) e xiquexique (*Pilocereus gounellei*) (IBGE, 2012; ARAÚJO FILHO et al., 2017).



A caatinga hipoxerófila está mais relacionada à savana estépica florestada e à arborizada, entretanto não é restrita a estes subgrupos. Compreende áreas mais altas, sendo diversa em seu aspecto fisionômico e florístico, devido às diferenciações nas características pedológicas onde se faz presente. Alguns indivíduos indicadores dessa fase de caatinga são: ouricuri (*Syagrus sp.*), tamboril (*Enterolobium tibouva*) e mulungu (*Erythrina velutina*) (ARAÚJO FILHO et al., 2017).

Na Pedologia, no intuito de evidenciar a distribuição espacial, extensão e limites dos solos, é necessário a realização de um agrupamento de tipos de solos, denominado unidade de mapeamento (IBGE, 2015). Logo, a unidade de mapeamento é a representação das unidades taxonômicas (classes de solo) ou tipos de terreno que ocorrem em uma ou mais áreas delimitadas do mapa pedológico e identificadas por um mesmo símbolo. Isto é, a porção mais homogênea que se consegue individualizar para determinado nível de detalhamento e escala, a partir da interpretação de produtos de sensores remotos e investigações de campo

Conforme IBGE (2015), na subdivisão das unidades de mapeamento são utilizadas fases, que indicam mudanças ou situações particulares dos solos que não necessariamente fazem parte do processo de formação dos mesmos. Em suma, as fases são usadas para subdivisões mais homogêneas dos pedoambientes, sendo possível verificar condicionantes que interferem direta ou indiretamente em sua qualidade e em seu comportamento. No Brasil, de acordo com o “Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento, normas em uso pelo SNLCS” (CARVALHO et al, 1988), as fases mais aplicadas são: vegetação primária; relevo; feições especiais de relevo; declividade; drenagem; pedregosidade; rochosidade; erosão e assoreamento; substrato.

Em levantamentos e mapeamentos de solos a fase de vegetação é critério importante na distinção de unidades de mapeamento, dado que possibilita a realização de inferências sobre a variação sazonal do regime de umidade dos solos (SANTOS et al, 2015). Na Caatinga, é observada uma grande diversidade de tipos de solos – o que confere diferentes possibilidades de estabelecimento da vegetação, assim como diferentes potenciais e limitações de uso antrópico (CUNHA et al., 2010). Segundo Araújo Filho et



al., (2017), as fases de vegetação de Caatinga utilizadas em levantamentos de solos são classificadas de acordo com o grau de xerofitismo, sendo a caatinga hiperxerófila relacionada a precipitações menores e mais irregulares, e a caatinga hipoxerófila relacionada a locais com distribuição de chuvas mais regular e solos com maior disponibilidade hídrica.

Baseada neste contexto, a pesquisa procura analisar se o emprego de fases de vegetação em mapeamentos de solos tem sido eficiente em separar pedoambientes distintos no bioma Caatinga, através da avaliação da existência de diferenças significativas em atributos físicos e químicos de horizontes superficiais de solos em fitofisionomias de vegetação hipoxerófila e hiperxerófila

METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho foram extraídos do Banco de Dados de Solos da Embrapa Solos (BD Solos) (EMBRAPA, 2014), referentes à levantamentos e mapeamentos de solos para diversos fins. Foram selecionados horizontes superficiais, com profundidade de 0 a 20 cm, de amostras coletadas em ambientes de vegetações primárias de caatinga hiperxerófila e caatinga hipoxerófila.

Foram selecionadas as variáveis físicas areia, silte, argila, fração grosseira (soma das frações calhaus e cascalho), argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF). As variáveis químicas utilizadas foram pH em água, soma de bases (SB), acidez trocável (Al^{3+}), capacidade de troca catiônica (T), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), e cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e sódio disponíveis (Na^+), além de carbono orgânico total (COT).

De posse destes dados, após remoção de casos espúrios e faltantes, foi estruturado um banco de dados composto por 526 amostras com análises físicas, e 506 amostras com análises químicas.

A estatística descritiva de cada conjunto de dados foi gerada separadamente, posteriormente foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, e por fim gerados seus histogramas. Foi identificado que os dados não possuem distribuição normal, sendo



Os ambientes hipoxerófilos tendem a apresentar maior precipitação e temperatura mais amena, o que faz com que exista maior tempo de permanência de água nos solos, propiciando maiores taxas de intemperismo em relação aos ambientes hiperxerófilos. Esta afirmação é corroborada pelos maiores teores de argila, Al^{3+} e saturação por alumínio (m), juntamente com menores valores de pH e bases – evidenciando maior lixiviação do que no ambiente hiperxerófilo.

Apesar de contarem com baixos valores se comparados com solos de outros biomas, o grau de floculação (GF) segue a tendência dos teores de argila e tem maiores valores no ambiente hipoxerófilo, sugerindo solos mais floculados e/ou melhor estruturados, fortalecendo a hipótese de solos mais intemperizados. Os teores de carbono orgânico também são mais elevados neste ambiente, reflexo de sua maior produção de biomassa, e também ajudam a explicar os maiores valores de GF encontrados nos horizontes superficiais.

Tabela 1. Estatística descritiva dos conjuntos de dados com as variáveis físicas (n = 526) e algumas das variáveis químicas (n = 506).

Parâmetro ¹	Fração Grosseira	Areia	Silte	Argila	ADA	GF
	g kg ⁻¹					%
Q1	10.0	480.0	110.0	90.0	40.0	20.0
Mediana	30.0	640.0	180.0	160.0	100.0	31.0
Média	84.3	609.7	196.6	193.5	125.9	33.5
Q3	110.0	780.0	250.0	269.0	180.0	44.0
DP	131.8	214.6	118.7	137.0	110.2	19.8
CV (%)	156.3	35.2	60.4	70.8	87.5	59.0
Parâmetro	pH	SB	Al ³⁺	T	V	COT
	H ₂ O	cmolc kg ⁻¹			%	g kg ⁻¹
Q1	5.60	2.3	0.0	4.6	59.0	5.7
Mediana	6.25	5.0	0.0	7.2	78.0	8.4
Média	6.26	8.3	0.1	10.4	73.7	10.2
Q3	6.90	10.1	0.1	12.3	92.0	12.5
DP	0.94	9.8	0.6	10.2	24.1	6.7
CV (%)	15.04	118.2	610.0	98.3	32.7	66.1

¹ – Mín – valor mínimo; Q1 – 1º quartil; Q3 – 3º quartil; Máx – valor máximo; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; ADA – argila dispersa em água; GF – grau de floculação; SB – soma de bases; Al³⁺ - acidez trocável; T – CTC a pH 7; V – saturação por bases; COT – carbono orgânico total



Os dados mostram que no ambiente hiperxerófilo o intemperismo químico atuou com menor intensidade, podendo ser observados no complexo de troca dos solos maiores teores de pH, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), soma de bases (SB) e V – todos com diferença significativa ($p < 0.05$). Aspecto interessante de ser observado nos solos em questão, é que os valores de CTC não apresentam diferença estatisticamente significativa entre os dois ambientes, mas há maior presença de bases na caatinga hiperxerófila, enquanto há maiores teores de Al^{3+} no ambiente hipoxerófilo, ou seja, estamos diante de intensidades de lixiviação distintas sob CTC similares.

Outro fato observado é a maior presença da fração grosseira (calhaus + cascalho) no ambiente mais seco, correspondendo a uma superfície pedregosa típica de climas semiáridos também conhecida como pavimento desértico (SOUZA et al., 2015).

Objetivando observar se há separação de pedoambientes em relação apenas às características físicas ou químicas, a Análise de Componentes Principais foi realizada individual para cada tipo de variável (física ou química). Os resultados indicam padrão observado e descrito anteriormente. É observada sobreposição entre as amostras dos dois ambientes, impossibilitando a distinção clara em dois grupos. Em relação aos atributos físicos, o primeiro (PC1) e o segundo componente (PC2) somam 86,59%, e é observada uma tendência de mais amostras de ambiente hiperxerófilo correlacionadas com fração grosseira, enquanto de ambiente hipoxerófilo com argila (Figura 3). Quanto aos atributos químicos PC1 e PC2 têm menor poder de explicação, somando apenas 64,09%, mas ainda assim é observada tendência de correlação de amostras do ambiente hipoxerófilo com Al^{3+} (Figura 4).

As relações entre atributos de solos da Caatinga e a distribuição de suas fitofisionomias tem sido estudadas por diversos autores, com resultados similares aos observados por este trabalho, que estratificam pedoambientes distintos relacionados com os tipos de vegetação (LIMA, 2007; ARRUDA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2019). Sendo assim, constatamos a partir dos resultados obtidos que o emprego de fases de vegetação como critério utilizado para a distinção de unidades de mapeamento em levantamentos e mapeamentos de solos tem sido eficaz em separar pedoambientes distintos dentro do bioma Caatinga.

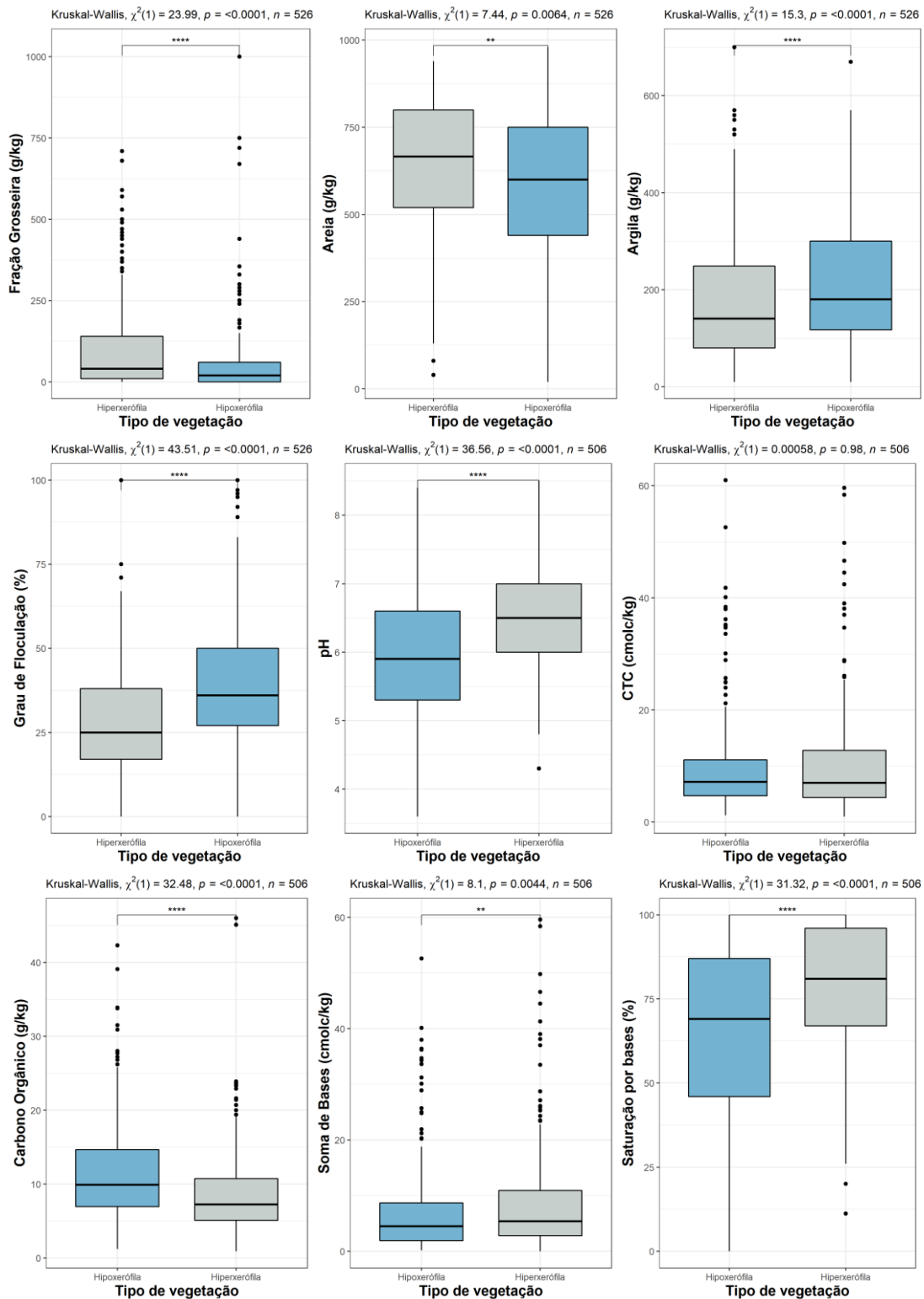


Figura 2a. Gráficos *boxplot*, separados por tipo de vegetação, das variáveis físicas e químicas utilizadas. Os colchetes e asteriscos representam diferença estatisticamente significativa pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

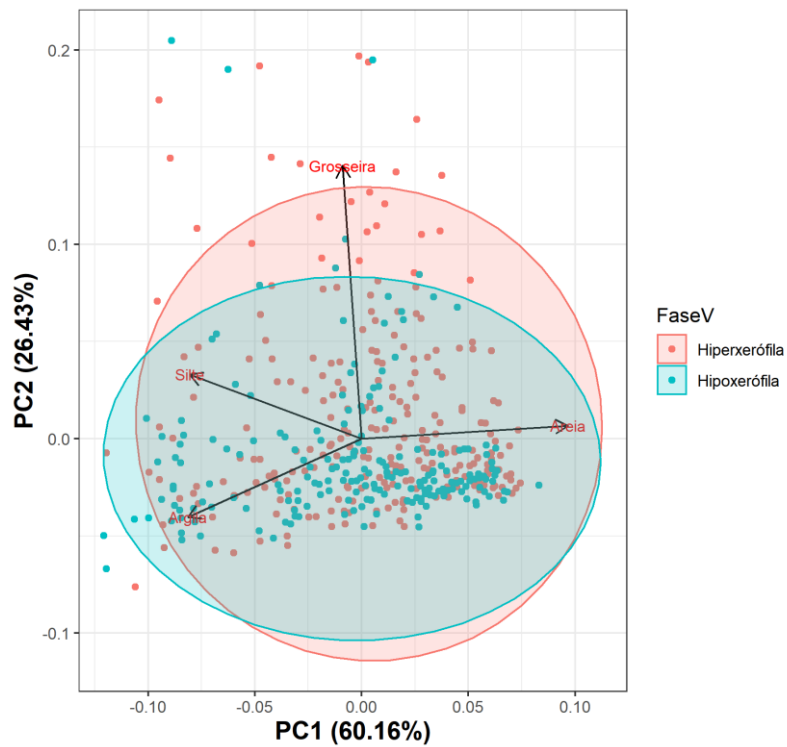


Figura 3. Análise de Componentes Principais de atributos físicos dos solos sob cada tipo de fitofisionomia.

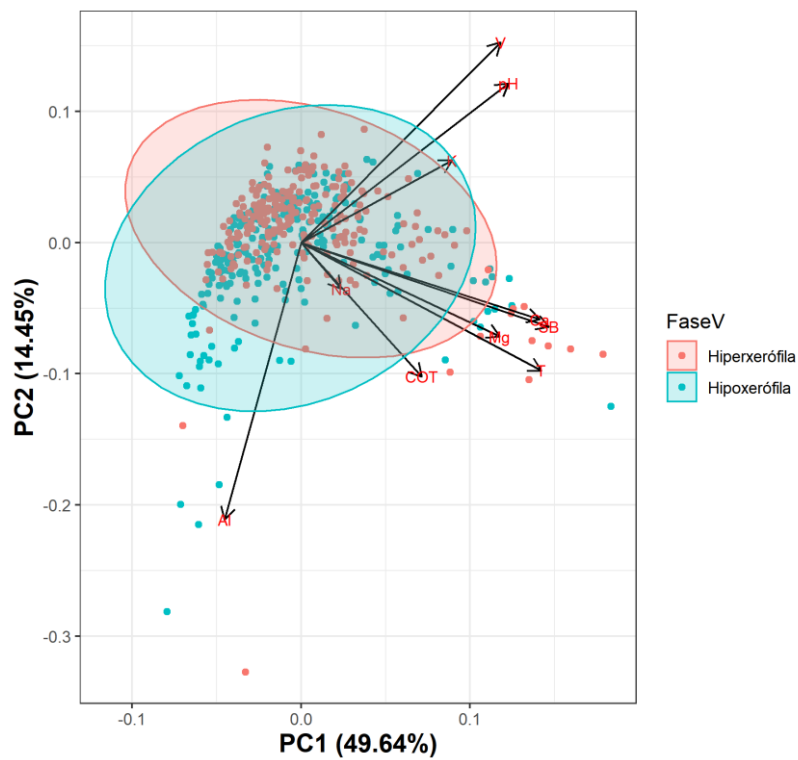


Figura 4. Análise de Componentes Principais de atributos químicos dos solos sob cada tipo de fitofisionomia.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados e resultados observados, podemos concluir que há diferenças estatisticamente significativas entre a maioria dos atributos físicos e químicos observados em horizontes superficiais dos solos das fitofisionomias de caatinga hiperxerófila e hipoxerófila, sugerindo pedoambiente distintos.

Desta maneira, podemos afirmar que a utilização de fases de vegetação em levantamentos e mapeamentos de solos tem sido uma ferramenta eficaz na estratificação de ambientes, na medida em que consegue separar solos com características contrastantes a partir de inferências indiretas de campo, no presente caso, tipos de vegetação e fitofisionomias.

Vale ressaltar que algumas variáveis do solo importantes relacionadas ao estabelecimento da vegetação, como profundidade, capacidade de retenção de água e densidade por exemplo, não foram consideradas neste trabalho. Outro ponto importante é que são necessárias mais análises e devem ser avaliadas as características dos horizontes subsuperficiais – etapa em andamento sendo realizada pelos autores da presente pesquisa, trabalhando neste mesmo banco de dados.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J.C.; RIBEIRO, M.R.; BURGOS, N.; MARQUES, F.A. Solos da Caatinga. In: CURI, N. et al. (ed) **Pedologia – solos dos biomas brasileiros**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileiro da Ciência do Solo, p. 227-260, 2017.
- ARRUDA, D.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MORAES, M.L.B. Relações entre Atributos do Solo e Vegetações da Região Ecotonal do Médio Rio São Francisco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1524–1532, 2015.
- CARVALHO, A.P.; LARACH, J.O.I.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento – normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1988.
- CUNHA, T.J.F. et al. A pesquisa em ciência do solo no Semiárido brasileiro. In: ALBUQUERQUE, A.C.S. & SILVA, A.G. (eds) **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 453-491, 2008.



CUNHA, T.J.F. et al. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SÁ, I.B; SILVA, P.C.G. (ed). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, p.50-87, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Banco de Dados de Solos – BD Solos**. 2014. Disponível em: https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html. Acesso em: 01 mai. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. In: V. H. ALVAREZ V.; L. E. F. FONTES & M. P. F. FONTES (ed.). **O solo nos domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Soc. Bras. Ci. Solo, p. 95-11, 1996.

LIMA, D.A. Estudos fitogeográficos do Estado de Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v.4, p.243-274, 2007.

OLIVEIRA, G.C.; FRANCELINO, M.R.; ARRUDA, D.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAFER, C.E.G.R. Climate and soils at the Brazilian semiarid and the forest-Caatinga problem: new insights and implications for conservation. **Environmental Research Letters**, v.14, 2019.

SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A.; MEDINA E. **Seasonally Dry Tropical Forests**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 35-58, 1995.

SANTOS, H.G. et al. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995.

SOUZA, I.B.; ARTIGAS, R.C.; LIMA, E.R.V. Caatinga e desertificação. **Mercator**. Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

TABARELLI, M.; LEAL, I.R.; SCARANO, F.R.; SILVA, J.M.C. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**. São Paulo, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC, v. 70, n. 4, p. 25-29, 2018.