



CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA E VARIABILIDADE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DA CAMADA SUPERFICIAL DOS SOLOS DO ESTADO DA PARAÍBA

Paulo Roberto Megna Francisco¹

Djail Santos²

Flávio Pereira de Oliveira³

George do Nascimento Ribeiro⁴

Viviane Farias Silva⁵

Raimundo Calixto Martins Rodrigues⁶

Conservação de solos e recuperação de áreas degradadas

Resumo

Este trabalho objetivou para a camada superficial dos solos do Estado da Paraíba, estimar a CTC e geoespacializar os atributos químicos utilizando técnicas de geoprocessamento. Foi criada uma planilha com dados das análises químicas do Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+} , H^+ , descritos nos perfis representativos. Utilizando-se o software QGIS[®] os solos foram classificados com os valores obtidos. A Capacidade de Troca Catiônica efetiva e Total dos solos foram estimadas por modelagem através da calculadora *raster* do QGIS[®] e classificados. Para os cálculos de áreas foi utilizada a calculadora *raster* e o *plugin* GRASS[®] *r.report*. Pelos resultados obtidos observou-se que a CTC efetiva e a Total seguiu a sequência dos Vertissolos>Luvisolos>Neossolos Flúvicos>Cambissolos>Plintossolos>Neossolos Quartzarênicos. A CTC efetiva distribuiu-se em 84,18% das terras na classe Média e Alta; em 15,82% na classe Baixa sob os Neossolos Litólicos e Regolíticos, Argissolos, e na região litorânea sob os Neossolos Quartzarênicos. A CTC Total ocorreu na classe Alta em 37,17% com destaque sob os Neossolos Flúvicos. O Na^+ distribuiu-se em 83,35% das terras na classe Baixa; o Ca^{2+} fez em 65,84% nas classes Alta e Muito Alta sob os Vertissolos, Cambissolos, Luvisolos e Neossolos Flúvicos; o Mg^{2+} fez 57,53% nas classes Alta e Muito Alta distribuídas por toda a região semiárida; os valores de K^+ ocorreram em 88,05% das terras na classe Baixa sob os Luvisolos, Vertissolos e Planossolos; o H^{2+} apresentou-se em 81,53% das terras na classe Baixa. Espera-se que, esta distribuição geoespacial dos atributos químicos dos solos, possa contribuir com a melhor visualização dos dados e na conservação dos solos e práticas de manejo.

Palavras-chave: CTC, Saturação de bases, atributos químicos do solo, geoprocessamento.

¹Doutorando em Engenharia de Recursos Naturais – PPGEGRN, Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, paulomegna@gmail.com

²Professor Dr. Universidade Federal da Paraíba, djail.santos@academico.ufpb.br

³Professor Dr. Universidade Federal da Paraíba, flavio.oliveira@academico.ufpb.br

⁴Professor Dr. Universidade Federal de Campina Grande, george@ufcg.edu.br

⁵Professora Dra. Universidade Federal de Campina Grande viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

⁶Professor Dr. Universidade Estadual do Maranhão, calixto@cca.uema.br





INTRODUÇÃO

A abrangência das informações sobre a fertilidade dos solos do Brasil é bastante heterogênea e os dados em muitos casos relacionam-se aos levantamentos de solos, que são realizados a partir de perfis de solos (FERREIRA et al., 2008). Entretanto, os levantamentos tradicionais são ainda a principal fonte de informações sobre o solo no Brasil (LIMA et al., 2013).

De acordo com Mcbratney et al. (2003), a variabilidade espacial e temporal dos nutrientes dos solos pode ser identificada e modelada através de métodos geoestatísticos ou de mapeamento digital de solos. Neste sentido, as geotecnologias oferecem um vasto conjunto de ferramentas para subsidiar tomada de decisões sobre os diversos recursos naturais. Através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é possível conhecer a comportamento espacial de elementos, além de possibilitar a integração de diferentes informações entre si a partir da localização espacial (BARBOSA, 1997).

Portanto, propõe-se neste trabalho, para a camada superficial dos solos do Estado da Paraíba, estimar a CTC e geoespacializar os atributos químicos utilizando técnicas de geoprocessamento.

METODOLOGIA

O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.467,24 km² (IBGE, 2021). Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. Ao Norte, limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; ao Leste, com o Oceano Atlântico; a Oeste, com o Estado do Ceará; e ao Sul, com o Estado de Pernambuco (FRANCISCO, 2010).

De uma forma geral os solos predominantes são os Luvisolos crômicos, Neossolos Litólicos, Planossolos Solódicos, Neossolos Regolíticos Distróficos e Eutróficos distribuídos pela região do sertão e nos cariris, os Vertissolos na região de Souza, e os Argissolos Vermelho Amarelo e os Neossolos Quartzarênicos no litoral do Estado (FRANCISCO, 2010).

Para a elaboração dos mapas foi criada uma planilha no Excel[®] onde utilizou-se dos dados das análises químicas do Na⁺ (cmolc kg⁻¹), Ca²⁺ (cmolc kg⁻¹), Mg²⁺ (cmolc kg⁻¹), K⁺ (cmolc kg⁻¹), Al³⁺ (cmolc kg⁻¹), H⁺ (cmolc kg⁻¹), descritos nos perfis representativos de BRASIL (1972) (Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba) e PARAÍBA (1978) (Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba) e EMBRAPA (2017) (Levantamento pedológico detalhado e estoque de carbono orgânico do solo da Floresta Nacional Restinga de Cabedelo). A seleção das variáveis químicas de fertilidade do solo está associada diretamente com a essencialidade destes nutrientes para as plantas.

Utilizando-se o software QGIS[®] 3.28 foi importado arquivo digital em formato shape dos solos da área de estudo na escala de 1:200.000 fornecido pela AESA (PARAÍBA, 2006), representando a área de estudo e a ocorrência e distribuição das classes de solos predominantes no Estado com seus limites atualizados (IBGE,



2021). Em seguida, utilizando a tabela de atributos do Sistema de Informação Geográfica, os polígonos dos solos foram classificados com os valores obtidos. Após foram elaborados os 8 respectivos mapas e classificados conforme a Tabela 1. Para os cálculos de áreas foi utilizada a calculadora *raster* e o *plugin GRASS® r.report*.

Tabela 1. Classificação dos parâmetros das variáveis e da modelagem

Classe	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺	CTC Total	CTC Efetiva
	----- cmolc kg ⁻¹ -----							
Baixa	0 - 30	0 - 1,5	0 - 0,5	< 60	< 0,3	< 4,0	< 4,5	< 2,5
Média	30 - 60	1,5 - 3,0	0,5 - 1,0	60 - 150	0,3 - 1,0	4,0 - 8,0	4,5 - 10	2,5 - 6,0
Alta	60 - 90	3,0 - 4,5	1,0 - 2,0	> 150	> 1,0	> 8,0	> 10	> 6,0
Muito Alta	> 90	> 4,5	> 2,0					

Fonte: adaptado de Lopes e Guilherme (1992).

A partir dos dados obtidos, a Capacidade de Troca Catiônica, CTC efetiva e CTC Total dos solos foram estimadas por modelagem através da calculadora *raster* do QGIS utilizando as Equações 1 e 2 e classificados conforme a Tabela 1.

$$CTC \text{ efetiva} = SB + Al^{3+} \text{ (Eq.1)}$$

$$CTC \text{ Total} = SB + (H^{+} + Al^{3+}) \text{ (Eq.2)}$$

Em que: CTC efetiva – capacidade de troca de cátions efetiva (cmolc kg⁻¹); CTC Total – capacidade de troca de cátions total (cmolc kg⁻¹); SB (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) – soma de bases trocáveis (cmolc kg⁻¹); Al³⁺ – concentração de alumínio trocável no solo (cmolc kg⁻¹); H⁺ - hidrogênio (cmolc kg⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, pode-se observar na Figura 1, a distribuição espacial dos dados das variáveis. Através da Figura 1a, representativa da distribuição espacial do Na⁺, e consultando a Tabela 2, pode-se verificar que, a classe Baixa (<30,0 cmolc kg⁻¹) representa 83,35% da área do Estado, sob a diversidade de solos, seguida da classe Alta (60,0–90,0 cmolc kg⁻¹) distribuída em 9,58% sob os Luvisolos, seguida da classe Média (30,0–60,0 cmolc kg⁻¹) em 7,07%, sob os Vertissolos, Neossolos Regolíticos, e Neossolos Flúvicos distribuídos nas áreas de drenagens. No mapa de distribuição do Ca²⁺ (Figura 1b) observa-se que as classes Baixa (<1,5 cmolc kg⁻¹) e Média (1,5–3,0 cmolc kg⁻¹) representam 34,16% do total localizadas sob os Neossolos Quartzarênicos na região do Litoral, Neossolos Regolíticos e Litólicos distribuídos por toda a área. As classes Alta (3,0–4,5 cmolc kg⁻¹) e Muito Alta (>4,5 cmolc kg⁻¹) perfazem 65,84% e localizam-se sob os Vertissolos, Cambissolos, Luvisolos e Neossolos Flúvicos. Para o Mg²⁺ (Figura 1c) a classe Baixa (<0,5 cmolc kg⁻¹) está representada pelos Latossolos Amarelos em 0,74% da área; seguida pela classe Média (0,5–1,0 cmolc kg⁻¹) (41,73%) sob os

Neossolos Quartzarênicos e Regolíticos. A classe Alta ($1,0\text{--}2,0\text{ cmolc kg}^{-1}$) e Muito Alta ($>2,0\text{ cmolc kg}^{-1}$) perfazem um total de 57,53% e estão distribuídas por toda a região semiárida.

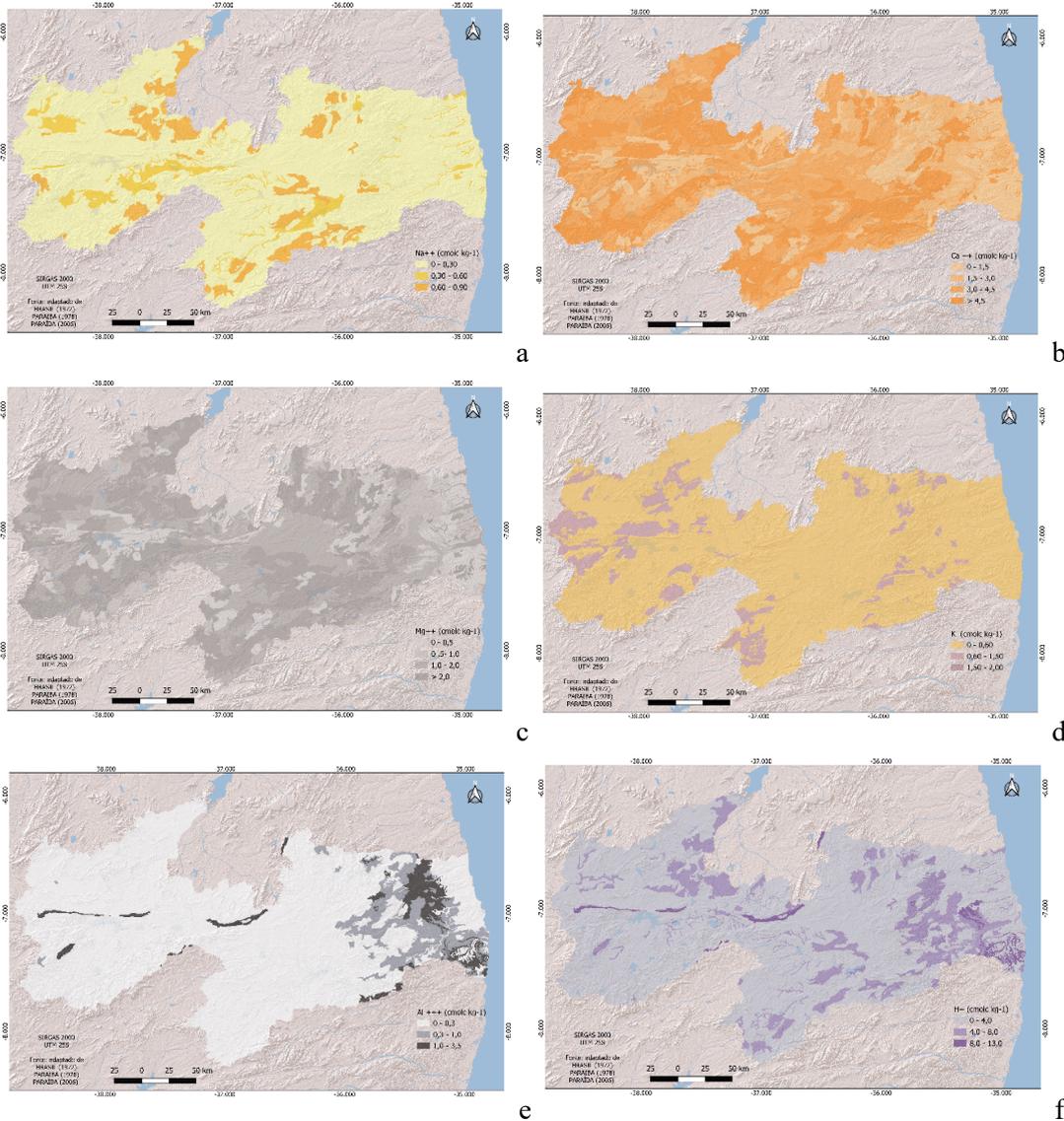


Figura 1. (a) Na^+ , (b) Ca^{2+} , (c) Mg^{2+} , (d) K^+ , (e) Al^{3+} , (f) H^+ , (cmolc kg^{-1}).
 Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006); IBGE (2021); EMBRAPA (2018); ESRI (2022).

Os valores de K^+ e sua distribuição representados na Figura 1d, apresentam-se na sua maioria (88,05%) na classe Baixa ($<60,0\text{ cmolc kg}^{-1}$) seguida pela classe Média ($60,0\text{--}150,0\text{ cmolc kg}^{-1}$) em 11,95% da área sob

os Luvisolos na região semiárida e pelos Vertissolos e Planossolos sob o Planalto da Borborema e Agreste. Os Argissolos da região litorânea sul do Estado, os Neossolos Litólicos e Luvisolos da região do Agreste constituem as classes Média ($0,3-1,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) e Alta ($>1,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) de teor de Al^{3+} em 11,76% (Figura 2e). A classe Baixa ($<3,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) está distribuída em 88,24% do Estado. Quanto ao H^{2+} (Figura 1f) representa 81,53% na classe Baixa ($<4,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$), seguida da classe Média ($4,0-8,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) e Alta ($>8,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) em 18,47% sob os Neossolos Quartzarênicos no Sertão e os Argissolos Vermelhos no Agreste e Litoral Sul.

Na Figura 2a e 2b verifica-se a distribuição espacial da CTC efetiva e da CTC Total, respectivamente. Observa-se que a CTC efetiva e Total segue a sequência dos Vertissolos, Luvisolos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos e finaliza com os Plintossolos e Neossolos Quartzarênicos. A CTC efetiva distribui-se em 84,18% das terras do Estado nas classes Média ($2,5 - 6,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) e Alta ($>6,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$). Na classe Baixa ($<2,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$) apresenta 15,82% sob os Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos na região semiárida, e os Argissolos no Agreste e Litoral, na região norte litorânea sob os Neossolos Quartzarênicos. Quanto a CTC Total apresenta-se na classe Alta em 37,17% ($>10,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) com destaque aos Neossolos Flúvicos.

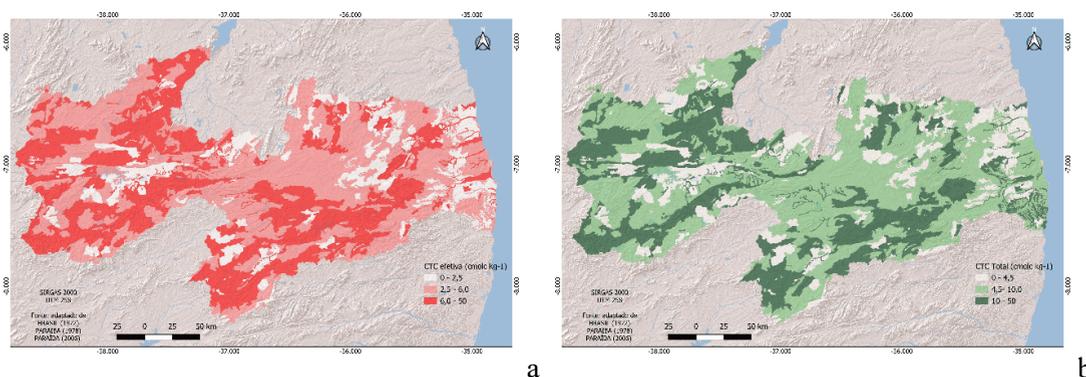


Figura 2. (a) CTC efetiva, (b) CTC Total (cmolc kg^{-1}).

Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006); IBGE (2021); EMBRAPA (2018); ESRI (2022).

Espera-se que, esta distribuição geoespacial dos atributos químicos dos solos, possa contribuir com a melhor visualização dos dados e sua contribuição na conservação dos solos e práticas de manejo.

CONCLUSÕES

Com o uso das geotecnologias, a geoespacialização dos parâmetros químicos foi realizada com rapidez e precisão. A CTC efetiva e Total seguiu a sequência dos Vertissolos > Luvisolos > Neossolos Flúvicos > Cambissolos > Plintossolos > Neossolos Quartzarênicos. A CTC efetiva distribuiu-se em 84,18% das terras na classe Média e Alta; em 15,82% na classe Baixa sob os Neossolos Litólicos e Regolíticos na região semiárida, e sob Argissolos no Agreste e Litoral, e na região norte litorânea sob os Neossolos Quartzarênicos. A CTC Total apresentou-se na classe Alta em 37,17% com destaque sob os Neossolos Flúvicos. O Na^+ apresentou 83,35% das



terras na classe Baixa; o Ca^{2+} perfez em 65,84% nas classes Alta e Muito Alta sob os Vertissolos, Cambissolos, Luvisolos e Neossolos Flúvicos; o Mg^{2+} perfez 57,53% nas classes Alta e Muito Alta distribuídas por toda a região semiárida; os valores de K^{+} apresentou-se em 88,05% das terras na classe Baixa sob os Luvisolos, Vertissolos e Planossolos; o H^{2+} apresentou-se em 81,53% das terras na classe Baixa.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 152f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento pedológico detalhado (Escala 1:5.000) e estoque de carbono orgânico do solo da Floresta Nacional Restinga de Cabedelo, municípios Cabedelo e João Pessoa, PB**. (Org). COELHO, M. R. et al. Rio de Janeiro, 2017. 122p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Solos).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS et al. 5a. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 359p.

ESRI. Mapa Topográfico Mundial. Disponível em:

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>. Acesso em: novembro de 2023.

FERREIRA, C. E. G.; PRADO, R. B.; POLIDORO, J. C.; BENITES, V. DE M.; TURETTA, A. P. D.; BALIEIRO, F. DE C.; DONAGEMMA, G. K. Proposta de mapeamento da disponibilidade de cálcio e magnésio para subsidiar o manejo adequado dos solos brasileiros. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 17, 2008, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2008.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malhas territoriais. 2021. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

LIMA, L. A. DE S.; NEUMANN, M. R. B.; REATTO, A.; ROIG, H. L. **Mapeamento de Solos: do tradicional ao digital**. 1.a ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 52p. (Documentos/Embrapa Cerrados,316).

MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v.117, p.3-52, 2003.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletoConsult Ltda., 1978. 448p.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas**. Brasília, 2006. 112p.

QGIS. Development Team. 2023. QGIS Geographic Information System. OpenSource Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

