

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS PICUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DOS
RECURSOS AMBIENTAIS DO SEMIÁRIDO.**

EMANUELLY DE SOUZA MONTEIRO

**CONTRIBUIÇÃO DOS COLÓIDES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS PARA A
CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA DE SOLOS DO ESTADO DA PARAÍBA**

**PICUÍ-PB
2022**

EMANUELLY DE SOUZA MONTEIRO

**CONTRIBUIÇÃO DOS COLÓIDES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS PARA A
CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA DE SOLOS DO ESTADO DA PARAÍBA**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-Campus Picuí, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido.

ORIENTADOR: Jandeilson Alves de Arruda

**PICUÍ-PB
2022**

Dados Internacionais de Catalogação
Biblioteca – IFPB, Campus Picuí

M772c Monteiro, Emanuely de Souza.

Contribuição dos colóides orgânicos e inorgânicos para a capacidade de troca catiônica de solos do estado da Paraíba. / Emanuely de Souza Monteiro. – Picuí, 2022.

29 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização - Gestão em Recursos Ambientais do Semiárido – GRAS) – Instituto Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, IFPB – Campus Picuí/Coordenação de Pós Graduação em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido, 2022.

Orientador: Jandeilson Alves de Arruda.

1. Fertilidade - solo. 2. Coloides. 3. Argilominerais. I. Título.

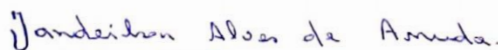
CDU 631.452

EMANUELLY DE SOUZA MONTEIRO

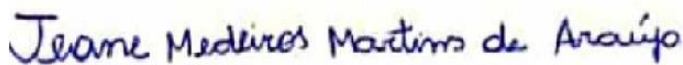
**CONTRIBUIÇÃO DOS COLÓIDES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS PARA A
CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA DE SOLOS DO ESTADO DA PARAÍBA**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-Campus Picuí, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido.

Aprovado em: 31/01/2022



**Prof. MSc. Jandelson Alves de Arruda
Orientador IFPB-Campus Picuí**



**Profa. Dra. Jeane Medeiros Martins de Araújo
Examinadora- IFPB-Campus Picuí**



**Prof.MSc. Gilmar Silva Oliveira
Examinador-UEPB**

Dedico esse trabalho a Deus, aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por tantos dons que seu amor me concedeu, e agora, de modo especial, à conclusão deste Trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Jandeilson Alves de Arruda pela paciência e dedicação de sempre, exemplo admirável de comprometimento com a educação, que caminhou comigo, incentivando-me e guiando-me.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Picuí e a todos os professores, pela oportunidade da pós-graduação, por toda a dedicação e ensinamentos os quais levarei para toda a vida.

Enfim, e a todos que acreditaram em mim e me deram forças para continuar.

Muito Obrigada!

“Se pedires, Deus te dará. Se buscares, Deus te fará encontrar. Se bateres, Deus te abrirá as portas. Pois tudo o que pedes, recebes de Deus. O que buscas, encontrarás em Deus e a quem bate, Deus abrirá todas as portas.”

(Santo Evangelho)

RESUMO

Conhecer a contribuição dos colóides orgânicos e inorgânicos para a capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos é importante para fins de classificação dos solos e para orientação de práticas de manejo mais sustentáveis dos mesmos. Por isso, este trabalho teve como objetivo determinar a contribuição dos colóides orgânicos e inorgânicos para a capacidade de troca catiônica de solos do estado da Paraíba. Foram compilados dados do levantamento exploratório-reconhecimento do estado da Paraíba, sendo utilizados os dados de capacidade de CTC e as porcentagens de carbono orgânico total (COT) dos horizontes A e B. Os solos foram separados em quatro mesoregiões: Mata paraibana, Agreste Paraibano, Borborema e Sertão Paraibano. Com esses dados foi realizado o procedimento gráfico para estimar a contribuição dos colóides inorgânicos e orgânicos para a CTC desses solos. Dos 63 perfis presentes no levantamento exploratório-reconhecimento do estado da Paraíba, apenas 21 apresentaram pelo menos quatro pares de dados e permitiram a aplicação do método gráfico, sendo nove perfis na região da Mata Paraibana, sete para o Agreste Paraibano, dois para a região da Borborema e três para o Sertão Paraibano. As equações de regressão linear que relacionam a CTC do solo corrigida como variável dependente do teor de COT corrigido mostraram elevados coeficientes de determinação, com exceção dos solos da Borborema. A CTC dos colóides inorgânicos foi maior na região da Borborema, enquanto que para os colóides orgânicos os solos da Mata Paraibana foram os que apresentaram maior valor. A contribuição dos colóides orgânicos para a CTC do solo foi maior na cama superficial. Com base nos resultados, conclui-se que o método gráfico foi eficiente para avaliar a contribuição dos colóides orgânicos e inorgânicos para solos do estado da Paraíba. O valor médio da CTC da fração argila para solos do estado da Paraíba foi de $11 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e do carbono orgânico total de $490 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. A contribuição percentual do carbono orgânico total para a CTC foi de 62,6% para o horizonte A e de 34,4% para o horizonte B.

Palavras-Chave: Fertilidade do solo, Argilominerais, Matéria orgânica do solo, Atividade da fração argila.

ABSTRACT

Knowledge on the contribution of organic and inorganic colloids to the cation exchange capacity (CEC) of soils is important for soil classification and for guiding more sustainable management practices. Therefore, this work aimed to determine the contribution of organic and inorganic colloids to the cation exchange capacity of soils in the state of Paraíba. Data from “Exploratory-Soil Survey in the State of Paraíba” were compiled, using CEC data and the percentages of total organic carbon (TOC) of horizons A and B. The soils were separated into four mesoregions: Mata Paraibana, Agreste Paraibano, Borborema and Sertão Paraibano. With these data, a graphical procedure was performed to estimate the contribution of inorganic and organic colloids to the CEC of these soils. Of the 63 profiles present in the “Exploratory-Soil Survey in the State of Paraíba”, only 21 presented at least four pairs of data and allowed the application of the graphic method, with nine profiles in the region of Mata Paraibana, seven for the Agreste Paraibano region, two for the Borborema region and three to Sertão Paraibano. The linear regression equations that relate the corrected soil CEC as a dependent variable of the corrected TOC contents showed high determination coefficients, with the exception of Borborema soils. The CEC of the inorganic colloids was higher in the Borborema region, while for the organic colloids the soils of Mata Paraibana were the ones with the highest value. The contribution of organic colloids to soil CEC was higher in the topsoil. Based on the results, it is concluded that the graphical method was efficient to evaluate the contribution of organic and inorganic colloids to soils in the state of Paraíba. The mean CEC value of the clay fraction for soils in the state of Paraíba was $11 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ and total organic carbon was $490 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. The percentage contribution of total organic carbon to CEC was 62.6% for horizon A and 34.4% for horizon B.

Keywords: Soil fertility, Clay minerals, Soil organic matter, Clay activity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teor médio de argila, carbono orgânico total e CTC dos horizontes A e B de solos das diferentes mesorregiões do estado da Paraíba	18
Tabela 2 - Equações de regressão relacionando o teor de carbono orgânico total e a CTC de solos do estado da Paraíba.....	20
Tabela 3 - Valores médios de CTC da fração argila (TARG) e de 1 grama de carbono orgânico total (TC) para solos de diferentes regiões do estado da Paraíba	21
Tabela 4 - Contribuição percentual dos colóides orgânicos para a CTC de solos de diferentes regiões do estado da Paraíba.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mesorregiões do estado da Paraíba.....	15
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 COLÓIDES DO SOLO.....	13
2.2-CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA – CTC.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.2 ESTIMATIVA DA CONTRIBUIÇÃO DOS COLOIDES INORGÂNICOS E ORGÂNICOS PARA A CTC DO SOLO.....	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5 CONCLUSÕES.....	24
6 REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

O estado da Paraíba apresenta ampla variação nas condições pedogenéticas, o que resultou em grande diversidade de solos, com predomínio dos mais desenvolvidos na Mata e Agreste paraibanos e dos menos desenvolvidos na Borborema e Sertão Paraibano (BRASIL, 1972). Dessa forma, há diferenças consideráveis nos atributos químicos e físicos destes, sobretudo nos teores de argila e carbono orgânico total (COT) e capacidade de troca catiônica (CTC), além da composição mineralógica da fração argila.

A CTC é uma medida da quantidade de cargas negativas presentes nos colóides orgânicos e inorgânicos do solo, sendo medida indiretamente pela quantidade de cátions retidos ao solo por meio de forças eletrostáticas Meurer, Rheinheimer e Bissani (2017). As cargas negativas podem ser permanentes, oriundas do processo de substituição isomórfica durante a formação dos minerais, ou variáveis ou dependentes de pH, geradas pelas reações de desprotonação de grupos funcionais da matéria orgânica do solo (MOS) e dos argilominerais (FONTES; CAMARGO; SPOSITO, 2008; SPARKS, 2002; CUNHA et al., 2014).

Para Alleoni, Mello e Rocha (2009) a CTC é um dos principais atributos do solo, uma vez que está ligada à capacidade de armazenamento de elementos e sua reposição na solução do solo, em razão do equilíbrio existente entre as fases sólida e líquida, atendendo à contínua demanda das plantas por certos nutrientes. Além disso, reduz a perda de cátions por lixiviação (NESIC et al., 2015).

Os principais atributos do solo que influenciam a CTC são o teor de argila e o conteúdo de MOS (SOARES; ALLEONI, 2008; NESIC et al., 2015). A natureza mineralógica da fração argila tem forte influência sobre a CTC do solo, sobretudo quando há presença de minerais do tipo 2:1, devido ao grande número de cargas permanentes presentes em sua estrutura (ALLEONI; MELLO; ROCHA, 2009). Dessa forma, solos de textura mais argilosa e com maior presença de minerais 2:1 e, ou maior teor de MOS tendem a ter maior capacidade de retenção cátions, enquanto os arenosos, pobres em MOS e, ou, mais desenvolvidos, com maior presença de óxidos na fração argila, tendem a possuir baixa CTC e restrita disponibilidade de nutrientes (MEURER; RHEINHEIMER; BISSANI, 2017).

A quantificação da contribuição dos colóides orgânicos e inorgânicos para a CTC do solo pode trazer informações importantes para a classificação do solo, sendo a atividade da fração argila um dos atributos diagnósticos utilizados na separação de classes no Sistema

Brasileiro de Classificação de Solo (SANTOS et al., 2018). Além disso, pode contribuir para um manejo mais sustentável do solo, tendo em vista que em solos tropicais e subtropicais grandes percentuais da CTC total do solo é gerado pela MOS, de modo que sua quantificação pode orientar quais solos necessitam de maior atenção para a manutenção ou o aumento dos teores COT, com conseqüente aumento no armazenamento de nutrientes e redução das perdas por lixiviação (BAYER; MIELNICZUK 2008).

O método gráfico, proposto por Bennema (1966), tem sido utilizado de modo satisfatório por diversos autores para essa finalidade (COSTA; TORINO; RAK, 1999; KLANT; VAN REEUWIJK, 2000; BORTOLUZZI et al., 2009; SANTOS et al., 2009; COSTA et al., 2020). Soares e Aleonni (2008) ao estudarem a contribuição dos colóides para a CTC encontraram que a contribuição de 1 g de COT para a CTC do solo pode ser até 60 vezes maior do que a contribuição da mesma quantidade de argila. Os autores verificaram ainda que em Latossolos a contribuição do COT para a CTC variou de 50 a 95%.

Para solos do estado de Alagoas, Santos et al. (2009) verificaram valor médio da CTC da fração argila de $20,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e de $460 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de COT para os colóides inorgânicos. Os autores encontraram ainda que o COT contribuiu para 63,9% da CTC do horizonte A e de 34,4% para a CTC do horizonte B. Já para solos do Rio Grande do Sul, a contribuição da matéria orgânica para a CTC variou de 34 a 65%, conforme resultados encontrados por Costa et al. (2019).

Com relação aos solos do estado da Paraíba, não foram encontradas pesquisas que mostrem a contribuição dos colóides para a CTC dos solos. Assim, fica evidente a necessidade da realização de trabalhos com essa finalidade. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo determinar a contribuição dos colóides orgânicos e inorgânicos para a capacidade de troca catiônica de solos do estado da Paraíba.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COLÓIDES DO SOLO

Segundo Novais e Mello (2007) um sistema coloidal é uma associação composta com no mínimo duas fases distintas, sendo uma constituída por material finamente subdividido, denominado fase dispersa, com partículas chamadas de colóides, misturado a outra fase sem interrupção, denominado meio de dispersão ou fase dispersora.

O termo colóide do solo ainda é um tanto controverso. Para alguns autores, como Giasson (2017), os colóides correspondem às partículas sólidas que apresentam uma grande área específica em relação à sua massa e diâmetro inferior a um micrômetro ($<1 \mu\text{m}$). Brady e Weil (2013) afirmam que as partículas do solo que se comportam como colóides são as que apresentam menos de $1 \mu\text{m}$ de diâmetro, mas ressalta que alguns autores consideram esse limite igual a $2 \mu\text{m}$, coincidindo com o limite de tamanho da fração argila. Já Sposito (2008) pontua que os colóides do solo compreende às partículas de baixa solubilidade em água e que possuem diâmetro variando entre $0,01$ e $10 \mu\text{m}$, englobando além da fração argila a parte mais fina da fração silte. Para Alemayehu e Teshome (2021), isso se justifica pelo fato dessas partículas maiores que $1 \mu\text{m}$ apresentarem características semelhantes aos colóides.

De acordo com Novais e Mello (2007) para ser classificado um colóide, o material (mineral ou orgânico) deve possuir as seguintes características: grande superfície específica (ASE), cargas elétricas em sua superfície e cinética (movimento browniano).

Essas características, sobretudo a elevada ASE e a presença de carga elétrica de superfícies, fazem com que os colóides sejam considerados a fração quimicamente ativa do solos e possibilitam aos mesmos reterem diversos elementos químicos que podem ser disponibilizados para atender as demandas nutricionais das plantas (BRADY; WEIL, 2013; BATISTA et al., 2018).

Segundo Batista et al. (2018) os colóides do solo são classificados em dois grupos: inorgânicos (formados pelos argilominerais, como a caulinita, vermiculita, motmorilonita, pelos óxidos de ferro e alumínio, como hematita, goethita, maghemita e gibbsita) e os orgânicos (correspondendo à matéria orgânica humificada do solo).

As cargas elétricas dos colóides do solo podem ser classificadas em dois tipos: as permanentes, que são aquelas geradas nas substituições isomórficas que ocorrem quando da formação dos minerais primários, podendo permanecer como herança direta em alguns minerais secundários do tipo 2:1, sendo, de modo geral, negativas; e as cargas variáveis ou dependentes de pH, que são as geradas pelas reações de protonação e desprotonação de hidroxilas presentes nas superfícies dos minerais e da MOS (ALLEONI, MELLO; ROCHA,

2009) e que podem ser positivas ou negativas. A geração das cargas variáveis depende do pH do solo e do ponto de carga zero (PCZ) dos seus constituintes, sendo que para a maioria dos solos, há predomínio na geração de cargas negativas (FONTES; CAMARGO; SPOSITO, 2001).

2.2 CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA – CTC

A CTC do solo é uma medida indireta da quantidade de carga negativa do mesmo, sendo quantificada, de modo geral, pelo somatório de cátions trocáveis adsorvidos às cargas elétricas das superfícies dos colóides (COSTA, TORINO, RAWK, 1999; MEURER; RHENHEIMER; BISSANI, 2017).

Vários atributos do solo contribuem para a CTC do solo, principalmente a quantidade de qualidade da argila, o teor de MOS, pH e força iônica da solução e a adsorção específica de ânions (ALLEONI, MELLO; ROCHA, 2009). Assim, solos menos desenvolvidos, com mineralogia da fração argila com predomínio de minerais 2:1 tendem a apresentar CTC elevada, em virtude desses minerais apresentarem grande quantidade de cargas permanentes, já em solos mais desenvolvidos, a CTC tende a ser baixa em razão da maior presença de caulinita e óxihidróxidos de Fe e Al, que apresentam baixa CTC (MEURER; RHENHEIMER; BISSANI, 2017).

Em solos de textura arenosa e com argila com mineralogia cauli-oxídica a matéria orgânica tem papel fundamental na geração de cargas negativas e para a CTC em razão da sua elevada ASE e do baixo PCZ (BRADY; WEIL, 2013), podendo contribuir com até 200 a 500 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de matéria orgânica humificada (ALLEONI, MELLO; ROCHA, 2009). A contribuição da matéria orgânica para CTC da camada superficial dos solos pode variar de 20 a 90% (SILVA; MENDONÇA, 2007).

No Brasil a CTC é quantificada indiretamente pela soma dos cátions trocáveis (Ca, Mg, K, Na, H e Al) (TEIXEIRA et al., 2017), embora o método do acetato de amônio seja o mais utilizado no mundo (MUSTAPHA et al. 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o estado da Paraíba, que apresenta uma área de 56.372 km². 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 (FRANCISCO, 2010). O estado é subdividido em 4 mesorregiões: Mata Paraibana, Agreste Paraibano, Borborema e Sertão paraibano (Figura 1) (PARAÍBA, 2006).

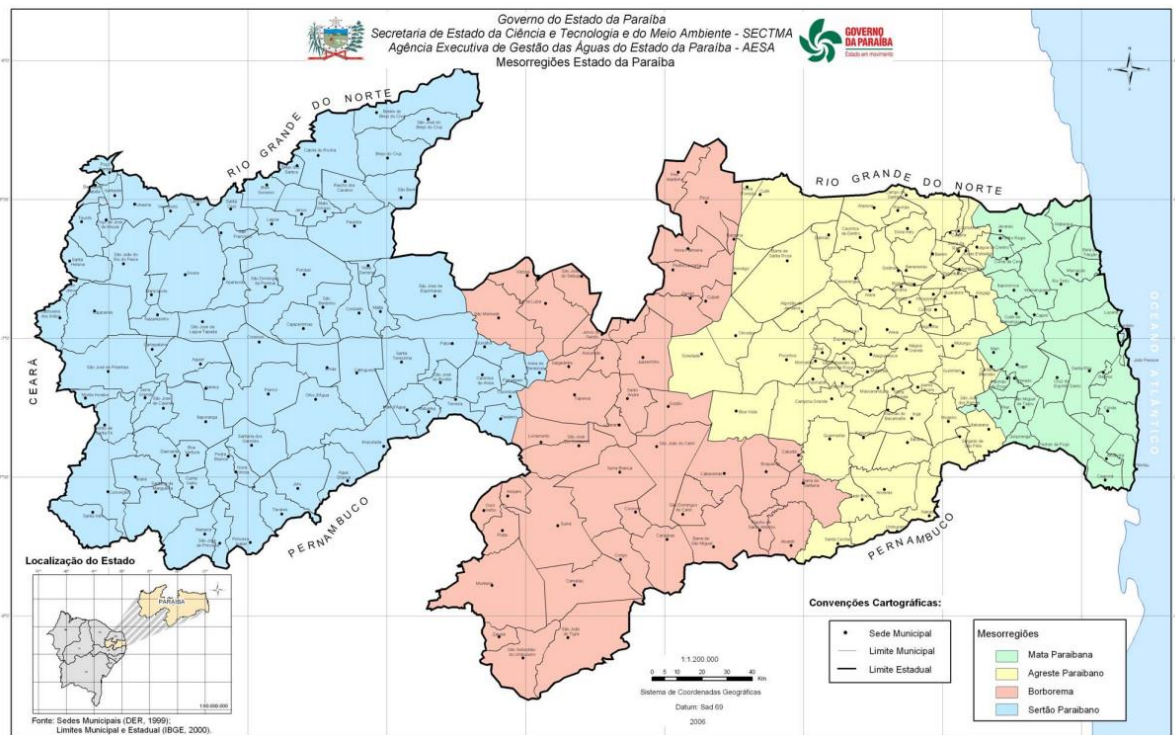


Figura 1- Mesorregiões do estado da Paraíba

Fonte: PARAÍBA (2006)

De acordo com Francisco et al. (2016), a distribuição da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano e sua distribuição anual demonstra a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do estado com menores valores em torno de 300 a 500mm; no Sertão e Alto Sertão em torno de 700 a 900mm; no Brejo e Agreste de 700 a 1.200mm; e no litoral em média de 1.200 a 1.600mm.

O relevo do estado da Paraíba é bastante diversificado, refletindo a atuação de diferentes processos, resultantes das variações de clima e cobertura vegetal que atuam sobre rochas pouco ou muito diferenciadas (PARAÍBA, 2006).

O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas

como Caatinga Arbustiva, Arbórea aberta, Caatinga Arbustiva, Arbórea fechada, Caatinga Arbórea fechada, Tabuleiro Costeiro, Mangues, Mata-Úmida, Mata Semidecidual, Mata Atlântica e Restinga (PARAÍBA, 2006).

As classes principais de solos da área de estudo estão descritas no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), e estas divergem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica; respondendo também a uma diversidade de características de solo, relacionadas à morfologia, cor, textura, estrutura, declividade e pedregosidade e outras características. Desta forma, 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).

3.2 ESTIMATIVA DA CONTRIBUIÇÃO DOS COLOIDES INORGÂNICOS E ORGÂNICOS PARA A CTC DO SOLO

Foram utilizados os dados de capacidade de troca catiônica (CTC) e as porcentagens de carbono orgânico total (COT) e argila dos horizontes A e B de 63 perfis descritos no levantamento e exploratório-reconhecimento dos solos do estado da Paraíba (BRASIL, 1972). Os solos foram agrupados de acordo com as mesorregiões paraibanas (PARAÍBA, 2006): Mata Paraibana; Agreste Paraibano; Borborema; Sertão Paraibano.

Com base nos dados compilados, foram calculados a CTC da argila e a CTC de um grama de carbono, utilizando o método gráfico conforme procedimento proposto por Bennema (1966), modificado por Klamt e Sombroek (1988):

$$CTC_{\text{solo}} = a'X_1 + b'X_2 \quad (1)$$

Onde:

CTC_{solo} = CTC do solo ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$);

X_1 = Teor de argila (%);

X_2 = Teor de COT (g);

a' = CTC (cmol_c) de 1 g de argila e;

b' = CTC (cmol_c) de 1 g de carbono orgânico.

Multiplicando-se a equação 1 por $100/X_1$, obtém-se:

$$\frac{100CTC_{\text{solo}}}{X_1} = 100a' + 100b' \frac{X_2}{X_1} \quad (2)$$

A equação 2 pode ser escrita como:

$$y = a + bx \quad (3)$$

Em que:

$y = 100CTC_{\text{solo}}/X_1 = 100 \times CTC_{\text{solo}} / \% \text{ de argila}$;

$x = 100 X_2/X_1 = 100 \times \text{teor de de COT (g)} / \% \text{ de argila}$;

$a = 100a' = CTC \text{ do solo (cmol}_c \text{ kg}^{-1})$;

$b = CTC \text{ de 1 g de carbono (cmol}_c \text{ g}^{-1})$.

O teor de COT foi expresso em grama (g) invés de porcentagem, como apresentado no método original, para evitar a necessidade de transformação do resultado final de $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para $\text{cmol}_c \text{ g}^{-1}$.

A contribuição do carbono na CTC seguiu os procedimentos dos mesmos autores, sendo calculada pela seguinte equação:

$$ContC = \frac{CTC \text{ de 1 g de C} \times COT \times 100}{CTC} \quad (4)$$

Onde:

ContC= Contribuição do carbono orgânico para a CTC do solo

COT= Teor de COT (g)

CTC= CTC do solo ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)

O processamento dos dados foi feito utilizando o software Microsoft Excel®

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 63 perfis de solos descritos no levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba apenas 21 perfis apresentaram pelo menos quatro pares de dados de CTC e COT, requisito para aplicação do método de Bennema (1966), sendo nove perfis na região da Mata Paraibana, sete para o Agreste Paraibano, dois para a região da Borborema e três para o Sertão Paraibano (Tabela 1)

Tabela 1 – Teor médio de argila, carbono orgânico total e CTC dos horizontes A e B de solos das diferentes mesorregiões do estado da Paraíba

Nº do Perfil ¹	Solo ²	Município	Argila		COT ³		CTC ⁴	
			-----g kg ⁻¹ -----				cmol _c kg ⁻¹	
			A ⁵	B ⁵	A ⁵	B ⁵	A ⁵	B ⁵
Mata Paraibana								
02	PAd	Conde	130	245	3	2	2,0	2,3
03	LAd	Alhandra	95	170	5	3	2,9	2,3
07	PACd	Mamanguape	137	397	5	2	2,8	2,6
08	PAd	Pitimbu	175	373	12	5	8,5	4,4
09	PAd	Rio Tinto	55	167	5	2	3,6	2,9
10	PAd	Sapé	185	550	10	3	7,6	3,7
18	PAd	Sapé	163	420	4	3	3,9	5,4
28	Tpo	Sapé	205	395	11	5	15,1	24,5
46	Eso	Conde	30	85	3	19	2,5	10,1
Média			131	311	6	5	5,4	6,5
Agreste Paraibano								
01	LAd	Bananeiras	230	295	16	6	9,0	4,6
04	LAd	Cuité	290	470	7	4	4,2	3,3
05	LVAd	Araruna	155	247	7	3	3,8	3,1
06	PAd	Natuba	300	550	23	6	11,3	6,2
17	PVAd	Itabaiana	110	370	4	3	3,5	5,2
22	PVe	Lagoa Seca	225	463	14	5	12,2	9,0
23	PVe	Alagoa Grande	345	520	11	2	9,5	5,4
Média			236	416	12	4	7,6	5,3
Borborema								
25	TCo	Monteiro	330	487	23	9	18,1	16,9
37	CXve	Taperoá	160	150	7	3	7,1	7,3
Média			245	319	15	6	12,6	12,1
Sertão Paraibano								
12	PVAe	Princesa Isabel	110	310	18	4	7,8	5,0
13	PVe	Bonito de Santa Fé	180	380	28	6	8,6	5,7
14	FFCe	Teixeira	390	490	9	5	7,4	6,9

Média	227	393	18	5	7,9	5,9
Todos os solos						
Média	190	359	11	5	7,2	6,5

¹Brasil (1972). ²PAd= Argissolo Amarelo distrófico; PVAd= Argissolo Vermelho Amarelo distrófico; PVAd= Argissolo Vermelho Amarelo distrófico; PVAd= Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico; PACd= Argissolo acinzentado distrófico; PVE= Argissolo Vermelho eutrófico; LAd= Latossolo Amarelo distrófico; TPo= Luvisolo; TCo= Luvisolo Crômico; ESo= Espodossolo; CXve= Cambissolo Háptico; FFCe= Plintossolo. ³COT= Carbono Orgânico Total. ⁴Capacidade de Troca Catiônica. ⁵Média aritmética das subcamadas dos horizontes A e B.

Fonte: Elaboração própria

As equações de regressão linear que relacionam a CTC do solo corrigida como variável dependente do teor de COT corrigido são apresentadas na tabela 2. Os coeficientes de determinação das equações mostram bom ajuste dos modelos e a efetividade do método de Bennema (1969) para quantificar a contribuição dos colóides orgânicos e inorgânicos nos solos do estado da Paraíba, com exceção para os solos da Borborema. A adequação do método para esse fim também foi verificada para Latossolos do Paraná (COSTA; TORINO; RAK, 1999; COSTA et al., 2020), para solos de São Paulo (SOARES; ALEONNI, 2008), para solos de Santa Maria-RS (BORTOLUZZI et al., 2009) e do estado de Alagoas (SANTOS et al. 2009).

Os baixos coeficientes de determinação para os solos da região da Borborema apontam que a contribuição do carbono orgânico total e argila não são iguais ao longo do perfil, com possível variação no teor de argila e, ou, na sua composição mineralógica ou na composição da matéria orgânica em profundidade Klamt e Van Reeuwijk (2000). O valor negativo do coeficiente angular da equação de regressão para o perfil 37 indica uma alta contribuição da fração argila para a CTC desse solo (SANTOS et al., 2009).

Os coeficientes angulares das equações de regressão linear indicam a contribuição dos colóides orgânicos para a CTC do solo, enquanto os coeficientes lineares correspondem ao valor de CTC da fração argila. Considerando os teores médios para cada região (Tabela 3), verifica-se o solo da Borborema apresenta a maior CTC da fração argila (TARG) (31,7 cmol_c kg⁻¹), enquanto que os solos do Agreste Paraibano são os que apresentam o menor valor para esse atributo (7,4 cmol_c kg⁻¹).

Tabela 2- Equações de regressão relacionando o teor de carbono orgânico total e a CTC de solos do estado da Paraíba

Nº do Perfil ¹	Equação	R ²
Mata Paraibana		
02	$y = 3,7211 + 0,6117x$	0,9959
03	$y = 4,1283 + 0,5184x$	0,9493
07	$y = 5,5203 + 0,3731x$	0,9957
08	$y = 2,0494 + 0,6832x$	0,9973
09	$y = 11,655 + 0,6160x$	0,9068
10	$y = 2,9788 + 0,6998x$	0,9992
18	$y = 12,243 + 0,3871x$	0,9975
28	$y = 59,870 + 0,2429x$	0,7491
46	$y = 53,995 + 0,2892x$	0,9445
Agreste Paraibano		
01	$y = 5,8368 + 0,4877x$	0,9997
04	$y = 3,8234 + 0,4073x$	0,9786
05	$y = 7,1582 + 0,3696x$	0,9785
06	$y = 6,5913 + 0,4009x$	0,9987
17	$y = 8,0276 + 0,7010x$	0,9975
22	$y = 12,204 + 0,6936x$	0,9698
23	$y = 8,3167 + 0,5826x$	0,9908
Borborema		
25	$y = 31,704 + 0,2810x$	0,3859
37	$y = 52,440 - 0,1109x$	0,0025
Sertão Paraibano		
12	$y = 11,900 + 0,3675x$	0,9977
13	$y = 11,043 + 0,2368x$	0,9984
14	$y = 9,6178 + 0,4167x$	0,9649
Todos os solos³		
	$y = 11,059 + 0,494x$	0,7470

¹Brasil (1972). ²PAd= Argissolo Amarelo distrófico; PVAd= Argissolo Vermelho Amarelo distrófico; PVAe= Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico; PACd= Argissolo acinzentado distrófico; PVe= Argissolo Vermelho eutrófico; LAd= Latossolo Amarelo distrófico; TPo= Luvisolo; TCo= Luvisolo Crômico; ESo= Espodosolo; CXve= Cambissolo Háptico; FFCe= Plintossolo. ³Equação estimada desconsiderando o perfil 37.
Fonte: Elaboração própria

Tabela 3- Valores médios de CTC da fração argila (TARG) e de 1 grama de carbono orgânico total (TC) para solos de diferentes regiões do estado da Paraíba

Região	TARG	TC
	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c g ⁻¹
Mata Paraibana	17,4	0,49
Agreste Paraibano	7,4	0,52
Borborema	31,7 ¹	0,28 ¹
Sertão Paraibano	10,9	0,34
Todos os solos	11,0 ¹	0,49 ¹

¹Calculados desconsiderando os dados do perfil 37, tendo em vista ter resultado em contribuição negativa dos colóides orgânicos para a CTC do solo

Fonte: Autoria própria

O valor médio da CTC da fração argila para os solos da Mata Paraibana foi muito influenciado pelos valores dos perfis 28 (Luvissolo) e 46 (Espodossolo), que apresentaram TARG maior que 50 cmol_c kg⁻¹ (Tabela 2). Considerando os demais solos dessa mesorregião, o valor desse atributo foi inferior a 13 cmol_c kg⁻¹, o que é coerente com a composição mineralógica cauli-oxídica desses solos, e dentro do intervalo de CTC normalmente verificado para caulinita que é de 3 a 15 cmol_c kg⁻¹ (MELO; WYPYCH, 2009).

Para os solos do Sertão Paraibano, o valor médio de TARG foi de 10,9 cmol_c kg⁻¹ (Tabela 3), indicando uma mineralogia composta por minerais mais intemperizados). Esse resultado se deu em virtude do pequeno número de perfis, apenas três, com quatro ou mais pares de dados CTC e COT, necessários para a aplicação do método de Bennema (1966), sendo dois Argissolos e um Plintossolo. Para os demais solos dessa região, é de se esperar que o valor de TARG seja maior do que o estimado para esses três solos, tendo em vista o menor grau de desenvolvimento dos mesmos e a ocorrência de maior quantidade de minerais do tipo 2:1, que possuem CTC mais elevada (MEURER; RHEINHEIMER; BISSANI, 2017).

Com relação aos valores médios da CTC de 1 g de COT (TC) (Tabela 3), observa-se que os solos das regiões do Agreste e Mata Paraibana apresentaram os maiores resultados. Isso possivelmente deve estar relacionado ao grau de humificação e estabilização da matéria orgânica, favorecida pelo ambiente mais úmido e com maior atividade biológica.

Os dados de TC dos solos da Mata Paraibana e do Agreste Paraibano foram superiores ao do fator de correção (4,5 mmol_c g⁻¹ ou 0,45 cmol_c g⁻¹) usado na equação proposta por Bennema (1966) e Bennema e Camargo (1979) e que foi adotada para calcular a CTC da

fração argila descontando-se a contribuição da matéria orgânica nas primeiras aproximações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 1988):

$$TARG = \frac{CTCsolo - (\% \text{ de COT} \times 4,5) \times 100}{\% \text{ Argila}}$$

Para os solos da Borborema a Sertão Paraibano, houve o inverso, com valores estimados inferiores aos propostos por esses autores.

Considerando o total de solos, exceto o perfil 37, verifica-se que o fator de correção para os solos paraibanos é 4,9 mmol_c g⁻¹ e que o valor proposto por Bennema (1966) é aproximadamente 9% inferior a este.

Considerando os valores de TC da tabela, após convertidos para mmol_c g⁻¹, as equações que estimam a TARG corrigidas com a aplicação dos fatores verificados neste trabalho são:

Mata Paraibana: TARG= (CTC- (% de COTx 4,9) x 100)/% Argila

Agreste Paraibano: TARG= (CTC- (% de COTx 5,2) x 100)/% Argila

Borborema: TARG= (CTC- (% de COTx2,8) x 2,8) x 100/% Argila

Sertão Paraibano: TARG= (CTC- (% de COTx3,4) x 100)/% Argila

Como a estimativa da contribuição dos colóides orgânicos para a região do Seridó ficou imprecisa, em razão do valor negativo para o perfil 37, a equação que considera todos os solos das outras regiões é:

Geral: TARG= (CTC- (% de COTx 4,9) x 100)/% Argila

A contribuição percentual dos colóides orgânicos para a CTC foi maior no horizonte A do que no horizonte B (Tabela 4), devido ao maior acúmulo de COT nessa camada (Tabela 1). Considerando o valor médio de todas as regiões, os colóides orgânicos contribuem com 62,6% da CTC no horizonte A, enquanto que no horizonte B essa contribuição é de 34,4%.

Tabela 4- Contribuição percentual dos colóides orgânicos para a CTC de solos de diferentes regiões do estado da Paraíba

Região	Horizonte A	Horizonte B
	-----%-----	
Mata Paraibana	65,2	50,4
Agreste Paraibano	74,8	42,5
Borborema ¹	36,2	15,6
Sertão Paraibano	71,0	28,1
Todos os solos ¹	62,6	34,4

¹Calculados desconsiderando os dados do perfil 37, tendo em vista ter resultado em contribuição negativa dos colóides orgânicos para a CTC do solo.

Fonte: Autoria própria

Os dados das tabelas 3 e 4 apontam para grande importância da matéria orgânica para CTC dos solos do estado da Paraíba e para a necessidade de adoção de práticas que mantenham ou, principalmente, elevem o teor de COT dos solos, favorecendo assim o armazenamento de nutrientes. O aumento de 1 g kg^{-1} no teor de COT eleva em média $0,49\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ (tabela 3) o que representa uma elevação média de 9% na CTC dos solos da Mata Paraibana ($5,4\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$), 6 % para os solos do Agreste Paraibano ($7,6\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$), 4% para os da Borborema ($12,6\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$) e 6% para os solos do Sertão Paraibano ($7,9\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$). Por outro lado, a falta de controle da erosão, pode resultar na perda da camada superficial mais rica em COT e, conseqüentemente, reduções dessa magnitude na CTC dos solos.

5 CONCLUSÕES

O método gráfico de Bennema foi eficiente para avaliar a contribuição dos colóides orgânicos e inorgânicos para os solos do estado da Paraíba.

O valor médio da CTC da fração argila para os solos do estado da Paraíba foi de 11 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e do carbono orgânico total de 490 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

A contribuição percentual do carbono orgânico total para a CTC foi de 62,6% para o horizonte A e de 34,4% para o horizonte B.

6 REFERÊNCIAS

- ALEAYEHY, B.; TESHOME, H. Soil Colloids, Types and their Properties: A review. **Open Journal of Bioinformatics and Biostatistics**. v.5, n.1, p. 8-11, 2021. DOI: [10.17352/ojbb.000010](https://doi.org/10.17352/ojbb.000010). Disponível em <https://www.peertechzpublications.com/articles/OJBB-5-110.php>. Acesso em: 12 de março de 2022.
- ALLEONI, L.R.F.; MELLO, J.W.V.; ROCHA, W.S.D. Eletroquímica, adsorção e troca iônica no solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. eds. **Química e mineralogia do solo: Parte I - Conceitos Básicos**. Viçosa: SBCS, 2009. p.69-129.
- BATISTA, M.A.; INOUE, T.T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A.S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T.; FREITAS, P.S.L.; BERIAN, L.O.S.; GOTO, R., comps. **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 113-162. DOI:10.7476/9786586383010.0006. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao-9786586383010-06.pdf>. Acesso em: 10/01/2022.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e funções da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.
- BENNEMA J.; CAMARGO M.N. Some remarks on Brazilian Latosols in relation to the Oxisols. In: BEINROTH, F.H.; PARAMANTHAN, S. (Eds.). **Proceedings of the Second International Soil Classification Workshop. Part I**. Soil Survey Division, Land Development Department, Bangkok. p. 233-261. 1979.
- BENNEMA, J. **Classification of Brazilian soils**. Report to the Government of Brazil, report nº 2197. Rome: FAO, 1966. 83p.
- BORTOLUZZI, E.C.; RHEINHEIMER, D.S.; PETRY, C.; KAMINSKI, J. Contribuição de constituintes de solo à capacidade de troca de cátions obtida por diferentes métodos de extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.507-515, 2009. DOI: 10.1590/S0100-06832009000300004. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8vsM78tm3NdwjtjwmLxtqrQG/?lang=pt>. Acesso em 18/12/2021.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **I. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do estado da Paraíba**. Rio de Janeiro, 1972. 683p. (Boletim Técnico, 15; SUDENE. Série Pedologia, 8).

COSTA, A.C.S.; SOUZA JÚNIOR, I.G.; CANTON, L.C.; GIL, L.G.; FIGUEIREDO, R. Contribution of the Chemical and mineralogical properties of Sandy-loam tropical soils to the cation exchange capacity. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.44, p.1-17, 2020. DOI: 10.36783/18069657rbcs20200019. Disponível em: <https://www.rbcjournal.org/pt-br/article/contribution-of-the-chemical-and-mineralogical-properties-of-sandy-loam-tropical-soils-to-the-cation-exchange-capacity/>. Acesso em: 18/12/2021.

COSTA, A.C.S.; TORINO, C.A.; RAK, J.G. Capacidade de troca catiônica dos colóides orgânicos e inorgânicos de Latossolos do estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 21, p. 491-496, 1999. DOI: 10.4025/actasciagron.v21i0.4262. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/4262/2938>. Acesso em: 11/12/2021.

COSTA, J.J.F.; SILVA, E.B.; COELHO, F.F.; TIECHER, T.; BISSANI, C.A.; FILIPPI, D. Atributos químicos relacionados à acidez e capacidade de troca de cátions de solos do Rio Grande do Sul com diferentes graus de intemperização. **Acta Iguazu**, v.8, n.2, p. 81-100, 2019. DOI: 10.48075/actaiguaz.v8i2.19885. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/19885>. Acesso em: 11/12/2021.

CUNHA, J.C.; RUIZ, H.A.; FREIRE, M.B.G.S.; ALVAREZ V., V.H.; FERNANDES, R.B.A. Quantification of permanent and variable charges in reference soils of the State of Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 38, p. 1162-1169, 2014.

DOI: 10.1590/S0100-06832014000400012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/bWYRgqHR9hmY96pt5SKGJ8c/?lang=en>. Acesso em: 08/01/2022.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 3ª aproximação**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1988. 105p.

FONTES, M.P.F.; CAMARGO, O.A.; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 627–46, 2001. DOI: 10.1590/S0103-90162001000300029. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sa/a/hjtcMYfB43mV4bnqXKkmtWw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 08/01/2022.

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. Disponível em:

http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos_publicacoes/CLASSIFICACAO%20E%20MAPEAMENTO%20DAS%20TERRAS.pdf. Acesso em: 11/12/2021.

FRANCISCO, P.R.M.; MEDEIROS, F.R.; BANDEIRA, M.M.; SILVA, L.L.; SANTOS, D. Oscilação pluviométrica anual e mensal no estado da Paraíba-Brasil. **Revista de Geografia**. v.33, n.3, p. 141-154, 2016 Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229167/23567>. Acesso em: 11/12/2021.

GIASSON, E. Introdução ao estudo dos solos. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. 6.ed., Porto Alegre: [s.n.], 2017, p. 11-28.

KLAMT, E.; SOMBROEK, W.G. Contribution of organic matter to exchange properties of Oxisols. In: **EIGHT INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP**, 1, 1988, Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro: Embrapa-SMSS-AID-UPR, 1988. p. 64-71.

KLAMT, E.; VAN REEUWIJK, L.P. Evaluation of morphological, physical and chemical characteristics of ferralsols and related soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n. 3, p.573-587, 2000. DOI:10.1590/S0100-06832000000300011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/tZDVgrBtDGpMGHJcJmK59BC/?lang=pt>. Acesso em: 14 de dezembro de 2021.

MELO, V.F.; WYPYCH, F. Caulinita e Halosita. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. eds. **Química e mineralogia do solo: Parte I - Conceitos Básicos**. Viçosa: SBCS, 2009. p.427-504.

MEURER, E.J.; RHEINHEIMER, R.D; BISSANI.C.A. Fenômenos de Sorção em solos. In: MEURER, E.J. **Fundamentos de Química do Solo**. 6.ed., Porto Alegre: [s.n.], 2017, p. 113-144.

MUSTAPHA, A.A.; ABDU, N.; OYINLOLA, E.Y.; NUHU, A.A. Comparison of 3 Different Methods of CEC Determination in Nigerian Savannah Soils. *Journal of Applied Sciences*, v. 20, p. 159-165, 2020. DOI: 10.3923/jas.2020.159.165. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=jas.2020.159.165>. Acesso em 13/03/2022.

NESIC, L.; VASIN, J.; BELIZ, M.; CIRIC, V.; GLIGORIJEVIC, J.; MILUNOVIC, K.; SEKULIC, P. The colloid fraction and cation-exchange capacity in the soils of Vojvodina, Serbia. **Ratar Povrt**. v. 52, p.18-23, 2015. DOI: 10.5937/ratpov52-7720. Disponível em: <http://scindeks.ceon.rs/Article.aspx?artid=1821-39441501018N>. Acesso em: 12/12/2021.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 134-177.

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: Relatório Final**. João Pessoa-PB, 2006. 255p. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/estudos-pro-agua/>. Acesso em: 12 de março de 2022.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS,

J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003>. Acesso em: 10/01/2022.

SANTOS, V.R.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, C.G.; SANTOS, M.A.L; CUNHA, J.L.X.L. Contribuição de argilominerais e da matéria orgânica na CTC dos solos do estado de Alagoas. **Caatinga**. v.22, n.1, p.27-36, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/953>. Acesso em: 10/11/2021.

SILVA, I.R. MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 276-355.

SOARES, M.R.; ALLEONI, L.R.F. Contribution of soil organic carbon to the ion exchange capacity of tropical soils. **J Sustain Agr**. v. 32, p. 439-462.

DOI:10.1080/10440040802257348. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10440040802257348>. Acesso em: 12/12/2021.

SPARKS, D.L. **Environmental soil chemistry**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2002, 352 p.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. 2.ed. New York: Oxford. 2008, 329 p.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª edição. Brasília, Embrapa, 2017. 573p.

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de trabalho de conclusão de curso

Assunto: Entrega de trabalho de conclusão de curso
Assinado por: Emanuely Monteiro
Tipo do Documento: Dissertação
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Emanuely de Souza Monteiro, ALUNO (201813300017) DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DOS RECURSOS AMBIENTAIS DO SEMIÁRIDO - CAMPUS PICUÍ, em 17/03/2022 16:02:02.

Este documento foi armazenado no SUAP em 17/03/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 465437
Código de Autenticação: 05e04aabf0

