

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

MÁRLON DA SILVA RIBAS

**FEIÇÕES DE BIOTURBAÇÃO DA MACROFAUNA EM LUVISSOLOS
NA REGIÃO SEMIÁRIDA DE PERNAMBUCO**

RECIFE

2021

Márlon da Silva Ribas

Engenheiro Agrônomo

**Feições de bioturbação da macrofauna em Luvisolos na região semiárida de
Pernambuco**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior

Recife

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R482f Ribas, Márlon da Silva
 Feições de bioturbação da macrofauna em Luvisolos na região semiárida de Pernambuco / Márlon da Silva Ribas. -
2021.
 87 f. : il.

 Orientador: Valdomiro Severino de Souza .
 Inclui referências e apêndice(s).

 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do
Solo, Recife, 2021.

 1. Bioturbação. 2. Estruturas biogênicas. 3. Serviços ecossistêmicos. 4. Semiárido. I. , Valdomiro Severino de
Souza, orient. II. Título

CDD 631.4

MÁRLON DA SILVA RIBAS

Feições de bioturbação da macrofauna em Luvisolos na região semiárida de Pernambuco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Aprovada em 29 de janeiro de 2021

Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior

Orientador

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

BANCA EXAMINADORA

Dr. José Coelho de Araújo Filho

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/Solos)

Prof. Dr. Diana Ferreira de Freitas

Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus, minha família e amigos, em especial
aos meus pais e minha irmã, por toda
força, compreensão e amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me concedeu sabedoria e discernimento para que eu pudesse chegar até aqui, guiando e iluminando meus passos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade e qualidade de ensino na Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro.

Aos meus pais, por todo o amor, compreensão, cuidado, incentivo nos momentos difíceis, amor incondicional e por sempre se fazerem presentes na minha vida.

A minha irmã, pelo companheirismo e preocupação.

A Lydia, pela parceria nessa caminhada e por todas as vezes que me mostrou que sou capaz.

A todos os meus familiares. E aqueles que mesmo não estando mais presentes fisicamente, tem grande importância na minha vida. Obrigado por tudo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior, pela oportunidade, por sempre acreditar em mim e por todos os ensinamentos proporcionados ao longo desses dois anos de convívio. Sou grato por tudo.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Marcelo Metri Corrêa, pelos ensinamentos, conselhos e direcionamento ao longo do desenvolvimento de todo o trabalho.

Aos parceiros desta pesquisa, o Prof. Dr. Jean Cheyson Barros dos Santos por todo apoio em campo e dedicação; ao Dr. José Coelho de Araújo Filho pela paciência, dedicação e apoio em campo, e a Prof^a. Dr. Diana Ferreira de Freitas pela ideia inicial da pesquisa.

Aos professores da pós-graduação pelos valiosos ensinamentos e experiências compartilhadas, em especial aos Profs. Mario Andrade Lira Junior e Giselle Gomes Monteiro Fracetto.

A pós-doutoranda Juliet Emilia que se tornou minha coorientadora extraoficial, sempre paciente e a disposição para tirar todas as minhas dúvidas. Você foi incrível.

A pós-doutoranda Jane Kelly por toda ajuda, paciência e disponibilidade na interpretação dos dados.

Aos amigos e companheiros de grupo de pesquisa, Artur, Marilya, Nara, Jane, Laércio, Juliet, Rayanna, Isamor, Gabriel e Priscila, por toda amizade e ensinamentos.

As minhas estagiárias Ihally e Karine por toda paciência e auxílio nas análises laboratoriais.

A Marilya Sousa por todo apoio e parceria ao longo dessa caminhada.

A Nara Núbia, Isamor Gomes e Gabriel Freire por toda ajuda e momentos de descontração.

Aos amigos conquistados ao longo da vida e da ciência. Em especial a Analice Nunes, por sempre se fazer presente mesmo estando longe. Obrigado por tudo.

Aos amigos que fiz na pós-graduação.

Ao amigo de república Pedro Mouzinho. Obrigado pela paciência, companheirismo e por me aturar nesse período de pós-graduação.

A todos os funcionários do programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em especial a Socorro, Vânia e Pedro Gabriel por todo suporte.

A todos e todas, que direta ou indiretamente me auxiliaram e contribuíram nesse período de formação.

"Na vida, não existe nada a temer, mas a entender."

Marie Curie

“A importância dos infinitamente pequenos é infinitamente grande.”

Louis Pasteur

Feições de bioturbação da macrofauna em Luvisolos na região semiárida de Pernambuco

RESUMO

O solo é um habitat complexo, dinâmico e que apresenta grande heterogeneidade de organismos. Dentre esses organismos alguns grupos em específico possuem uma importância especial, como por exemplo, a macrofauna do solo. A macrofauna abrange um grupo bastante diversificado de organismos, onde alguns grupos possuem a capacidade de ocasionar mudanças no solo. Diante disso, o trabalho objetivou avaliar a ação da macrofauna nos atributos de Luvisolos, da região semiárida de Pernambuco, buscando compreender o papel da bioturbação na sua gênese. Para alcançar tal objetivo foram selecionados três perfis de Luvisolos, na mesma área com distância aproximada entre si de 10 metros. A coleta do solo seguiu a metodologia da Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). Foram realizadas análises morfológicas, micromorfológicas, químicas, físicas e mineralógicas. As análises morfológicas e micromorfológicas possibilitaram classificar e caracterizar diferentes tipos de estruturas, de acordo com a forma (cilíndrica, esférica, cônica e elipsoidal). Não foi constatada seleção de partículas no processo de formação das estruturas biogênicas, o que evidencia que boa parte das estruturas formadas são oriundas do retrabalho do solo pela mandíbula dos organismos e não pelo processo de ingestão. Os dados químicos mostram que o cálcio é a principal base acumulada na atuação da macrofauna nas estruturas biogênicas. Os resultados obtidos confirmam a atuação da macrofauna em solos da região semiárida e sugere a presença de outros representantes, além dos já conhecidos cupins e formigas, atuando nos perfis.

Palavras-chave: Bioturbação. Estruturas biogênicas. Serviços ecossistêmicos. Semiárido.

Bioturbation features of macrofauna in Luvisols in the semiarid region of Pernambuco

ABSTRACT

The soil is a complex, dynamic habitat that presents a great heterogeneity of organisms. Among these organisms, some groups in particular have a special importance, such as the soil macrofauna. The macrofauna comprises a very diverse group of organisms, where some groups have the ability to cause changes in the soil. Therefore, the work aimed to evaluate the action of macrofauna in the attributes of Luvisolos, from the semiarid region of Pernambuco, seeking to understand the role of bioturbation in its genesis. In order to achieve this goal, three Luvisolo profiles were selected, in the same area with an approximate distance of 10 meters. Soil collection followed the methodology of Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). Morphological, micromorphological, chemical, physical and mineralogical analyzes were performed. The morphological and micromorphological analyzes made it possible to classify and characterize different types of structures, according to the shape (cylindrical, spherical, conical and ellipsoidal). It was not observed selection of particles in the process of formation of biogenic structures, which shows that a large part of the structures formed come from the rework of the soil by the organisms' mandibles and not by the ingestion process. Chemical data show that calcium is the main accumulated basis in the performance of macrofauna in biogenic structures. The results obtained confirm the macrofauna's performance in soils in the semiarid region and suggest the presence of other representatives, in addition to the already known termites and ants, acting on the profiles.

Keywords: Bioturbation. Biogenic structures. Ecosystem services. Semiarid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo e pontos de coleta em Serra Talhada - PE	30
Figura 2 - Área selecionada para coleta com vegetação local preservada e indícios de atividade da macrofauna (ninhos e teias de aranha), no município de Serra Talhada- PE	30
Figura 3 - Dados de precipitação e temperatura do município de Serra Talhada-PE, 2019 (APAC e INPE, 2019)	31
Figura 4 - Amostragem do solo para coleta das estruturas biogênicas e macrofauna em Serra Talhada - PE	31
Figura 5 - Perfis dos solos estudados e as divisões de acordo com os horizontes: Perfil 1; Perfil 2; Perfil 3	37
Figura 6 - Estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolo e classificadas quanto à forma: esférica (A), cilíndrica (B), cônica (C) e elipsoidal (D).....	38
Figura 7 - Estrutura biogênica esférica do P2 com presença de organismo na sua cavidade interna	40
Figura 8 - Óxidos de manganês associados a canais de circulação da macrofauna	40
Figura 9 - Análise de componentes principais das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos	42
Figura 10 - Espectros de Infravermelho com transformada de Fourier dos horizontes A e Bt do Perfil 1, amostras de solo e estruturas biogênicas.	46
Figura 11 - Espectros de Infravermelho com transformada de Fourier dos horizontes A e Bt do Perfil 2, amostras de solo e estruturas biogênicas.	47
Figura 12 - Espectros de Infravermelho com transformada de Fourier dos horizontes A e Bt do Perfil 3, amostras de solo e estruturas biogênicas.	48
Figura 13 - Mineralogia da argila natural do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 1. Ct- caulinita, Fd- feldspato, Gh- goethita, Hm- hematita	49
Figura 14 - Mineralogia da argila natural do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 2. V- vermiculita, I- illita, Amf- anfibólio, Ct- caulinita, Fd- feldspatos, Gh- goethita, An- anatásio, Hm- hematita	49
Figura 15 – Mineralogia da argila natural do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 3. I- illita, Ct- caulinita, Fd- feldspatos, Gh- goethita, Hm- hematita	50
Figura 16 - Mineralogia dos horizontes A e Bt dos tratamentos de argila do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 1. Mi- mica; Ct- caulinita; Es- esmectita; V- vermiculita	51

Figura 17 - Mineralogia dos horizontes A e Bt dos tratamentos de argila do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 2. Mi- mica; Ct- caulinita; Es- esmectita.....	52
Figura 18 - Mineralogia dos horizontes A e Bt dos tratamentos de argila do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 3. Mi- mica; Ct- caulinita; Es- esmectita; V- vermiculita	53
Figura 19 - Fotomicrografias do perfil 1: A- proporção dos componentes do horizonte A; B- proporção dos componentes do horizonte Bt; C e D- fragmento de rocha horizonte A luz polarizada e cruzada; E- nódulo e hiporevestimento horizonte Bt.....	56
Figura 20 - Fotomicrografias do perfil 2: A- proporção dos componentes; B- microestrutura, C- excrementos de origem biológica; D- revestimento; E- preenchimento de canais; F- nódulos de Fe.	57
Figura 21- Fotomicrografias do perfil 3: A- componentes do horizonte A; B- componentes do horizonte Bt1; C- nódulo; D- preenchimento canal; E- excremento biológico; F- preenchimento canal biológico; G- preenchimento estrutura biológica; H- excremento biológico.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos morfológicos dos perfis de solos, Serra Talhada – PE.....	36
Tabela 2 - Atributos morfológicos das estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos, Serra Talhada – PE.....	39
Tabela 3 - Atributos físicos dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos	41
Tabela 4 - Atributos químicos dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos	43
Tabela 5 - Extração seletiva de óxidos de Fe e Mn dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos	44
Tabela 6 - Semiquantificação da porcentagem dos minerais dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos.....	54
Tabela 7 - Atributos micromorfológicos dos horizontes estudados	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Hipóteses.....	22
1.2 Objetivo geral	22
1.3 Objetivos específicos	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Darwin, Dokuchaev e Jenny: uma abordagem histórica.....	23
2.2 Macrofauna	24
2.3 Propriedades do solo versus macrofauna.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Descrição geral da área de estudo.....	29
3.2 Amostragem e preparo de amostras dos solos e das estruturas biogênicas	29
3.3 Análises físicas	32
3.4 Análises químicas	32
3.5 Mineralogia da fração argila	33
3.6 Caracterização da matéria orgânica do solo por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).....	34
3.7 Análise micromorfológica	34
3.8 Análise estatística	34
4. RESULTADOS	35
4.1 Atributos morfológicos	35
4.2 Atributos físicos.....	40
4.3 Atributos químicos.....	41
4.4 Caracterização da matéria orgânica	44
4.5 Mineralogia.....	48
4.6 Micromorfologia.....	55
5. DISCUSSÕES	61
5.1 Solo	61
5.2 Bioturbação e formação das estruturas biogênicas	62
6. CONCLUSÃO.....	65
7. REFERÊNCIAS	66

1. INTRODUÇÃO

Os solos são ambientes com alto grau de complexidade, em virtude da sua grande variabilidade, tanto de composição como de propriedades. Um dos fatores que contribuem para essa complexidade é o fato de atuarem como uma ponte entre o mundo biótico e abiótico, servindo de habitat para uma grande diversidade de organismos.

Dentro da grande heterogeneidade de organismos que habitam o solo é possível destacar os invertebrados, que compreendem um grupo bastante diverso, onde alguns (cupins, minhocas, formigas, besouros, por exemplo) induzem mudanças que levam a alterações nos solos, tais como seleção de partículas, proteção física da matéria orgânica, aumento da infiltração e da aeração. Afetando de forma direta e indireta a dinâmica do solo e a sustentabilidade dos ecossistemas.

Os cupins e as formigas são grupos importantes, principalmente na fauna de regiões de clima tropical. Sua importância se dá em virtude da capacidade de alterar o meio, através da modificação dos componentes bióticos e abióticos do solo, afetando a disponibilidade de recursos tanto para si como para outros organismos. Devido à capacidade de modificação e disponibilização de recursos, esses organismos são reconhecidos como engenheiros do ecossistema.

Portanto, compreender a influência da macrofauna sobre o processo de formação do solo é algo desafiador. Isso se dá em virtude da grande diversidade e formas de interação existente entre os organismos e o solo.

Sendo assim, considerando o destaque que os serviços promovidos pela macrofauna vêm recebendo ao longo das últimas décadas, torna-se importante avaliar a atuação desses organismos na alteração dos atributos do solo. Nesse sentido, a avaliação morfológica, bem como as análises das propriedades físicas, químicas, micromorfológicas e mineralógicas se tornam ferramentas importantes para avaliar o impacto da macrofauna no solo.

1.1 Hipóteses

A composição química e micromorfológica da estrutura biogênica difere da composição da matriz do solo.

1.2 Objetivo geral

Avaliar a ação da macrofauna na morfologia, física, química, micromorfologia e mineralogia de Luvisolos, buscando compreender o papel da bioturbação na gênese de Luvisolos na região semiárida de Pernambuco.

1.3 Objetivos específicos

Caracterizar morfologicamente o solo e as estruturas biogênicas formadas pela atuação da macrofauna;

Avaliar a composição química e comparar os resultados das amostras de solos e das feições pedológicas relacionadas à bioturbação;

Avaliar a diferença nos teores de carbono orgânico e do espectro de FTIR da estrutura biogênica e da matriz do solo;

Caracterizar mineralologicamente a composição da fração argila da estrutura biogênica e da matriz do solo;

Analisar micromorfologicamente, por meio de lâminas delgadas, a microestrutura e feições pedológicas dos Luvisolos a serem estudados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Darwin, Dokuchaev e Jenny: uma abordagem histórica

A ideia de que os solos são resultantes da atuação de fatores de formação, é algo que começou a ser discutido pelo russo Vasily Dokuchaev, em 1883 (DOKUCHAEV, 1883).

Dokuchaev teve sua pesquisa financiada pela Sociedade Econômica Livre da Rússia, com um intuito pedológico e econômico, visando obter informações relacionadas à fertilidade do solo para fins de tributação. Ao fim do estudo, Dokuchaev observou que os solos variavam de acordo com as condições a que estavam submetidos, ao qual ele denominou de fatores de formação do solo. Sendo eles: material de origem, relevo, clima, organismos e tempo (DOKUCHAEV, 1883; JOHNSON; SCHAETZL, 2015).

Dokuchaev destacou o papel da macrofauna contribuindo no intemperismo, na fertilidade do solo, na aeração, seu papel na fragmentação da matéria orgânica e na mistura do húmus ao solo mineral (DOKUCHAEV, 1883; JOHNSON; SCHAETZL, 2015).

No entanto, os primeiros *insights* sobre a atuação da macrofauna alterando o solo foram propostas por Charles Darwin em 1881. Na obra “*The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits*”, Darwin chamou a atenção para o papel das minhocas na produção de solos ricos em húmus. Além disso, evidenciou a capacidade que as minhocas possuem de modificar o solo tanto bioquimicamente quanto biomecanicamente (DARWIN, 1881).

A obra de Darwin ainda detalhou como objetos colocados na superfície do solo (giz, cinzas e moedas) haviam sido enterrados. O processo ocorre de forma lenta e tem início quando as minhocas ingerem o solo em profundidade e, em seguida, o depositam na superfície na forma de fezes, sendo essa atividade denominada de bioturbação. (DARWIN, 1881).

A bioturbação consiste na mistura e translocação de partículas do solo, através de processos diretos e indiretos. A forma direta ocorre através da construção de túneis e escavação, já a forma indireta ocorre à medida que esses túneis se desfazem (FLEMING et al., 2014). Partículas grandes, como cascalhos, que a macrofauna não consegue ingerir tendem a permanecer em uma zona inferior, resultando na formação de horizontes texturalmente distintos denominados de biomanto (JOHNSON; SCHAETZL, 2015).

Apesar das ideias apresentadas inicialmente por Darwin (1881) e Dokuchaev (1883), coube ao suíço Hans Jenny (1941) equacionar a gênese do solo através de uma equação funcional-fatorial, onde:

$$\text{Solo} = f(\text{material de origem, relevo, clima, organismos, tempo, ...})$$

A ação da vegetação, dos microrganismos, dos animais e a atividade humana constituem o fator organismo na formação do solo. A interação existente entre o solo e seus organismos ocorre de forma direta, o que permite afirmar que eles evoluem simultaneamente (JENNY, 1980).

No livro “*Factors of soil formation*”, Jenny evidenciou a aplicabilidade do modelo funcional-fatorial, onde para avaliar a atuação de um determinado fator nas propriedades do solo é necessário que o fator em estudo sofra variações, enquanto os demais devem permanecer constantes. Dessa forma, é possível equacionar o papel de cada um dos cinco fatores no processo de formação do solo e na expressão de suas propriedades (JENNY, 1941).

Dessa forma, o termo biossequência é utilizado para estudos que visam explicar as propriedades do solo a partir da influência dos organismos, através do qual o fator biótico de formação do solo varia, enquanto os demais permanecem constantes (JENNY, 1941).

2.2 Macrofauna

A fauna do solo compreende todos os invertebrados que o habitam durante todo seu ciclo ou durante alguma fase da vida (BARETTA et al., 2011), e de acordo com o tamanho pode ser classificada em: micro, meso e macrofauna (SWIFT et al., 2010). A macrofauna abrange todos os invertebrados presentes no solo com dimensão corporal superior a 2 mm, tendo como exemplos minhocas, cupins, formigas e besouros (SWIFT et al., 1979).

A atividade da macrofauna, denominada de bioturbação segundo Darwin (1881), resulta na modificação da estrutura do solo devido à formação de estruturas biogênicas (túneis, canais, poros, agregados, coprólitos, montículos e ninhos) e pela translocação de partículas de um horizonte para outro. Essas mudanças afetam diretamente as propriedades físicas, químicas, morfológicas e mineralógicas do solo, fazendo com que o solo seja, possivelmente, o ambiente mais fisicamente bioperturbado de todos (JONES; LAWTON; SHACHAK, 1997).

A capacidade de ocasionar modificações no solo confere a macrofauna à denominação de engenheiros do ecossistema. Essas modificações ocorrem através da alteração, manutenção e/ou criação de habitats, por meio de mudanças no estado físico de materiais bióticos ou abióticos, isso resulta em alterações na disponibilidade de recursos para si e para outras espécies (JONES et al., 1994).

2.3 Propriedades do solo versus macrofauna

É possível observar a influência da macrofauna no solo de duas formas. A primeira ocorre através de processos de assimilação, ou seja, por meio da absorção de materiais, pelo seu metabolismo, pela produção de resíduos e através de sua morte. Já a segunda forma, ocorre por mudanças físicas no ecossistema, promovendo modificações e mediando a quantidade, a distribuição e a composição de energia e elementos no meio, como por exemplo, na regulação de alguns ciclos biogeoquímicos (BARRIOS, 2007; JONES; LAWTON; SHACHAK, 1994, 1997; LAVELLE; SPAIN, 2001).

As bioestruturas representam a principal forma de impacto da macrofauna no solo, sendo mais relevante do que sua abundância e diversidade, tendo em vista que continuam a impactar na dinâmica e no funcionamento do ecossistema, através de mudanças nos atributos do solo, mesmo quando os organismos estão ausentes (JOUQUET et al., 2015).

As estruturas se formam no trato digestivo, onde os movimentos peristálticos destroem a microestrutura da argila e fragmentam a matéria orgânica. Essa destruição leva a formação de microagregados, que ao longo do trânsito intestinal sofrem uma intensa mistura entre si e são incrustados com muco para criar novos agregados (BAROIS et al., 1993; SHIPITALO; PROTZ, 1989). Este processo rompe as ligações argila-argila e resulta em novas ligações entre argila-cátion-matéria orgânica (ROBERSON et al., 1995; SCHRADER; ZHANG, 1997).

Essas estruturas apresentam uma alta estabilidade devido a quatro fatores: ação de hifas de fungos após a excreção dos coprólitos (MARINISSEN; DEXTER, 1990); inclusão de polissacarídeos microbianos, estabelecendo fortes ligações entre partículas orgânicas e minerais (SHIPITALO; PROTZ, 1989; MARTIN, 1991); declínio das frações mais lábeis e prevalência da matéria orgânica recalcitrante, para formação dos microagregados organominerais (SHIPITALO; PROTZ, 1989; LAVELLE et al., 1997); cimentação com cálcio durante a

passagem no trato digestivo, proveniente das glândulas calcíferas ou da decomposição da matéria orgânica (SATCHELL, 1983).

O efeito da atividade da macrofauna na matéria orgânica é controverso, visto que alguns autores defendem que a formação de agregados contribui para a proteção física da matéria orgânica, o que resulta numa redução da sua taxa de decomposição e acaba elevando a capacidade do solo em sequestrar carbono (DICKINSON; PUGH, 2012; BOSSUYT et al., 2005; PULLEMAN et al., 2005a; PULLEMAN et al., 2005b). No entanto, outros estudos sugerem que há aumento da decomposição, através da fragmentação, ingestão, desintegração e transporte do material vegetal fresco para o solo (NIEMINEN et al., 2015) e conseqüentemente o aumento da respiração microbiana (WACHENDORF et al., 2014).

As estruturas biogênicas são geralmente enriquecidas em argila, no entanto seu impacto no teor de C é variável e está relacionado à qualidade do substrato ingerido. A argila por ser um substrato com melhor estabilidade necessita de uma menor incorporação de carbono e nitrogênio (HARIT et al., 2017; JOUQUET et al., 2002b).

O conteúdo fecal e a saliva utilizada na cimentação das estruturas biogênicas produzidas por cupins as tornam mais ricas em nutrientes e sais minerais (CASTRO JÚNIOR, 2002). Já os agregados biogênicos produzidos por minhocas apresentam teores de P, K, Na, Ca, Fe, Mg, Cu, Mo, Zn, Mn superiores aos encontrados no solo, isso se dá em virtude do pH alcalino do intestino desses organismos que proporciona uma aceleração do processo de mineralização, alterando, a estequiometria dos nutrientes (BOHLEN et al., 2004; JOUQUET et al., 2006; LANGENBACH et al. 2002).

A liberação de amônia proveniente do metabolismo, a excreção de carbonato de cálcio por glândulas calcíferas, às secreções intestinais e o aumento das bases trocáveis são fatores que podem atuar na elevação do pH (SCHRADER; ZHANG, 1997).

O incremento nos teores de P ocorre devido à interação entre macrofauna e microrganismos capazes de liberar enzimas fosfatases, o que resulta na mineralização desse elemento durante a passagem pelo trato digestivo (LOPEZ-HERNÁNDEZ et al., 1993).

Posteriormente, o material acumulado nas estruturas é redistribuído por erosão, causando modificações na fertilidade do solo (ANDERSON, 2005; SCHAEFER, 2001).

A macrofauna ainda atua na mistura de materiais de diferentes horizontes no perfil do solo, o que leva à atenuação das características resultantes dos processos pedogenéticos, sendo marcante principalmente nos Latossolos (SCHAEFER, 2001). Além disso, a estrutura microgranular, a quantidade de canais e pedotubos e a organização geral do solo, evidenciam que o principal agente responsável pela organização estrutural dos Latossolos é a macrofauna (OLIVEIRA et al., 2000; SCHAEFER, 2001).

A micromorfologia observa os processos de formação de solo (STOOPS, 2003), bem como estabelece as interações com a macrofauna (DAVIDSON et al., 2002). Por meio deste método é possível compreender a atuação desses organismos no processo de decomposição e redistribuição da matéria orgânica, desenvolvimento e formação de poros, reorganização da estrutura do solo, assim como observar a ocorrência de revestimentos e excrementos (DOMÍNGUEZ-HAYDAR et al., 2018; KUBIËNA, 1964; KOOISTRA; PULLEMAN, 2010).

A ação na mineralogia por muito tempo foi considerada apenas através dos seus efeitos indiretos, por meio da decomposição de seu corpo e conseqüentemente com a produção de ácidos orgânicos, que afetam as propriedades mineralógicas por ação química. No entanto, esses organismos também são capazes de agir como agentes de intemperismo (JOUQUET et al., 2007).

As micas são modificadas pela extração de K^+ pelo metabolismo dos cupins ao ingerir o solo. Isso ocorre através da alteração da distância entre camadas na argila, o que ocasiona a redução da sua carga de camada, permitindo assim que haja a adsorção de íons hidratados ou polares entre as camadas, fazendo com que o mineral se expanda (JOUQUET et al., 2002a; KASCHUK et al., 2006).

A parte central dos cupinzeiros apresenta maior teor de areia, o que promove melhores condições para drenagem, controle da umidade e aeração. A resistência à lixiviação tende a enriquecê-los em minerais de argila 2:1, com cargas negativas e afinidade com elementos carregados positivamente, incluindo os micronutrientes. Essa capacidade de retardar a transformação de minerais primários em secundários é chamada de efeito guarda-chuva (KASCHUK et al., 2006; SAKO et al., 2009).

Com relação às propriedades físicas, a bioturbação influencia principalmente a infiltração, difusão e o armazenamento da água no solo, a resistência à erosão, a porosidade e a

aeração ao longo do perfil (ALI; SHERIDAN; FRENCH, 2013; ANDRIUZZI et al., 2015; BONACHELA et al. 2015; JOUQUET et al. 2016; KAISER et al., 2017).

A erosão é reduzida pela produção de estruturas biogênicas estáveis à água e pela movimentação no perfil, propiciando uma maior infiltração, limitando assim o escoamento superficial e protegendo o solo da formação de crostas (EVANS et al., 2011; JOUQUET et al., 2012).

Os organismos além da capacidade de transformar o meio em que vivem, também são capazes de proporcionar diferentes formas de exploração do solo, resultando, portanto em maiores modificações das suas propriedades, podendo ser utilizado inclusive como critério na avaliação da qualidade do solo (BARROS et al., 2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição geral da área de estudo

A área de estudo encontra-se no município de Serra Talhada – PE, localizado na mesorregião do Sertão e na microrregião do Pajeú, ocupando uma área de 2959 km² (CPRM, 2005).

A região está inserida na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que reflete a paisagem típica do semiárido nordestino. Caracterizada por superfície de pediplanação, com relevo predominantemente suave ondulado, cortado por vales estreitos e vertentes dissecadas. Algumas elevações residuais, cristas e/ou outeiros surgem ao longo do horizonte (CPRM, 2005).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Bsh, caracterizado por irregularidade na distribuição e escassez de chuvas. A precipitação média anual é de 431,8 mm, estando concentrada entre os meses de novembro a abril (ARAÚJO FILHO et al., 2014; CPRM, 2005).

A vegetação é predominantemente de caatinga hiperxerófila (CPRM, 2005), composta por espécies como catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), xique-xique (*Pilosocereus polygonus*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), entre outras.

Com relação aos solos, é possível encontrar na região Planossolos, mal drenados, de fertilidade natural média e com problemas de sais; Luvisolos, pouco profundos a rasos e de fertilidade natural alta; Argissolos bem drenados e de fertilidade natural média; e os Neossolos Litólicos, rasos, pedregosos e de fertilidade natural média; Cambissolos (EMBRAPA, 2006).

3.2 Amostragem e preparo de amostras dos solos e das estruturas biogênicas

Foram selecionados três perfis de Luvisolos por meio de observações de campo, sendo considerado, principalmente, indícios de atividade da macrofauna (presença de bioestruturas e indícios da bioturbação) e que a vegetação local estivesse preservada (Figura 1 e 2). A coleta ocorreu no mês de setembro, que corresponde à estação seca na região (Figura 3).

Os perfis foram selecionados dentro da mesma área, distanciando entre eles aproximadamente 10 metros (Figura 1) (BARETTA et al., 2010).

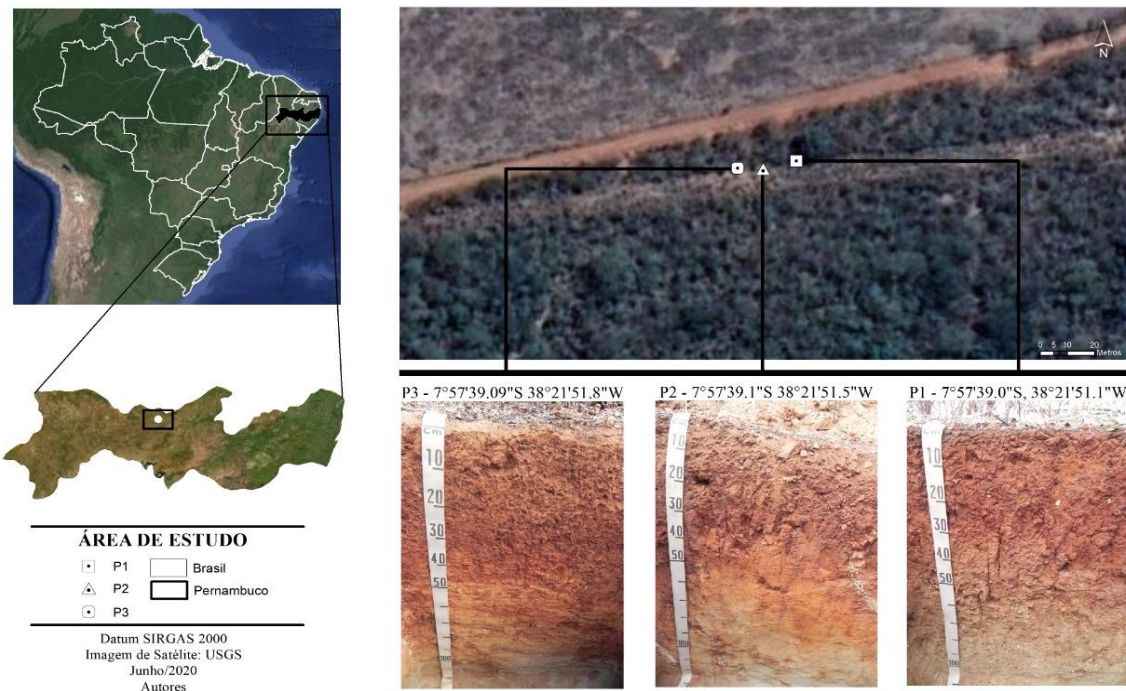


Figura 1 - Localização da área de estudo e pontos de coleta em Serra Talhada – PE



Figura 2 - Área selecionada para coleta com vegetação local preservada e indícios de atividade da macrofauna (ninhos e teias de aranha), no município de Serra Talhada- PE

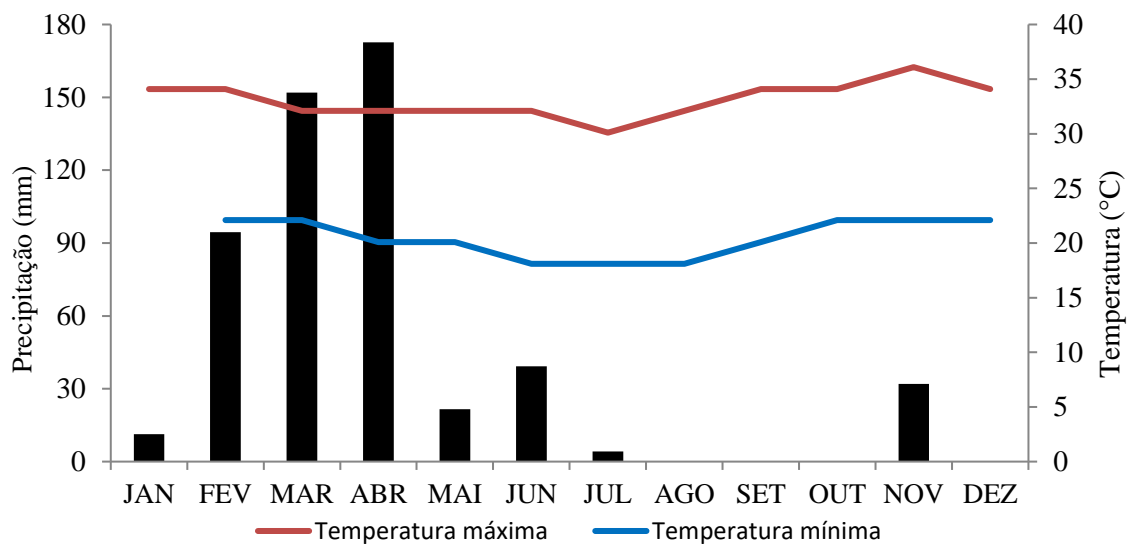


Figura 3 - Dados de precipitação e temperatura do município de Serra Talhada-PE, 2019 (APAC e INPE, 2019)

Após a seleção da área os perfis foram abertos e descritos morfológicamente (SANTOS et al., 2015). Foram coletadas amostras indeformadas, seguindo metodologia da Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), por meio de monólitos de 25 x 25 cm (ANDERSON; INGRAM, 1993), e profundidade correspondendo aos horizontes do solo (Figura 4).



Figura 4 - Amostragem do solo para coleta das estruturas biogênicas e macrofauna em Serra Talhada - PE

A classificação taxonômica dos perfis foi realizada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) e o saprólito (horizonte Cr) classificado de acordo com Juilleret et al. (2016).

Após a coleta, o solo passou por processo de catação manual, com auxílio de lupa, peneiras e pinças, com a finalidade de separar as estruturas biogênicas e os organismos. Em seguida, as estruturas biogênicas foram classificadas segundo Bullock et al. (1985).

Logo após esse processo manual, as amostras foram submetidas à secagem ao ar, posteriormente, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), sendo utilizada para análises físicas, químicas e mineralógicas. As frações > 2 mm (cascalho e calhaus) foram separadas e quantificadas, de acordo com Fontana et al. (2017).

Com o intuito de padronizar as análises laboratoriais, visto que nem todos os horizontes possuíam estruturas biogênicas, foram selecionados para análises os horizontes A e o primeiro Bt de cada perfil.

3.3 Análises físicas

A composição granulométrica foi determinada pelo método do densímetro, utilizando como dispersante uma solução de calgon a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (GEE; OR, 2002). A densidade do solo foi determinada pelo método do torrão parafinado (ALMEIDA et al., 2017), já a densidade das partículas pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante (VIANA; TEIXEIRA; DONAGEMMA, 2017). Com os resultados foi calculada a porosidade total do solo (Pt) (ALMEIDA et al., 2017).

3.4 Análises químicas

O pH foi determinado em água e KCl a 1 mol L^{-1} (proporção solo:solução de 1:2,5) (TEIXEIRA; CAMPOS; SALDANHA, 2017); acidez potencial (H + Al), extraída utilizando acetato de cálcio ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) a pH 7,0 e determinado por titulometria (NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$) (CAMPOS et al., 2017); Na^+ e K^+ trocáveis e P disponível foram extraídos por solução de Mehlich 1, onde Na^+ e K^+ foram determinados por fotômetro de chama e P por colorimetria; Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis, utilizando KCl 1 mol L^{-1} como extrator, com Ca^{2+} e Mg^{2+} determinados por absorção atômica e Al^{3+} por titulometria (TEIXEIRA et al., 2017). Carbono total foi determinado por meio de combustão a seco em analisador elementar LECO CN-2000.

Com base nos resultados obtidos, foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V) e atividade de argila (CTCr) conforme descrito em Teixeira et al. (2017).

O Fe e o Mn livre foram determinados na TFSA por dissolução seletiva dos óxidos pedogenéticos, os de alta e baixa cristalinidade foram extraídos após sucessivas extrações com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (MEHRA; JACKSON, 1960) e os de baixa cristalinidade extraídos com oxalato ácido de amônio (OAA) no escuro (MCKEAGUE; DAY, 1966).

3.5 Mineralogia da fração argila

A fração argila foi separada por sifonamento, em seguida seca em estufa a 60 °C, macerada em almofariz de ágata e passada em peneira de 80 mesh. Foram realizados pré-tratamentos nas amostras saturadas com a finalidade de eliminar óxidos de ferro, utilizando ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) (JACKSON, 1975).

Para identificar a presença de minerais, inclusive expansíveis, foram realizados tratamentos de saturação por K e Mg. As amostras saturadas com K (KCl 1 mol L⁻¹) foram analisadas após sucessivos aquecimentos (25, 110, 350 e 550 °C), já as amostras saturadas com Mg (MgCl₂ 1 mol L⁻¹) foram analisadas a temperatura ambiente e posteriormente solvatadas com glicerol (JACKSON, 1975).

A análise mineralógica foi realizada por difratometria de raios X (DRX), em um difratômetro Shimadzu XRD6000, operando a 40Kv e 30mA. Nas argilas naturais, analisadas na forma de pó não orientado foi empregada a varredura de 5 a 70 ° 2θ numa velocidade de 1° 2θ min⁻¹, enquanto nas amostras submetidas a pré tratamentos e orientadas em lâminas de vidro, a varredura foi de 3 a 35 ° 2θ numa velocidade de 1° 2θ min⁻¹.

O critério empregado para interpretação dos difratogramas e identificação dos minerais constituintes da fração argila, foi baseado no espaçamento interplanar (d) e no comportamento dos picos de difração de acordo com os tratamentos empregados (saturação e térmico), conforme apresentado por Jackson (1975), Brown e Brindley (1980) e Moore e Reynolds (1989).

Foram realizadas estimativas semiquantitativas (%) da proporção de cada mineral nas amostras, de acordo com a área dos picos de DRX (BISCAYE, 1965).

3.6 Caracterização da matéria orgânica do solo por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros no infravermelho das amostras do solo e dos agregados biogênicos (ambos anteriormente macerados e homogeneizados) foram obtidos na faixa de 4.000-400 cm^{-1} , com emprego de pastilhas de KBr (2 mg de amostra de solo ou agregados + 200 mg de KBr seco), utilizando um espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier, FTIR Spectrum Two, fabricado pela Perkin-Elmer. Cada espectro foi obtido utilizando 100 varreduras, com uma resolução de 4 cm^{-1} . As leituras foram feitas em transmitância versus número onda (em cm^{-1}).

A interpretação dos espectros de FTIR foi conduzida de acordo com vários autores (LUMSDON; FRASER, 2005; SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2005; STEVENSON, 1994; PAVIA et al., 2010; TAN, 1996).

3.7 Análise micromorfológica

As amostras indeformadas de solo foram utilizadas para micromorfologia, por meio de seções delgadas (MURPHY, 1986), interpretadas com o uso de microscópio petrográfico conforme recomendações de Brewer (1976), Bullock et al. (1985) e Fitzpatrick (1993).

As amostras indeformadas foram retiradas dos horizontes A e Bt dos três perfis. Após coleta as amostras foram submetidas à impregnação, laminação (2,5 x 5,0 cm), polimento e acabamento para posterior interpretação.

3.8 Análise estatística

As amostras do solo e das estruturas biogênicas dos horizontes A e Bt, dos três perfis estudados, foram submetidas à técnica exploratória multivariada, usando Análise de Componentes Principais (ACP). Os dados foram previamente testados em relação à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A análise foi realizada utilizando dados de pH, T, P, Na, K, Mg, Ca, Feo, Fed, Mno, Mnd, teor de argila total a fim de identificar suas relações. Foi utilizado o programa Statistica, versão 10.

4. RESULTADOS

4.1 Atributos morfológicos

A descrição morfológica dos três perfis de Luvisolos encontra-se na Tabela 1. De modo geral os perfis são pouco profundos, variando de 76 cm no Perfil 3 a 90 cm de profundidade no Perfil 1.

O Perfil 1 (P1) foi classificado como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico, sendo identificado nesse perfil cinco horizontes (Figura 5-A). O perfil apresenta predominância de coloração vermelha e mosqueados com coloração escura (2,5YR 2,5/1) nos horizontes Btv e Cv, que após a adição de peróxido de hidrogênio apresentaram forte efervescência, confirmando a ocorrência de óxidos de manganês (SANTOS et al., 2015). Foi observada atividade biológica ao longo do perfil, principalmente nos horizontes A e Bt, evidenciada pela presença de canais de raízes e da macrofauna.

O perfil 2 (P2) foi classificado como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (Figura 5-B). Assim como em P1, houve a predominância de coloração vermelha e a presença de mosqueados escuros (2,5YR 2,5/1) associados a óxidos de manganês no horizonte C. Também foi possível observar, a presença de cerosidade nas faces dos agregados dos horizontes BC e C.

Ao longo de todo perfil houve a presença de veios de minerais resistentes (quartzo e feldspato-K), de 5 a 10 cm de espessura, o que justifica a alta porcentagem de cascalho e calhaus ao longo do perfil (Tabela 3), principalmente no horizonte A.

O perfil 3 (P3) foi classificado como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (Figura 5-C). A cor foi predominantemente vermelha ao longo do perfil, com presença de cerosidade no horizonte Bt2.

Tabela 1 - Atributos morfológicos dos perfis de solos, Serra Talhada – PE

Horizontes		Cor		Mosqueado	Textura	Estrutura	Consistência		
Símb.	Prof. (cm)	Seca	Úmida	Úmido			Seca	Úmida	Molhada
P1 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico									
A	0-8	2,5YR 4/4	2,5YR 3/2	-	Franco-arenosa	BSA-BA, Pq-Méd, F-Md	D	Fr	LPI, LPe
Bt	8-30	2,5YR 4/6	2,5YR 4/6	-	Argilo-arenosa	P-BA-BSA, Méd-G, F-Md	ED, MD	Fr, Fi	PI, Pe
Btv	30-60	2,5YR 5/6	2,5YR 4/6	2,5YR 2,5/1, Cm, Pq, Ds	Argila	P-BA-BSA, Méd.-G., F-Md, Slick.	ED	Fi	MPI, Pe
Cv	60-90	-	7,5YR 4/4	2,5YR 2,5/1, Cm, Pq, Ds	Franco-siltosa	Maciça, P, Méd -G, F-Md, Slick.	ED	Fi	MPI, Pe
Cr	90-110	10YR 6/2	-	5YR 2,5/1, Cm, Pq, Ds	Franco-arenosa	Xistosa fraca	Muito alterada		
P2 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico									
A	0-8	5YR 4/4	5YR 3/3	-	Franco argilo-arenosa	BSA-Gr, Pq-Méd, F-Md	D, MD	Fr	LPI., LPe
Bt	8-32	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	-	Argilo-arenosa	P-BA-BSA, Méd-Pq, F-Md	MD, ED	Fr, Fi	PI, LPe
BC	32-50	2,5YR 4/6	2,5YR 3/4	-	Argila	P-BA-BSA, Méd-Pq, F-Md	MD, ED	Fi	MPI, Pe
C	50-80	2,5YR 4/8	2,5YR 4/6	2,5YR 2,5/1 Ab, Pq, Ds	Argila	P-BA-BSA, Méd-Pq, F	D	Fr	PI, Pe
Cr	80-130*	10YR 6/2	-	5YR 2,5/1, Cm, Pq, Ds, Pr	Franco argilo-arenosa	Xistosa moderada	Moderadamente alterada		
P3 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico									
A	0-8	2,5YR 4/4	2,5YR 3/3	-	Franco argilo-arenosa	BSA-BA-Gr, Méd-Pq, F-Md	D, MD	Fr	PI, LPe
Bt1	8-30	2,5YR 4/6	2,5YR 4/4	-	Argilo-arenosa	BSA-BA, Méd-Pq, F-Md	D, MD	Fr, Fi	PI, Pe
Bt2	30-50	2,5YR 5/6	2,5YR 4/6	-	Argila	BA-P, Méd-G, F-Md	MD, ED	Fr, Fi	MPI, Pe
C	50-76	2,5YR 6/8	2,5YR 5/8	-	Franco argilo-arenosa	BSA-BA, Méd-G, F-Md.	D,MD	Fr, Fi	PI, Pe
Cr	76-120+	10YR 6/2	-	2,5YR 2,5/1 Ab, Pq, Ds	Franco-arenosa	Xistosa moderada	Moderadamente alterada		

Prof – profundidade. **Mosqueado:** Cm- comum; Pq- pequeno; Ds- distinto; Ab- abundante; Pr- proeminente. **Estrutura:** BSA- bloco subangular; BA- bloco angular; P- prismática; Gr- granular; Pq- pequena; Méd- média; G- grande; F- fraca; Md- moderada; **Slick-** slickenside. **Consistência:** ED- extremamente dura; MD- muito dura; D- dura; Fr- friável, Fi- firme; LPI- ligeiramente plástica; PI- plástica; MPI- muito plástica; LPe- ligeiramente pegajosa; Pe- pegajosa

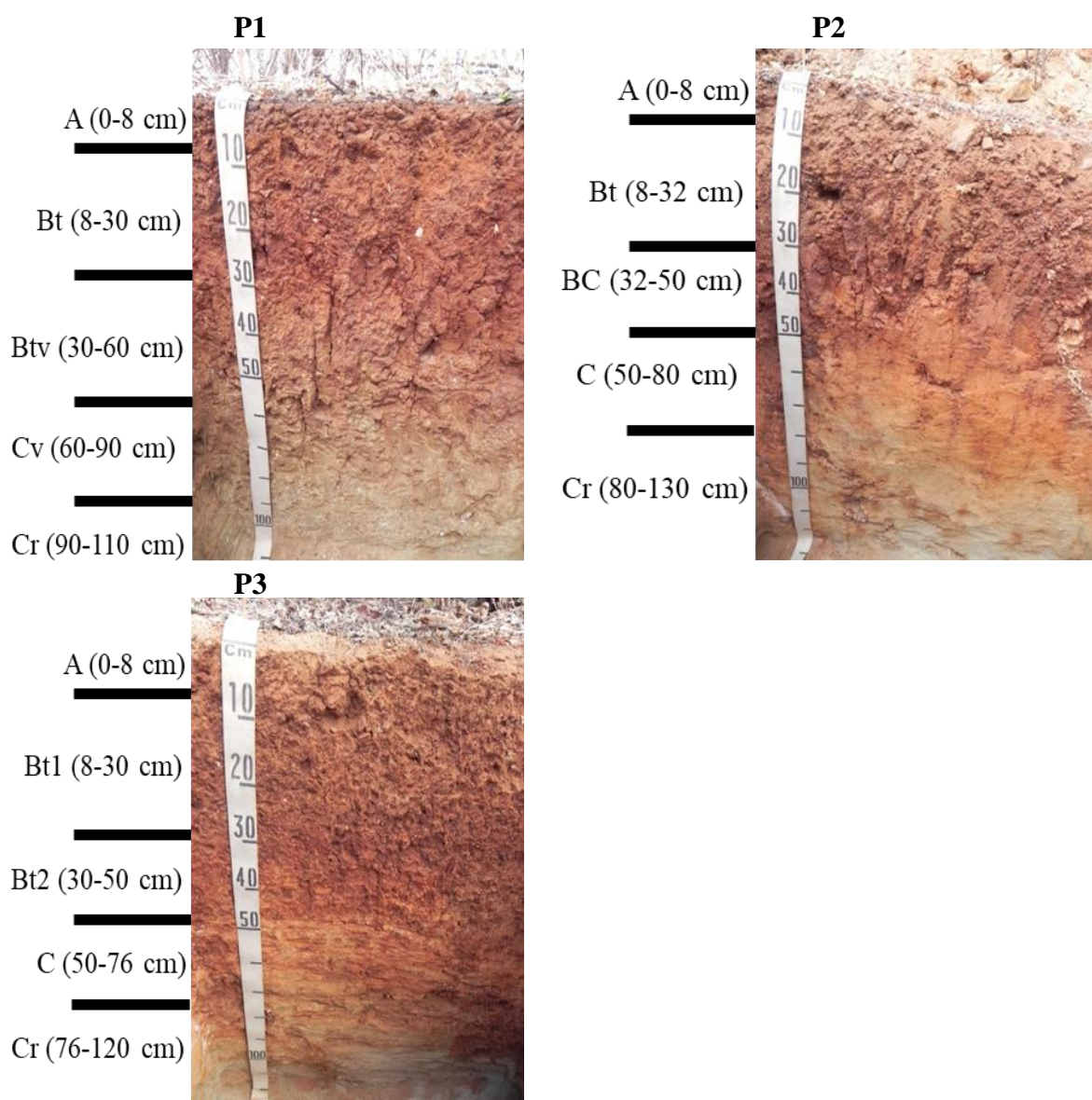


Figura 5 - Perfis dos solos estudados e as divisões de acordo com os horizontes: Perfil 1; Perfil 2; Perfil 3

Os dados dos atributos morfológicos e das estruturas biogênicas são apresentadas na Tabela 2. De modo geral, as estruturas biogênicas se distribuem no solo de forma aleatória e são facilmente diferenciadas da matriz do solo pela cor e estrutura. Outro ponto que merece destaque é o predomínio de estruturas do tipo esférica (maior que 60 %).

No P1, foram encontradas estruturas biogênicas apenas nos horizontes A e Bt. A coloração foi bruno-avermelhada (5YR 4/4), com óxidos de manganês ligados tanto internamente, quanto externamente as estruturas encontradas, sendo mais visíveis nas estruturas do horizonte A.

Com relação à forma, aquelas encontradas no horizonte A apresentaram estruturas esféricas, cilíndricas e cônicas, em um grau de desenvolvimento mais incipiente. Já no horizonte Bt as estruturas aparecem em maior quantidade e melhor estruturadas que o horizonte superior.

No P2 foram encontradas estruturas nos horizontes A, Bt e BC. As estruturas encontradas no horizonte A e Bt são esféricas, cilíndricas e elipsoidais, já no BC são esféricas e elipsoidais. Diferentemente do P1, possuem pouca ou nenhuma concreção de óxidos de manganês visíveis. É importante destacar a presença de organismo habitando a cavidade de estrutura do tipo esférica, no horizonte Bt (Figura 7).

Por fim, o P3 apresentou estruturas biogênicas nos horizontes A, Bt1, Bt2 e C. Assim como no P1 e no P2 as estruturas apresentaram coloração bruno-avermelhada (5 YR 4/4). Todos os horizontes apresentaram estruturas cilíndricas e esféricas, variando apenas seu grau de desenvolvimentos. Possuem uma grande quantidade de concreções de óxidos de manganês, associados principalmente a bioporos e a canais de circulação da macrofauna (Figura 8).

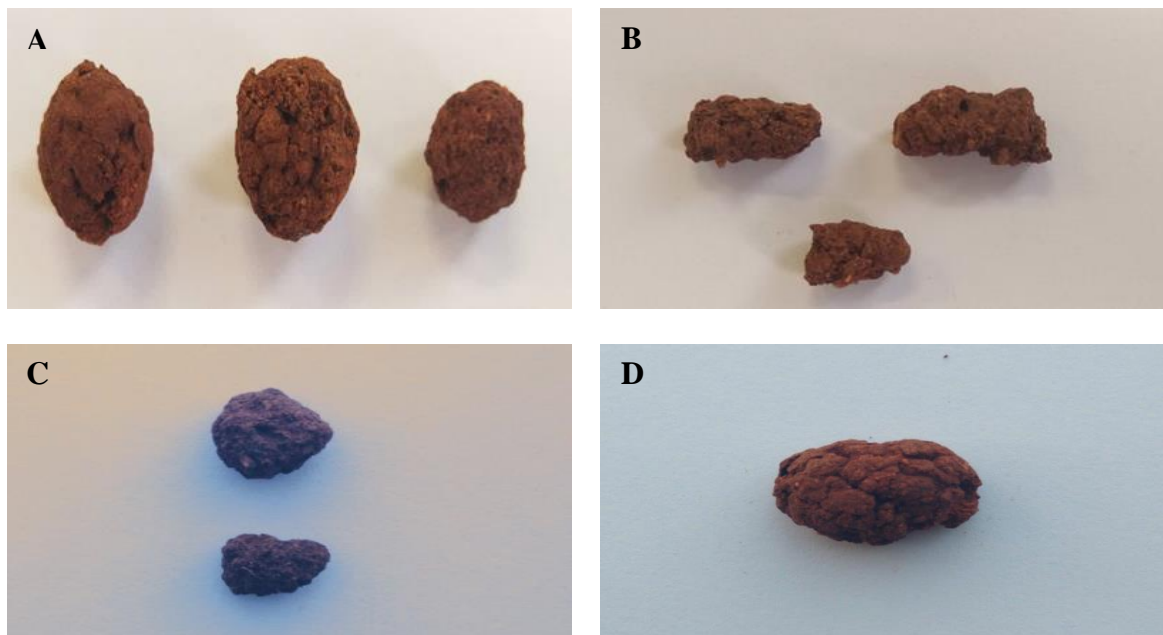


Figura 6 - Estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvissole e classificadas quanto à forma: esférica (A), cilíndrica (B), cônica (C) e elipsoidal (D)

Tabela 2 - Atributos morfológicos das estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos, Serra Talhada – PE

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor		Textura	Forma
		Seca	Úmida		
P1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico					
A	0-8	5 YR 4/4		Franco argilo-arenosa	Esférica, cilíndrica, cônica
Bt	8-30	5 YR 4/4		Argilo-arenosa	Esférica, cilíndrica, cônica e elipsoidal
P2 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico					
A	0-8	5 YR 4/4		Franco argilo-arenosa	Esférica, cilíndrica e elipsoidal
Bt	8-32	5 YR 4/4		Argilo-arenosa	Esférica, cônica e elipsoidal
BC	32-50	5 YR 4/4		-	Esférica e elipsoidal
P3 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico					
A	0-8	5 YR 4/4		Argilo-arenosa	Esférica e cilíndrica
Bt1	8-30	5 YR 4/4		Franco argilo-arenosa	Esférica e cilíndrica
Bt2	30-50	5 YR 4/4		-	Esférica e cilíndrica
C	50-76	5 YR 4/4		-	Esférica e cilíndrica



Figura 7 - Estrutura biogênica esférica do P2 com presença de organismo na sua cavidade interna



Figura 8 - Óxidos de manganês associados a canais de circulação da macrofauna

4.2 Atributos físicos

Os atributos físicos dos solos e das estruturas biogênicas estão apresentados na Tabela 3.

As amostras das estruturas biogênicas apresentaram maiores porcentagens de TFSA em todos os perfis e em todos os horizontes ao se comparar com o solo, onde os percentuais variaram entre 93 e 99 %. Ainda com relação a esses valores, merece destaque o perfil 2, onde o solo possui um alto percentual de cascalho e calhaus, chegando a atingir 50 % no horizonte A, porém nas estruturas o percentual foi de apenas 7 %.

Com relação à granulometria não há grandes diferenças entre as amostras de solos e estruturas biogênicas, com exceção do horizonte A do perfil 1, onde os valores de silte se sobressaem em relação a argila nas amostras de solo.

Tabela 3 - Atributos físicos dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos

Horizonte	Cascalho e calhaus (> 2 mm)	TFSA (< 2 mm)	Composição granulométrica da TFSA (g kg ⁻¹)			
			Prof. (cm)	(%)	(%)	Areia
SOLO						
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico						
A	0-8	17	83	520	330	150
Bt	8-30	10	90	447	128	425
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico						
A	0-8	50	50	560	140	300
Bt	8-32	37	63	471	104	425
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico						
A	0-8	6	94	540	135	325
Bt1	8-30	6	94	475	150	375
ESTRUTURAS BIOGÊNICAS						
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico						
A	0-8	2	98	509	141	350
Bt	8-30	1	99	477	123	400
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico						
A	0-8	7	93	551	149	300
Bt	8-32	1	99	467	133	400
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico						
A	0-8	1	99	460	140	400
Bt1	8-30	1	99	487	163	350

Com exceção das amostras de estruturas do perfil 3, o que se observa é que os valores de areia reduzem em profundidade, enquanto os valores de argila aumentam.

4.3 Atributos químicos

Os resultados das análises químicas estão apresentados na Tabela 4. A reação das estruturas biogênicas mostrou um predomínio levemente alcalino, enquanto no solo houve predomínio de reações levemente ácidas a ácidas. Os valores de pH em ambas as amostras foram maiores em água do que em KCl, refletindo assim o predomínio de cargas negativas no complexo sortivo.

A soma de bases apresentou valores altos e muito discrepantes entre os diferentes tipos de amostras, principalmente devido aos altos valores de Ca²⁺ das estruturas biogênicas. Também é dada importância para o aumento nos valores de Na⁺, com destaque para o P2-Bt.

A atividade da fração argila foi maior que $27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em todas as amostras e em todos os horizontes. Com destaque para os horizontes mais superficiais e para as amostras das estruturas biogênicas.

Os teores de carbono não variaram entre os diferentes tipos de amostras. Ao longo dos perfis de solos e das amostras de estruturas biogênicas, os valores foram mais elevados na superfície e sofreram redução em subsuperfície.

Os valores de óxidos de Fe e dos óxidos de Mn são bastante semelhantes para o solo e as estruturas biogênicas (Tabela 5). Os teores extraídos por oxalato são menores que os valores encontrados nas extrações com ditionito.

As informações geradas pela análise multivariada estão apresentadas na figura 9. A ACP teve uma capacidade de explicação de 64,52 % (Figura 9) e apresentou uma clara separação entre as amostras de solo e estruturas biogênicas.

Por um lado, pH do solo, Ca, Na, Mg e CTC potencial tiveram correlacionados positivamente com as estruturas biogênicas, contrastando com as variáveis, P e K que são as principais correlações das amostras de solo.

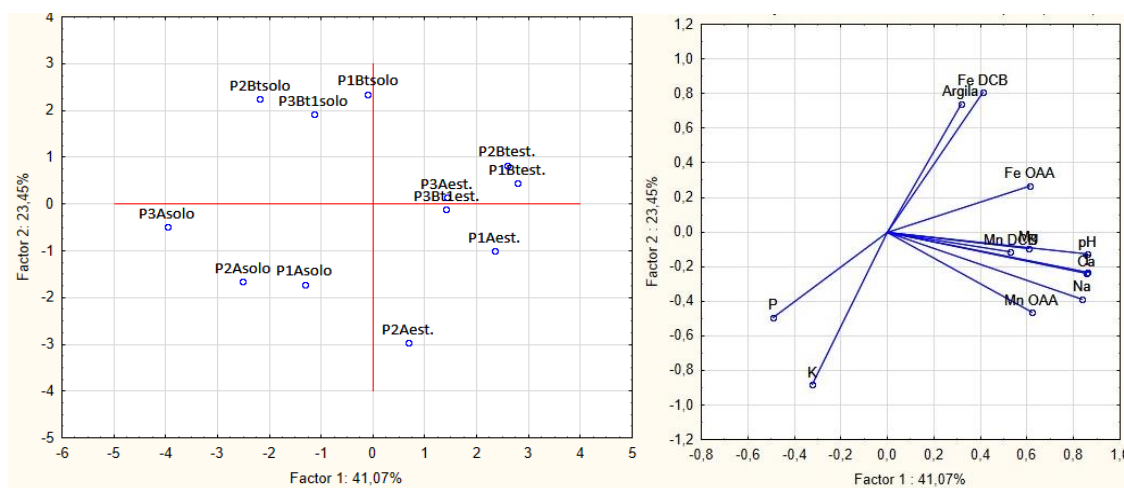


Figura 9 - Análise de componentes principais das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos

Tabela 4 - Atributos químicos dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos

Horizonte	Profundidade (cm)	pH (1: 2,5)		Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)							CTCr	C g kg ⁻¹
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	H + Al	T		
SOLO												
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico												
A	0-8	6,55	5,44	7,96	3,50	0,68	0,06	12,20	1,93	14,13	94	23,47
Bt	8-30	6,89	5,00	7,01	2,08	0,21	0,08	9,38	2,67	12,05	28	8,07
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico												
A	0-8	6,45	5,53	9,65	2,59	0,79	0,07	13,10	1,84	14,94	50	15,76
Bt	8-32	6,57	5,07	8,05	2,83	0,19	0,05	11,12	2,34	13,45	32	9,77
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico												
A	0-8	5,96	5,34	8,89	2,92	0,55	0,05	12,41	1,60	14,01	43	12,83
Bt1	8-30	6,16	4,82	8,48	4,06	0,10	0,04	12,68	3,33	16,01	43	7,36
ESTRUTURAS												
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico												
A	0-8	7,79	5,91	80,99	3,53	0,52	0,15	85,19	2,59	87,78	251	14,02
Bt	8-30	7,54	5,40	74,36	4,24	0,21	0,14	78,95	3,25	82,20	205	8,20
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico												
A	0-8	7,05	5,69	77,94	3,46	0,84	0,17	82,41	2,59	85,00	281	17,03
Bt	8-32	7,06	5,63	91,25	3,89	0,21	0,15	95,50	3,25	98,75	246	9,31
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico												
A	0-8	7,00	5,48	101,73	3,93	0,27	0,14	106,07	2,75	108,82	272	10,35
Bt1	8-30	6,68	5,37	90,07	4,31	0,15	0,11	94,64	3,16	97,80	279	7,94

SB- soma de bases; T- capacidade de troca de cátions a pH 7,0; H + Al- acidez potencial; CTCr- atividade de argila

Tabela 5 - Extração seletiva de óxidos de Fe e Mn dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos

Hor.	Prof (cm)	Fed	Feo	Feo/Fed	Mnd	Mno	Mno/Mnd
g kg ⁻¹							
SOLO							
Perfil 1 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico							
A	0-8	37,44	2,52	0,07	0,88	0,66	0,75
Bt	8-30	55,29	2,55	0,05	0,86	0,64	0,74
Perfil 2 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico							
A	0-8	29,66	2,08	0,07	0,69	0,65	0,94
Bt	8-32	42,30	2,23	0,05	0,47	0,46	0,98
Perfil 3 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico							
A	0-8	36,41	2,09	0,06	0,55	0,44	0,80
Bt1	8-30	48,14	2,30	0,05	0,69	0,61	0,88
ESTRUTURAS BIOGÊNICAS							
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico							
A	0-8	44,77	2,49	0,06	0,88	0,68	0,77
Bt	8-30	43,84	2,75	0,06	0,77	0,69	0,90
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico							
A	0-8	30,15	2,20	0,07	0,63	0,74	1,17
Bt	8-32	46,36	2,81	0,06	0,77	0,61	0,79
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico							
A	0-8	44,83	2,18	0,05	0,64	0,58	0,91
Bt1	8-30	46,19	2,15	0,05	0,83	0,68	0,82

4.4 Caracterização da matéria orgânica

A análise comparativa dos espectros de FTIR mostra diferenças na composição orgânica de amostras de agregados biogênicos e amostras de solo.

Em geral, os agregados biogênicos mostraram uma atenuação das bandas de absorção em relação às amostras de solo, indicando menor expressão dos grupos orgânicos nos agregados comparados ao solo. No entanto, os espectros dos agregados biogênicos mostram intensidades de absorções mais próximas ou semelhantes aos espectros dos horizontes Bt de cada perfil.

Em todos os perfis (amostras de agregados e solo), fortes bandas alifáticas são evidentes, próximas a 1030 cm⁻¹ (estiramento de grupos C–H), sendo, em geral, mais expressivas no horizonte A dos perfis estudados. Picos associados em aproximadamente 1100 a 1007 cm⁻¹ correspondem a estiramento C–O de estruturas como polissacarídeos, álcoois primários e secundários, ocorrendo em todas as amostras estudadas. Vibrações Si–O de minerais é comum entre 1030 a 1000 cm⁻¹ (STEVENSON, 1994). Outros grupos alifáticos são indicados pelas

frequências 2920 cm^{-1} e 2851 cm^{-1} . Esses grupos são atribuídos a metileno e metil, e a estiramento C-H, grupos CH_2 como os alcanos, respectivamente.

As bandas na região de 3690 e 3621 cm^{-1} são normalmente devido a vibrações de estiramento OH de álcoois e fenóis em todas as amostras. Enquanto a banda larga em 3400 cm^{-1} é referente à vibração de OH da água e ao estiramento de amins e amidas primárias e secundárias.

Os picos em aproximadamente 1637 cm^{-1} em todas as amostras correspondem a vibrações de ligações do tipo C=C aromáticos e deformação de N-H, de grupos C=O de amidas e quinonas, e C=O ligados a H de cetonas conjugadas. As frequências entre $900\text{-}690\text{ cm}^{-1}$ podem ser atribuídas a dobramentos fora do plano de compostos C-H aromáticos.

Os picos em torno de 1382 cm^{-1} em todas as amostras referem-se à deformação de grupamentos do tipo -OH e estiramentos de grupos C-O de grupos fenólicos, e provavelmente a deformação de ligações C-H de grupos CH_2 , CH_3 e de grupos carboxílicos. Também são atribuídos a fragmentos de lignina. A absorção em 465 cm^{-1} em todos os espectros refere-se a bandas do KBr, utilizado na confecção das pastilhas.

No horizonte A do perfil 1 (Figura 10), foram evidentes, principalmente, mudanças nas intensidades de picos aromáticos, em torno de 1635 cm^{-1} e $900\text{-}690\text{ cm}^{-1}$, os quais foram mais expressivos no solo do que nos agregados. Enquanto no horizonte Bt, os espectros foram semelhantes, mostrando homogeneidade quantitativa dos grupos e estruturas orgânicas entre agregados biogênicos e solo.

O perfil 2 (Figura 11) destaca a maior diferença nos espectros entre solo e agregados no horizonte A, com o solo superficial com as maiores intensidades de todos os grupos orgânicos. No horizonte Bt deste perfil, a diferença entre os espectros de agregados e solo reduziu, mas manteve uma diferença significativa nas intensidades de compostos aromáticos (1635 cm^{-1}) e regiões de 3690 e 3620 cm^{-1} , que, entre outros, representam compostos mais resistentes, como os fenólicos.

Por outro lado, diferentemente de outros perfis, os agregados biogênicos do horizonte Bt do perfil 2 apresentaram maior diversidade de compostos humificados, com adicional absorção em 1462 cm^{-1} , que caracteriza anéis aromáticos. Além da absorção em 1234 cm^{-1} , que se refere a estiramentos da ligação C-O de éteres, ésteres, aromáticos.

O perfil 3 (Figura 12) mostrou tendência contrária em relação aos demais perfis, os agregados biogênicos tenderam a apresentar maior expressão dos grupos orgânicos em relação

ao solo, especialmente no horizonte Bt1. Assim, os agregados apresentaram, provavelmente, composição mais aromática em relação às amostras de solo.

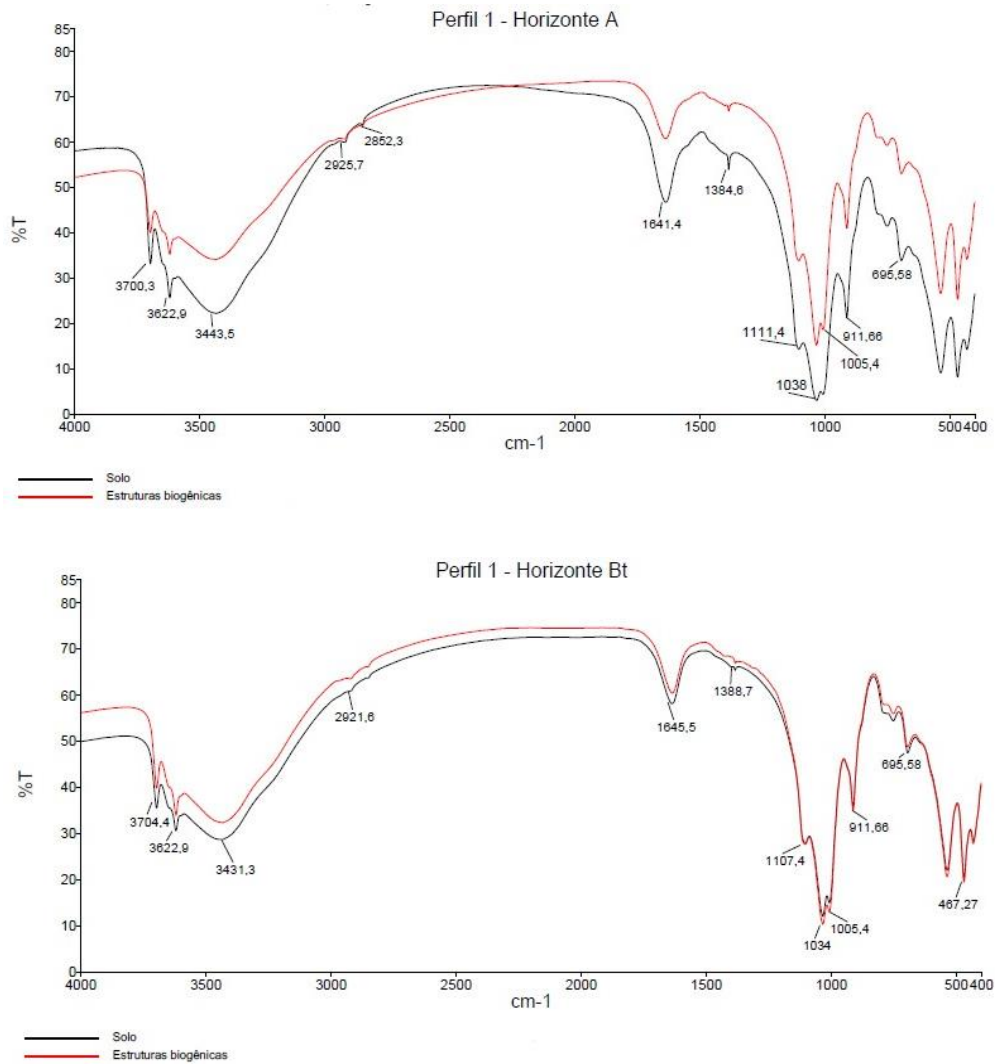


Figura 10 - Espectros de Infravermelho com transformada de Fourier dos horizontes A e Bt do Perfil 1, amostras de solo e estruturas biogênicas.

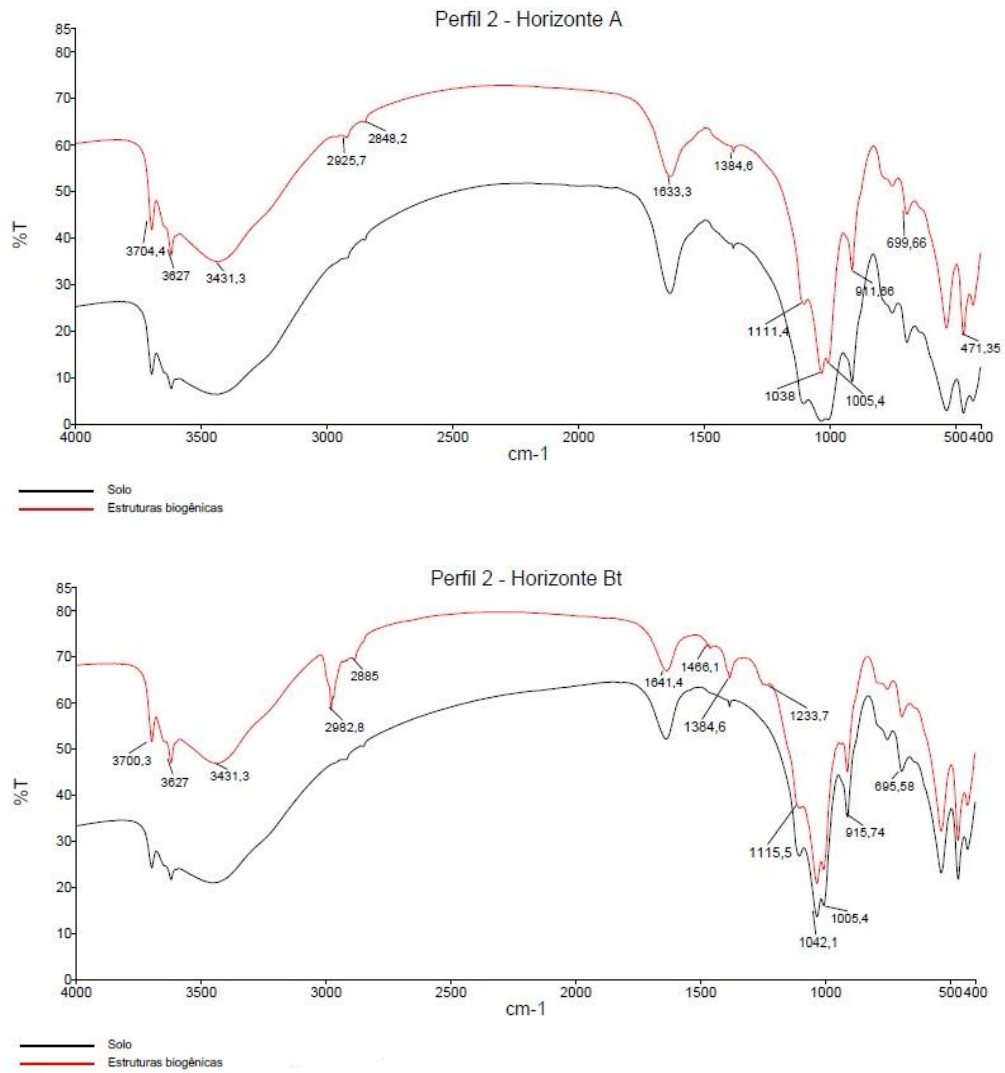


Figura 11 - Espectros de Infravermelho com transformada de Fourier dos horizontes A e Bt do Perfil 2, amostras de solo e estruturas biogênicas.

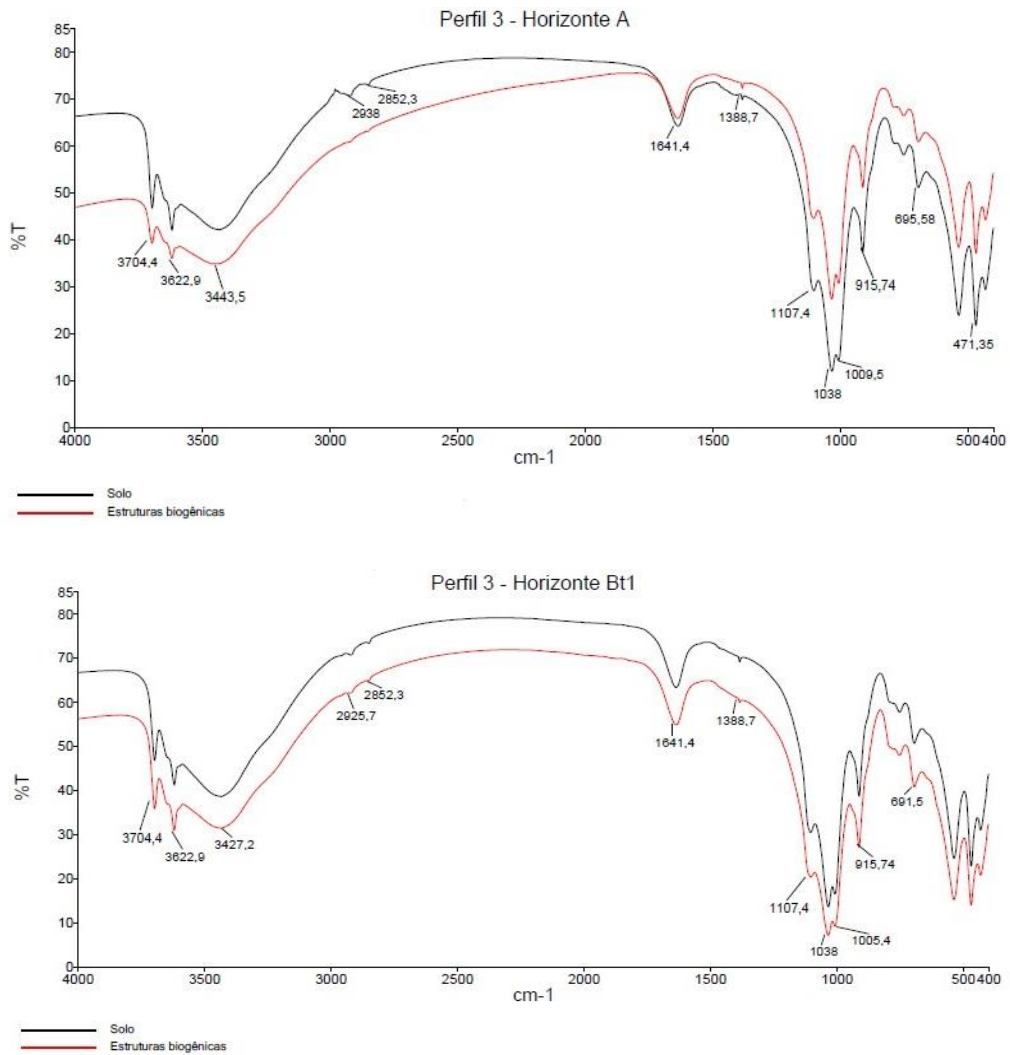


Figura 12 - Espectros de Infravermelho com transformada de Fourier dos horizontes A e Bt do Perfil 3, amostras de solo e estruturas biogênicas

4.5 Mineralogia

A difração de raios-X da fração argila natural no perfil 1 (Figura 13) apresentou picos de caulinita (0,730), feldspatos (0,624; 0,588; 0,558; 0,546; 0,463; 0,324 nm), goethita (0,414 nm) e hematita (0,251 nm). O perfil 2 (Figura 14) apresentou picos de vermiculita (1,15 nm), illita (1,05 nm), anfibólio (0,889 nm), caulinita (0,73 nm), feldspatos (0,554; 0,405; 0,340; 0,329; 0,294 nm), goethita (0,414 nm), anatásio (0,351 nm) e hematita (0,252 nm). O perfil 3 (Figura 15) apresentou picos de illita (1,003 nm), caulinita (0,74 nm), feldspatos (0,548; 0,331; 0,324 nm), goethita (0,414 nm) e hematita (0,253 nm).

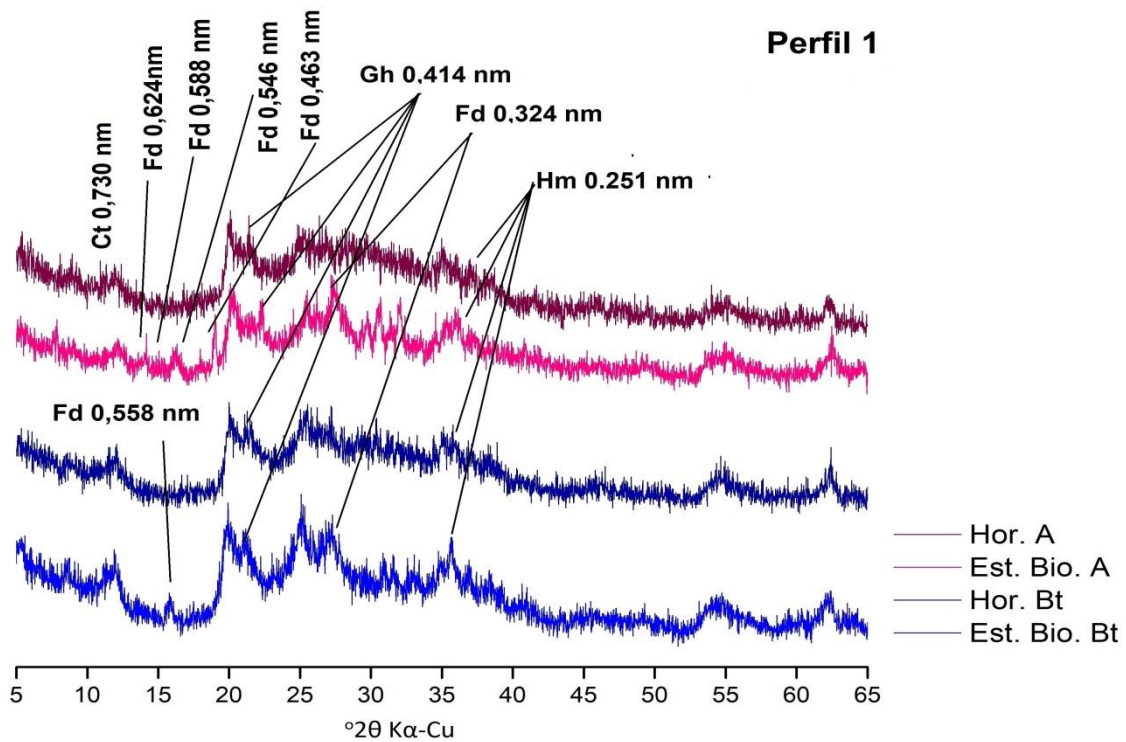


Figura 13 - Mineralogia da argila natural do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 1. Ct- caulinita, Fd- feldspato, Gh- goethita, Hm- hematita

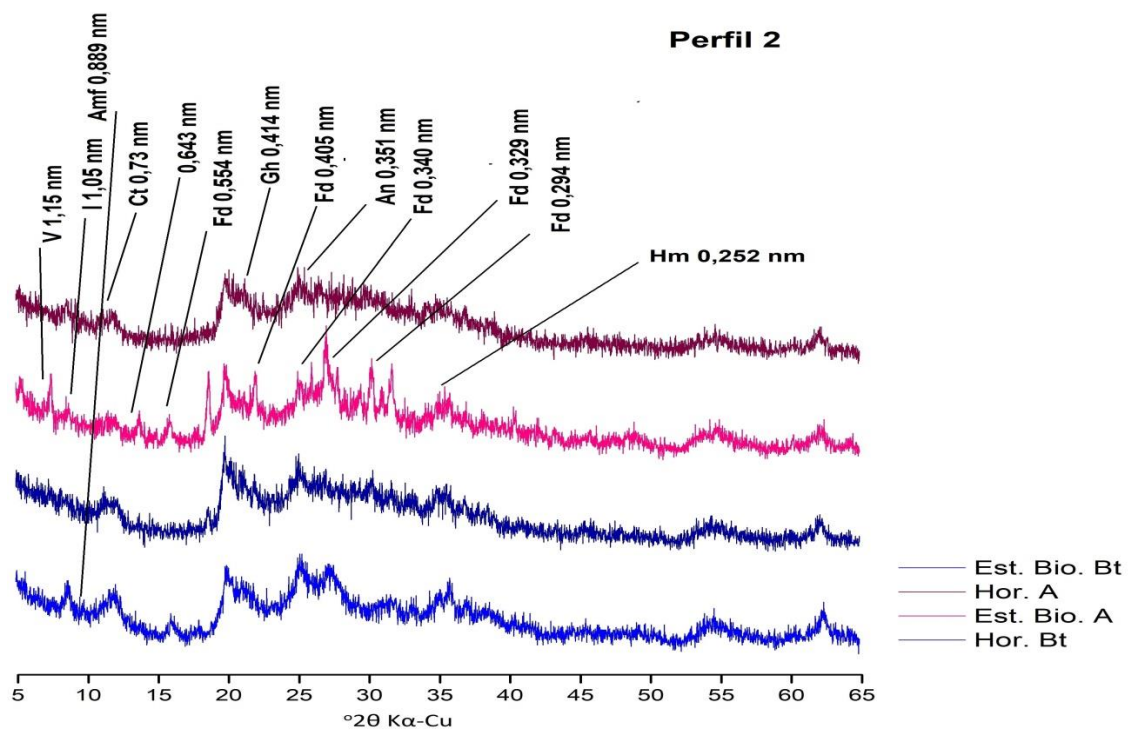


Figura 14 - Mineralogia da argila natural do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 2. V- vermiculita, I- illita, Amf- anfibólio, Ct- caulinita, Fd- feldspatos, Gh- goethita, An- anatásio, Hm- hematita

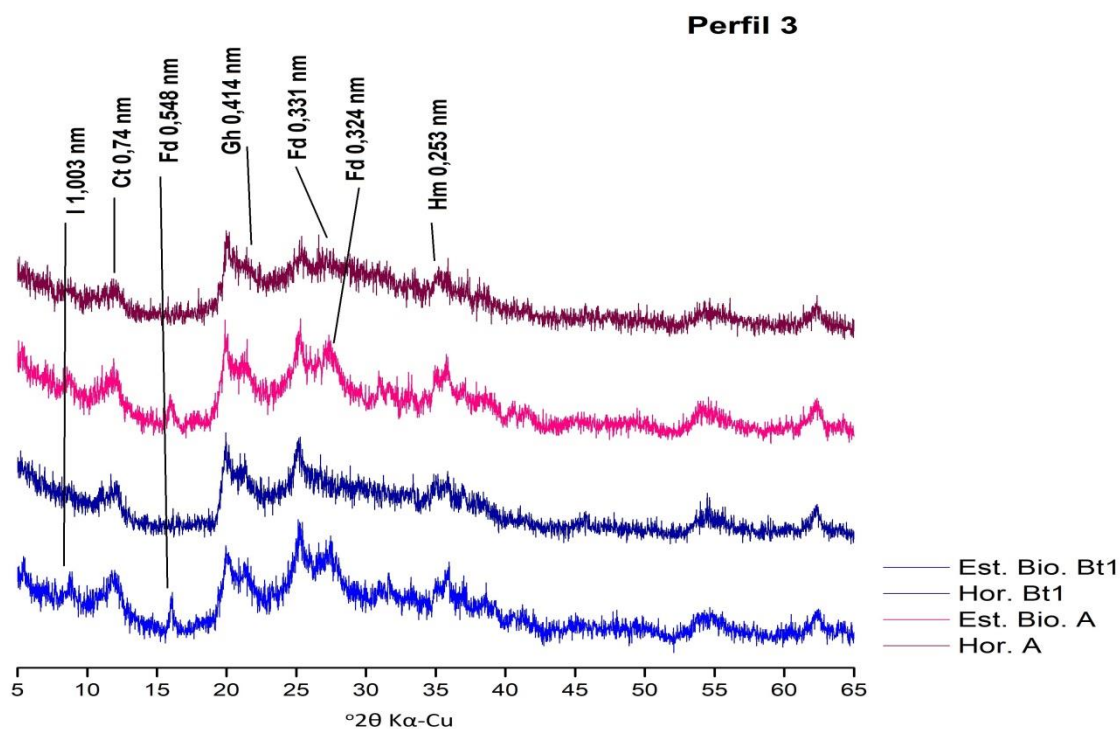


Figura 15 – Mineralogia da argila natural do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 3. I- illita, Ct- caulinita, Fd- feldspatos, Gh- goethita, Hm- hematita

O horizonte A das amostras de solo é composto de mica (0,997; 1,00 nm) e caulinita (0,728; 0,731; 0,733 nm), com exceção do P3 que apresenta também esmectita (1,811 nm). O horizonte Bt é composto de esmectita (1,728; 1,755nm), mica (1,00 nm) e caulinita (0,728; 0,731 nm), assim como vermiculita (1,11; 1,115 nm) nos perfis 1 e 3.

Enquanto nas amostras das estruturas biogênicas o horizonte A é composto por esmectita (1,728; 1,797 nm), mica (1,00 nm) e caulinita (0,731; 0,733 nm), já o Bt apresenta esmectita (1,728; 1,783 nm), mica (1,00; 1,01 nm) e caulinita (0,728; 0,731 nm), bem como por vermiculita (1,11; 1,15 nm) nos perfis 1 e 3.

Como mostrado na Tabela 6 de semiquantificação, o que se pode observar é que há um predomínio de caulinita e illita nos horizontes superficiais, com uma pequena contribuição de esmectita, no entanto no horizonte mais subsuperficial o predomínio prevalece, porém há um acréscimo considerável de vermiculita nos perfis 1 e 3.

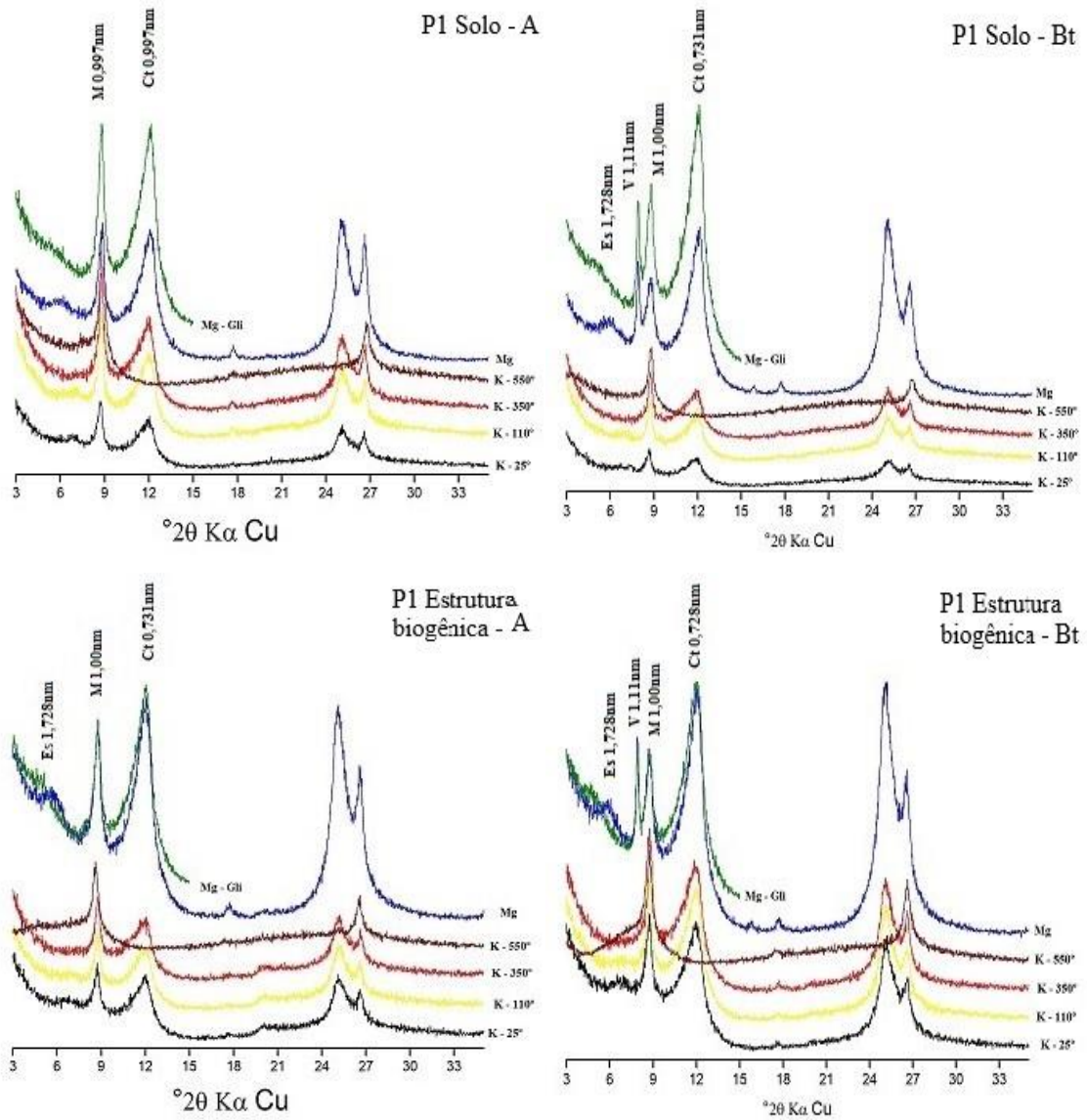


Figura 16 - Mineralogia dos horizontes A e Bt dos tratamentos de argila do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 1. Mi- mica; Ct- caulinita; Es- esmectita; V- vermiculita

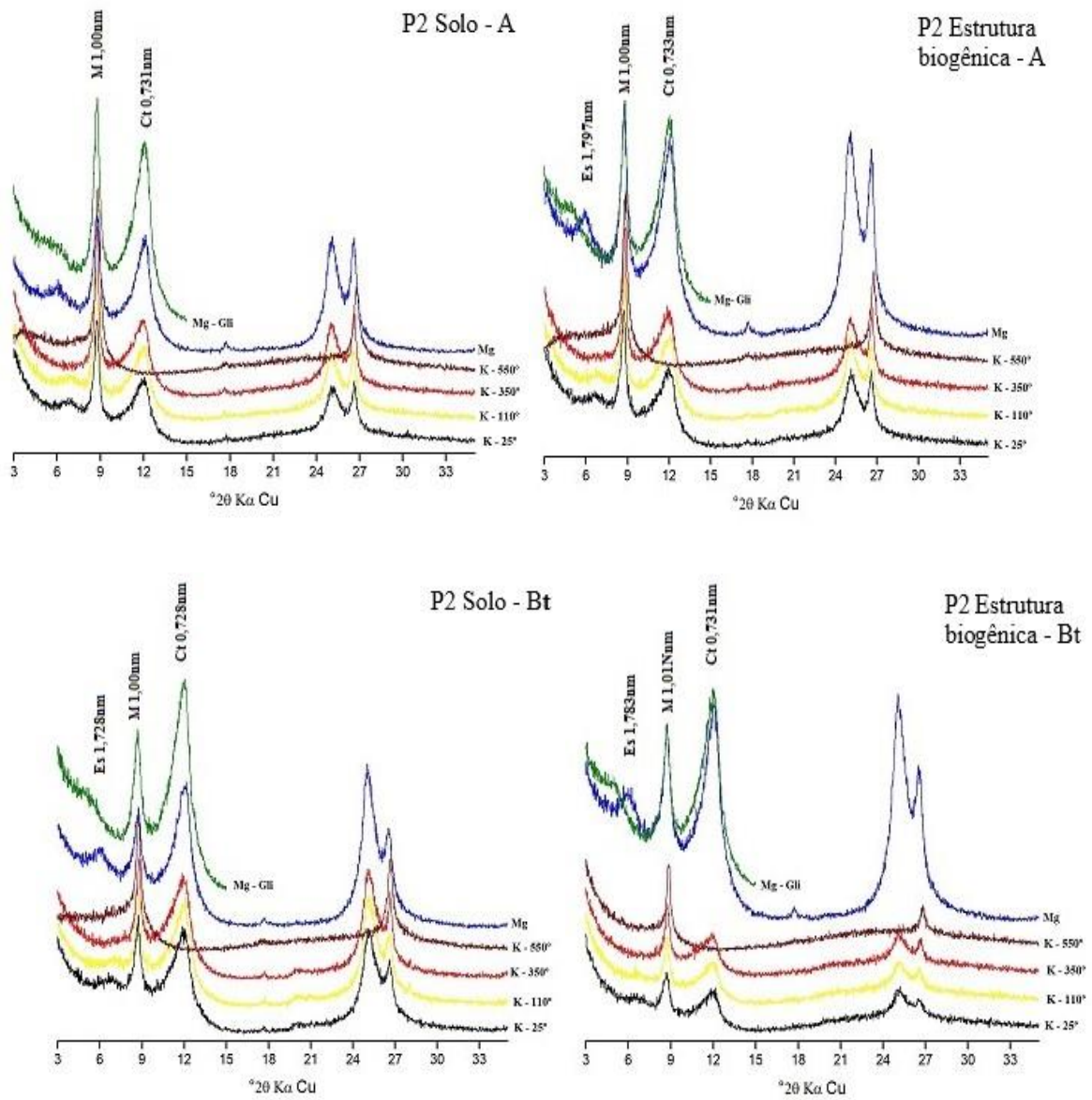


Figura 17 - Mineralogia dos horizontes A e Bt dos tratamentos de argila do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 2. Mi- mica; Ct- caulinita; Es- esmectita

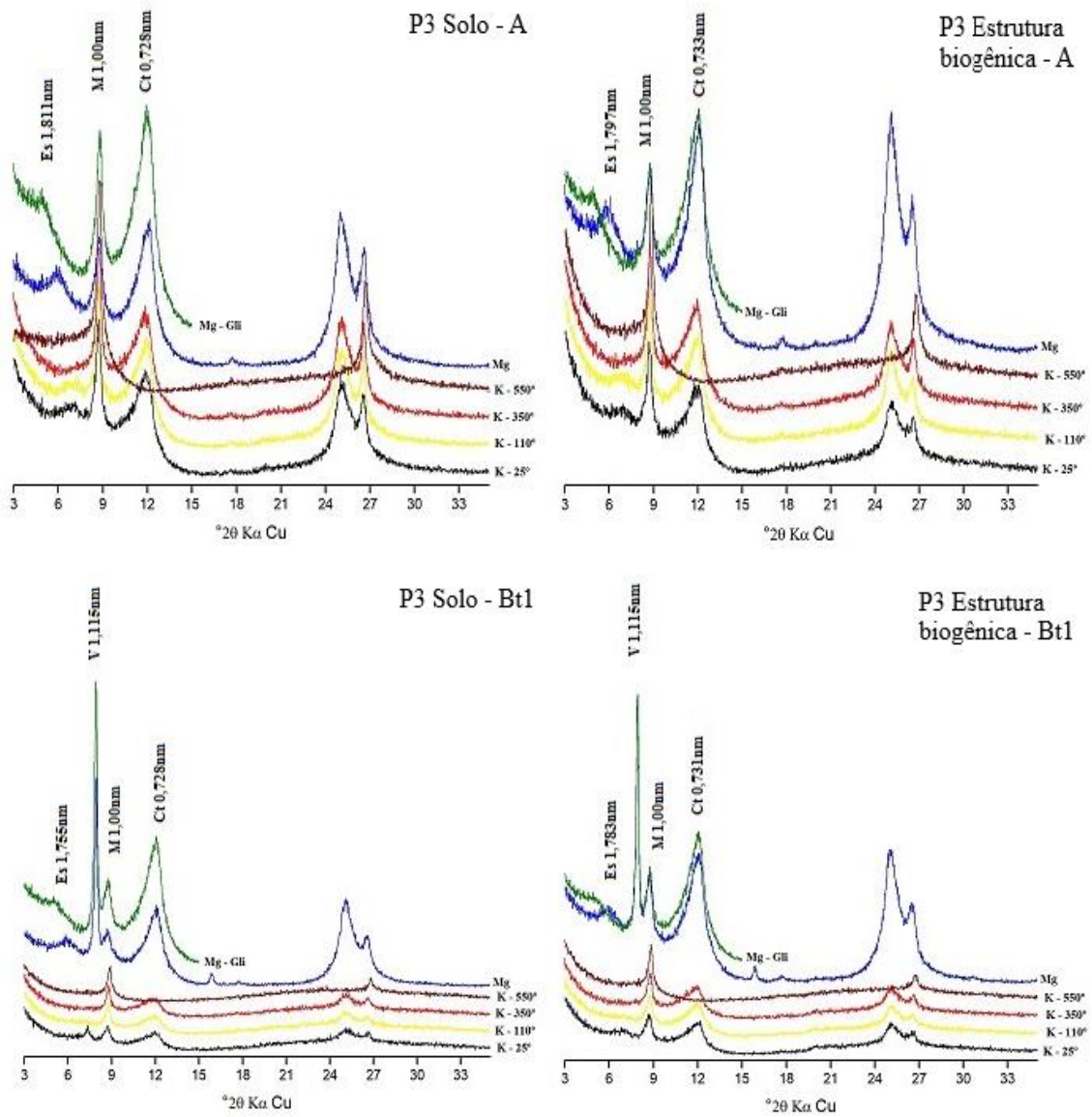


Figura 18 - Mineralogia dos horizontes A e Bt dos tratamentos de argila do solo e das estruturas biogênicas do Perfil 3. Mi- mica; Ct- caulinita; Es- esmectita; V- vermiculita

Tabela 6 - Semiquantificação da porcentagem dos minerais dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos

Horizonte	Caulinita	Vermiculita	Esmectita	Illita	Feldspatos	Quartzo	Goethita + Hematita
(%)							
Solo							
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico							
A	35,9	0,0	0,1	51,6	5,0	2,4	5,0
Bt	43,3	5,2	0,2	33,5	10,1	0,7	7,0
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico							
A	29,0	0,0	0,2	62,1	5,4	0,8	2,5
Bt	35,9	0,0	0,2	39,5	14,9	2,0	7,5
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico							
A	48,1	0,0	1,4	23,7	15,8	1,5	9,5
Bt1	30,9	28,9	0,0	18	12,0	1,5	8,7
Estruturas							
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico							
A	42,6	0,0	0,3	46,2	5,4	1,4	4,1
Bt	48,3	4,1	0,7	34,3	7,3	0,4	4,9
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico							
A	32,7	0,0	0,1	49,0	10,9	1,2	6,1
Bt	32,4	0,0	0,3	38,9	16,1	2,6	9,7
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico							
A	37,1	0,0	0,5	38,0	12,4	0,6	11,4
Bt1	27,8	24,6	0,0	27,6	12,2	0,5	7,3

4.6 Micromorfologia

Os atributos micromorfológicos dos horizontes selecionados estão apresentados na tabela 7. As observações das lâminas delgadas apresentam uma relativa uniformidade quanto à distribuição de seus componentes ao longo dos perfis, indicando um predomínio de materiais finos (Figura 19-A e B, 20-A e 21-A e B).

Em todas as amostras analisadas, quartzo, feldspato e biotita foram os principais minerais identificados na fração grossa dos perfis estudados, com presença também de hornblenda no perfil 3. Já o material fino é constituído predominantemente por material mineral.

No P1, os horizontes analisados (A e Bt), apresentaram um predomínio de material fino, entre 55 e 40 %, com porosidade variando entre 20 e 15 % e material grosso entre 40 e 30 %. Nos dois horizontes o material grosso é composto principalmente por quartzo. Além disso, apresentam também carvões, fragmentos de rocha e raízes. O material fino de ambos os horizontes possui constituição mineral.

Foram observadas feições pedológicas no horizonte Bt (Figura 19-E), com a ocorrência de hiporevestimentos, raros, presentes em canais e com coloração vermelha, assim como nódulos típicos, raros, vermelho-escuro, com presença de quartzo no seu interior e esféricos.

O P2 apresentou um predomínio de material fino, 55 %, material grosso representando 30 % e a porosidade 15 %. O material grosso foi caracterizado como pobremente selecionado e constituído de quartzo, feldspato, biotita, opacos e fragmentos bem preservado de raízes. O material fino possui constituição mineral, é isóptico e límpido e apresenta cor avermelhada.

Com relação às feições pedológicas, foi observada a presença de excrementos antigos de origem biológica dentro de raiz morta, com forma esférica, diâmetro de 25 μm e coloração vermelha (Figura 20-C). Revestimentos crescentes de argila impura, raros e em câmara (Figura 20-D). Preenchimentos de canais, raros (Figura 20-E). Nódulo de ferro típico, opacos, esféricos, raros e com presença de quartzo (Figura 20-F).

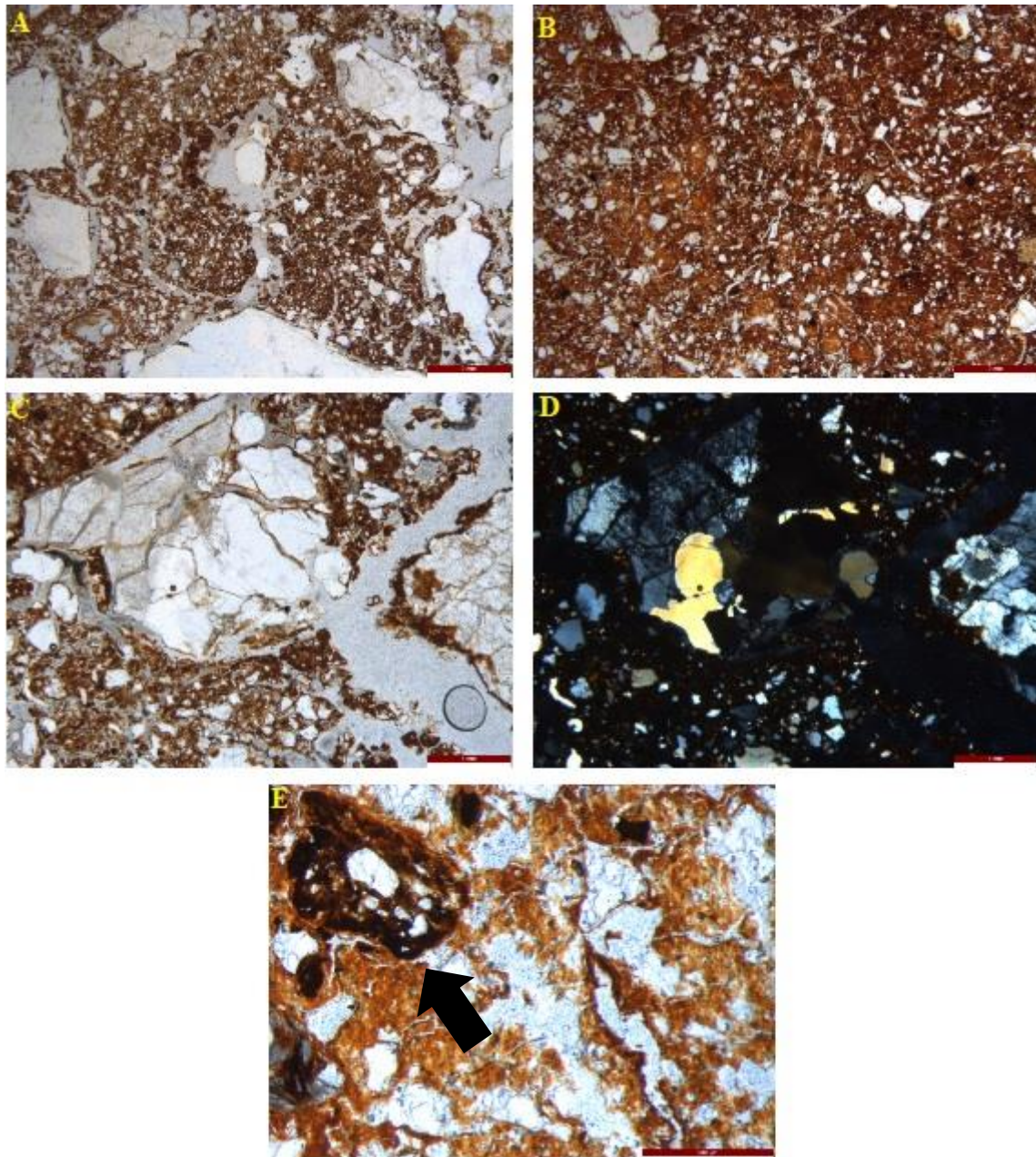


Figura 19 - Fotomicrografias do perfil 1: A- proporção dos componentes do horizonte A; B- proporção dos componentes do horizonte Bt; C e D- fragmento de rocha horizonte A luz polarizada e cruzada; E- nódulo e hiporevestimento horizonte Bt

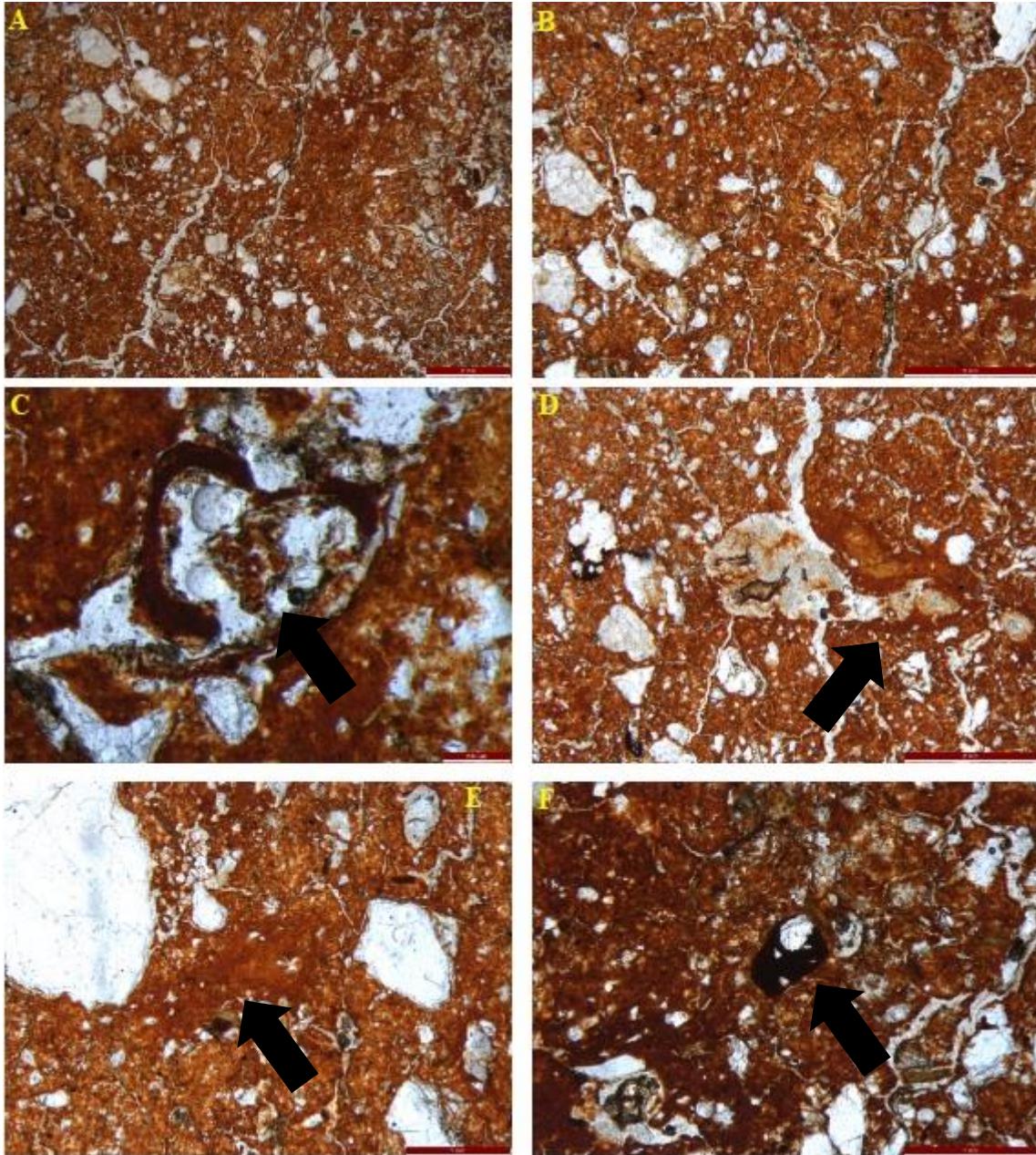


Figura 20 - Fotomicrografias do perfil 2: A- proporção dos componentes; B- microestrutura, C- excrementos de origem biológica; D- revestimento; E- preenchimento de canais; F- nódulos de Fe.

No P3, os horizontes analisados (A e Bt1), apresentaram um predomínio de material fino, 45 %, com porosidade variando entre 20 e 15 % e material grosso entre 45 e 40 %. Nos dois horizontes o material grosso é composto principalmente por quartzo, mas apresenta também feldspatos, biotita, opacos e hornblenda. Além disso, apresentam também carvões, fragmentos de rocha e raízes.

Foram observadas feições pedológicas em ambos os horizontes. No horizonte A foi observado nódulo pseudomórfico, vermelho-escuro (óxido de ferro), esféricos e raros; preenchimento de cavidade esférica e canais biológicos; excrementos biológicos, esféricos, raros, com diâmetro de 40 μm , presente na borda de estrutura biológica, provavelmente raiz morta.

Já no Bt1 foi observado a presença de excrementos biológicos, esféricos, raros, vermelhos, recentes e presentes em raiz morta, com diâmetro de 120 μm (Figura 21-E); preenchimentos ocasionais de canais biológicos, com material semelhante à matriz adjacente (Figura 21-F); preenchimento de estrutura com cavidade esférica de diâmetro de 13,5 mm, formado por material não selecionado e semelhante à matriz adjacente, ocorrendo de forma ocasional e com provável origem biológica (Figura 21-G).

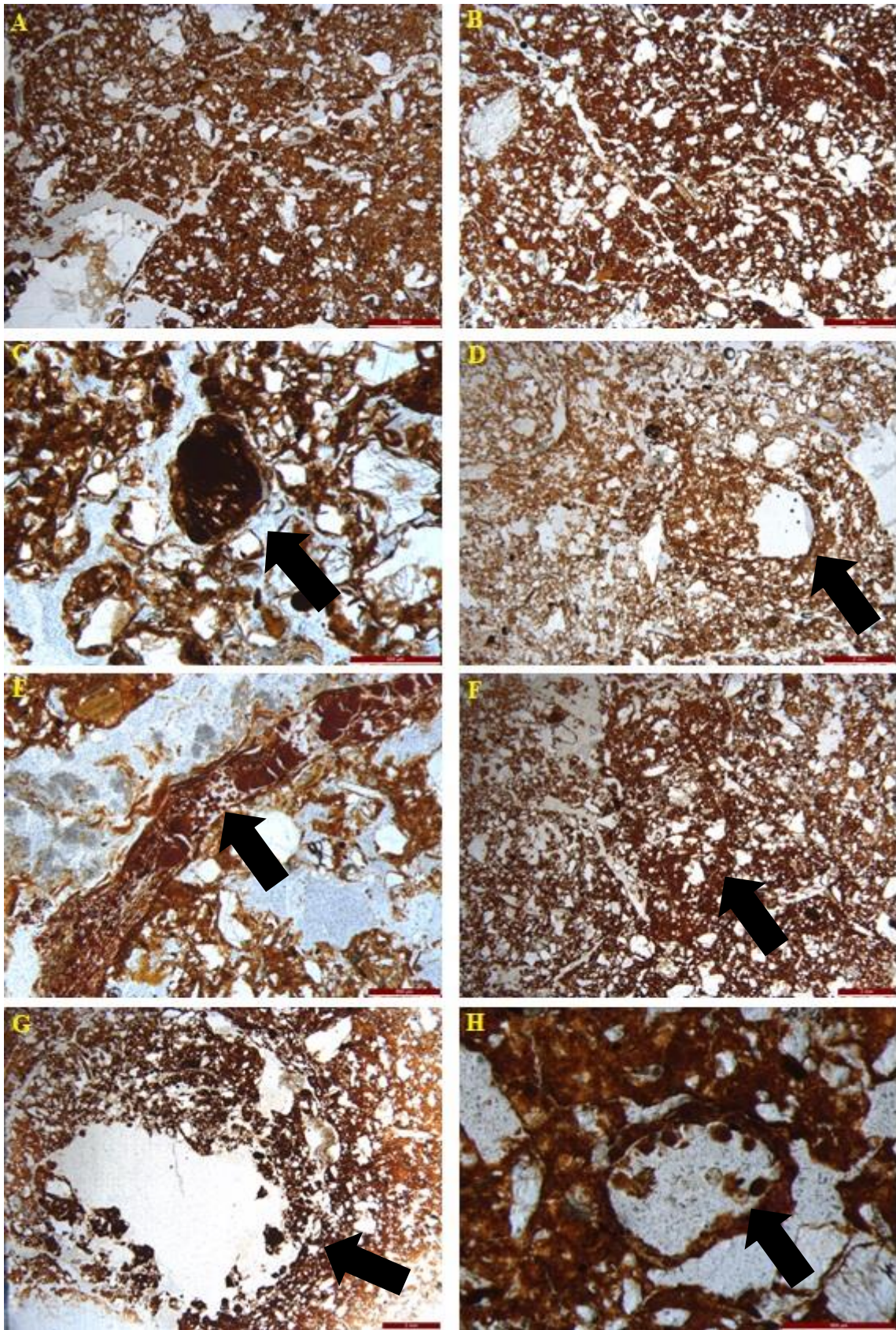


Figura 21- Fotomicrografias do perfil 3: A- componentes do horizonte A; B- componentes do horizonte Bt1; C- nódulo; D- preenchimento canal; E- excremento biológico; F- preenchimento canal biológico; G- preenchimento estrutura biológica; H- excremento biológico.

Tabela 7 - Atributos micromorfológicos dos horizontes estudados

Hor.	Componentes (%)			Material grosso	Material fino	Distribuição relativa	Fábrica birrefringente	Microestrutura	Porosidade	Pedofeição
	MG	MF	P							
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico										
A	40	40	20	Qt; Fd; Bt; FR; R; C	Mineral, bruno avermelhado, manchado, isótico	Porfírica- enaulica	Granoestriada, salpicada granida	BSA e BA	Fissuras, canais, câmaras e cavidades	Ausente
Bt	30	55	15	Qt; Fd; Bt; FR; R; C; O	Mineral, avermelhado, límpido, isótico	Porfírica	Granoestriada, poroestriada, salpicada granida e mosaico	BSA e BA	Fissuras, canais e câmaras	Hiporrevestimento de óxidos de Fe; nódulos de óxidos de Fe
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico										
Bt	30	55	15	Qt; Fd; Bt; FR; R; O	Mineral, avermelhado, límpido, isótico	Porfírica	Frequente: salpicada granida e mosaico; Baixa frequência: granoestriada	BSA e BA	Fissuras, canais, câmaras e cavidades	Nódulo de Fe; excremento biológico; revestimentos de argila; preenchimento de canais
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico										
A	35	45	20	Qt; Fd; Bt; Hb; FR; R; C; O	Mineral, avermelhado, límpido, isótico	Porfírica	Frequente: granoestriada, poroestriada, salpicada granida e mosaico	BA	Fissuras, canais, câmaras e cavidades	Nódulo pseudomórfico óxidos de Fe; preenchimento de canais biológicos e cavidade esférica
Bt1	40	45	15	Qt; Fd; Bt; Hb; FR; R; C; O	Mineral, avermelhado, límpido, isótico	Porfírica	Frequente: salpicada granida e mosaico; muito baixa frequência: granoestriada	BSA	Fissuras, canais, câmaras e cavidades	Excremento biológico; preenchimento de canais biológicos; estrutura biológica

Hor.- horizonte; MG-material grosso; MF- material fino; P- poros; Qt- quartzo; Fd- feldspato; Bt- biotita; Hb- hornblenda; FR- fragmento de rocha; R- raízes; C- carvão; O- opaco; BSA- blocos subangular; BA- bloco angular

5. DISCUSSÕES

5.1 Solo

O intemperismo menos intenso reflete na pouca profundidade e na ocorrência de pedregosidade superficial nos perfis, sendo uma característica comum aos Luvisolos da região semiárida nordestina (MONTEIRO, 2010; OLIVEIRA et al., 2004).

A coloração predominantemente avermelhada encontrada em todos os perfis, se deve ao processo de rubificação e conseqüentemente a presença de hematita nos solos (ver tabela de semiquantificação), que mesmo em baixas concentrações exerce uma grande influência nas propriedades, principalmente na cor (CHEN et al., 2010; SCHWERTMANN, 2008).

A presença de estruturas prismáticas nos horizontes Bt, bem como a presença de slickensides no P1 e alta plasticidade e pegajosidade são resultantes da constituição mineralógica (minerais expansíveis) e da maior atividade da argila, que resultam em ciclos de umedecimento e secagem do solo (BRADY; WEIL, 2013; WILDING; TESSIER, 1988). Esses minerais expansíveis são frequentemente encontrados em solos pouco intemperizados, formados pelo intemperismo de micas (MELO et al., 2009).

A grande proporção de caulinita no solo reflete o clima da região semiárida, que promove a manutenção desse mineral no solo. As condições climáticas atuam na dinâmica da sílica favorecendo sua hidrólise parcial e a remoção parcial de cátions básicos, em um processo denominado de monossilitização (KAMPF; CURI, 2003).

Apesar do C reduzir com a profundidade os valores de CTC permanecem próximos, isso evidencia que em regiões semiáridas a carga dos argilominerais, capazes de cátions trocáveis no complexo de troca, é mais importante para a CTC do solo do que o baixo teor de C encontrado (CORRÊA et al., 2003; JOHNSON; CADY; JAMES, 1962). No entanto, à influência da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes tornam a camada superficial mais rica em nutrientes, o que possivelmente tornou os teores de K^+ maiores nos horizontes superficiais (DUCHAUFOR, 1982).

Com relação ao complexo sortivo, o cálcio e o magnésio representam as principais bases encontradas e são oriundos do intemperismo de minerais menos resistentes, como micas

presente no material de origem (FERREIRA et al., 2016; PARAHYBA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2008).

5.2 Bioturbação e formação das estruturas biogênicas

A ausência de espécies da macrofauna dentro do solo é resultante das condições climáticas extremas encontradas na época seca, nas regiões semiáridas (BRÉVAULT et al., 2007). Além disso, outro fator preponderante é a rápida decomposição da matéria orgânica, que afeta direta ou indiretamente a comunidade da macrofauna do solo (MAIA et al., 2007).

As estruturas esféricas representaram a principal classe das estruturas encontradas. Sua morfologia e distribuição no solo evidencia que não existem aparentes interações entre as estruturas, o que provavelmente descaracteriza a ação de insetos sociais. Tendo em vista que insetos sociais possuem hábito de vida coletivo as estruturas apareçam no sistema a partir das interações entre seus componentes, o que resulta em padrões espaço-temporais (BONABEAU, 1997).

Possivelmente essas estruturas são formadas por organismos com comportamento solitário, como por exemplo, as vespas. Cerca de 90% das espécies de vespas conhecidas possuem comportamento solitário (EVANS; EBERHARD, 1970), onde há independência da fêmea na construção dos ninhos, apresentando assim diversos hábitos de nidificação, onde a maior parcela constrói seus ninhos escavando o solo (KROMBEIN, 1967; O'NEILL, 2001).

Levando em consideração as observações morfológicas, a análise micromorfológica de uma das estruturas biogênicas esféricas, demonstrou que é formada por solo semelhante à matriz e sem qualquer tipo de seleção, o que se opõe aos dados apresentados por Sarcinelli et al. (2009) e Jungerius, Van den Ancker, Múcher (1999). Os autores relatam que formigas e cupins selecionam o solo usado nas suas construções tanto por tamanho de partícula, como também pelo horizonte, podendo ser trazidos de horizontes mais profundos ou mais superficiais, caracterizando ainda mais a ideia de formação por organismos de hábito solitário.

As estruturas esféricas apresentaram uma cavidade interna e em alguns casos com presença de um organismo no seu interior. Segundo O'neill (2001) essas cavidades são células de cria, onde a fêmea aprisiona outros insetos para servirem de alimento, durante todas as fases de desenvolvimento das larvas até a fase adulta.

Matthews e González (2004) trabalhando com vespas, também encontraram estruturas do tipo esféricas, que possuíam cavidade com diâmetro interno semelhante à estrutura biogênica com cavidade encontrada na micromorfologia do P3-Bt1. Os autores ainda afirmam que não há reutilização dos ninhos, o que leva a novas construções a cada ninhada e conseqüentemente justifica a maior quantidade dessas estruturas encontradas no solo.

A estrutura do tipo cilíndrica encontrada no solo, também chamada de crotoquina, são fortes evidências do papel da bioturbação no solo, tendo em vista que são resultantes do preenchimento de canais e tocas criadas por esses organismos ao se movimentar no solo (BORST, 1968).

Como apresentado nos atributos físicos, não há grandes diferenças da granulometria entre os diferentes tipos de amostras, havendo inclusive predomínio de partículas de areia nas estruturas biogênicas. Isso sugere que as estruturas foram formadas pelo retrabalho do solo pelas mandíbulas da macrofauna, com adição de saliva para formação desses agregados (JUNGERIUS; VAN DEN ANCKER; MÜCHER, 1999), tendo em vista que a bioturbação através da ingestão do solo, necessita de uma seleção de partículas de menor granulometria, para facilitar a ingestão, normalmente realizada por cupins e minhocas.

A maior quantidade de areia no substrato utilizado para formação dos agregados deveria resultar em maiores quantidades de C nas estruturas, o que não ocorreu (JOUQUET et al. (2002b). Tal fato é justificado pela intensa e complexa dinâmica que a matéria orgânica tem no solo, onde o retrabalho pela macrofauna acarreta na aceleração da sua decomposição (BINET et al., 1998).

O P2-A possui uma grande porcentagem de cascalho e calhaus (Tabela 3), o que possivelmente interferiu no desenvolvimento das estruturas, onde além de estarem em menor quantidade, também estavam em um grau de desenvolvimento mais fraco, tendendo a uma maior quantidade e melhor desenvolvimento à medida que se aprofundava no perfil.

As estruturas biogênicas possuem uma maior concentração de exsudados e produtos metabólicos, sendo assim a maior intensidade de compostos lábeis no horizonte A das estruturas é favorecido pela atividade microbiana e maior dinâmica de renovação das estruturas na superfície. Enquanto nos horizontes Bt, por serem estruturas possivelmente mais antigas, a maior concentração de compostos aromáticos é resultante da rápida decomposição dos compostos mais lábeis (Figura 12) (SHIPITALO; PROTZ, 1989; LAVELLE et al., 1997).

Os valores de pH das estruturas biogênicas são maiores que os valores encontrados no solo, isso se deve a alta saturação por bases trocáveis nas estruturas biogênicas, especialmente com cálcio, que possivelmente está ocupando o complexo de troca e conseqüentemente reduzindo a quantidade de H^+ e Al^{3+} (MCLAREN; CAMERON, 1996). Portanto, o alto pH é reflexo da alta fertilidade das estruturas biogênicas (SARCINELLI et al., 2009).

Como observado por outros autores e como evidenciado na análise estatística, a alta fertilidade se deve as concentrações de Ca, Mg, K e ocasionalmente ao Na. Esse incremento na fertilidade das estruturas biogênicas em comparação com o solo ocorre devido à redução da lixiviação das estruturas, em virtude da melhor estruturação e menor permeabilidade, ocasionando um “efeito guarda-chuva” (WIELEMAKER, 1984).

6. CONCLUSÃO

Apesar das condições climáticas adversas em boa parte do ano, a ação da macrofauna afeta atributos químicos e micromorfológicos dos Luvisolos estudados.

As estruturas biológicas identificadas nos Luvisolos estudados parecem estar relacionadas à ação de organismo de comportamento solitário, a exemplo de vespas.

Não há indícios da ação de cupins e formigas, agentes biológicos mais comuns no processo de bioturbação.

7. REFERÊNCIAS

- ALI, I.G.; SHERIDAN, G.; FRENCH, J.R.J. Ecological benefits of termite soil interaction and microbial symbiosis in the soil ecosystem. **Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering**, v. 3, p. 63–85, 2013. Disponível em: http://www.scienpress.com/Upload/GEO/Vol%203_4_4.pdf
- ALMEIDA, B. G.; VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. Densidade do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017. p. 65-75.
- ALMEIDA, B.G.; FREITAS, PEDRO LUIZ DE ; TEIXEIRA, W. G. ; VIANA, J. H. M. ; DONAGEMMA, G. K. . Porosidade. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017, v. 1, p. 82-94.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CAB International, 1993. 240 p.
- ANDERSON, M. **Australian termites and nutrient recycling**. Iowa: BIOL, 2005. 394 p.
- ANDRIUZZI, W. S.; PULLEMAN, M. M.; SCHMIDT, O.; FABER, J. H.; BRUSSAARD, L. Anecic earthworms (*Lumbricus terrestris*) alleviate negative effects of extreme rainfall events on soil and plants in field mesocosms. **Plant and Soil**, v. 397, p. 103–113, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2604-4>
- APAC - Agencia Pernambucana de Águas e Climas. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso em abril de 2020.
- ARAÚJO FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. S. B.; MARQUES, F. A.; LOPES, H. L. Solos. In: TORRES, F. S. D. M.; SANTOS PFALTZGRAFF, P. A. D. **Geodiversidade do estado de Pernambuco, Programa Geologia do Brasil**. Recife: CPRM, 2014. Cap. 7, p. 111-135
- BARETTA, D.; BROWN, G.G.; CARDOSO, E.J.B.N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 135-150, 2010. <https://doi.org/10.21829/azm.2010.262883>
- BARETTA, D.; SANTOS, J. P. C.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRAFILHO, L. C. L.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. **Tópicos em Ciências do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p. 141-192, 2011.
- BAROIS, I.; VILLEMEN, G.; LAVELLE, P.; TOUTAIN, F. Transformation of the soil structure through *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta) intestinal tract. **Geoderma**, v. 56, p. 1-4, 1993. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(93\)90100-Y](https://doi.org/10.1016/0016-7061(93)90100-Y)
- BARRIOS, E. Soil biota, ecosystem services and land productivity. **Ecological Economics**, v. 64, p. 269–285, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.004>
- BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and

agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, p. 273–280, 2003.
<https://doi.org/10.1078/0031-4056-00190>

BINET, F.; FAYOLLE, L.; PUSSARD, M.; CRAWFORD, J.J.; TRAINA, S.J.; TUOVINEN, O.H. Significance of earthworms in stimulating soil microbial activity. **Biology and Fertility of Soils**. v.27, p.79-84, 1998. <https://doi.org/10.1007/s003740050403>

BISCAYE, P. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. **Geological society of america bulletin**, v. 76, p. 806-832, 1965. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1965\)76\[803:MASORD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1965)76[803:MASORD]2.0.CO;2)

BOHLEN, P.J.; GROFFMANN, P. M.; FAHEY, T.J.; FISK, M.C.; SUÁREZ, E.; PELLETIER, D.M.; FAHEY, R. T. Ecosystem consequences of exotic earthworm invasion of north temperate forests. **Ecosystems**, v. 7, p. 1–12, 2004. <https://doi.org/10.1007/s10021-003-0126-z>

BONABEAU, E.; THERAULAZ, G.; DENEUBOURG, J.L.; ARON, S.; CAMAZINE, S. Self-organization in social insects. **Trends in Ecology & Evolution**, v.12, p.188–193, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(97\)01048-3](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01048-3)

BONACHELA, J.A.; PRINGLE, R.M.; SHEFFER, E.; COVERDALE, T.C.; GUYTON, J.A.; CAYLOR, K.K.; LEVIN, S.A.; TARNITA, C.E. Termite mounds can increase the robustness of dry land ecosystems to climatic change. **Science**, v. 347, p. 651–655, 2015.
<https://doi.org/10.1126/science.1261487>

BORST, G. **The occurrence of crotovinas in some southern Californian soils**. Adelaide: Transactions of the 9th International Congress Soil Science. v.2, p.19–27, 1968.

BOSSUYT, H.; SIX, J.; HENDRIX, P.F. Interactive effects of functionally different earthworm species on aggregation and incorporation and decomposition of newly added residue carbon. **Geoderma**, v. 130, p. 14-25, 2005.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.01.005>

BRADY, N. C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. São Paulo: Bookman, 2013, p.127.

BRÉVAULT, T.; BIKAY, S.; MALDE'S, J.M.; NAUDIN, K. Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. **Soil & Tillage Research**, v.97, p.140-149, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.09.006>

BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1976. p. 482.

BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. **X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification**. In: _____. London: Mineralogical Society, 1980. 305-360 p.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. **Handbook for soil thin section description**. Waine Research Publications, Wolverhampton, 1985. 152 p.

CAMPOS, D. V. B.; TEIXEIRA, P. C. ; PERES, D. V. ; SALDANHA, M. F. C. . ACIDEZ POTENCIAL DO SOLO. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.;

TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2017. 233-237 p.

CASTRO JÚNIOR, P. R. **Dinâmica da água em campos de Murundus do planalto dos Parecis**. 2002. 193 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo – São Paulo, 2002.

CHEN, T.; XIE, Q.; XU, H.; CHEN, J.; JI, J.; LU, H.; BALSAM, W. Characteristics and formation mechanism of pedogenic hematite in Quaternary Chinese loess and paleosols. **Catena**, v. 81, p. 217–225, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.04.001>

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; RUIZ, H. A.; MENDONÇA, E.S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos da região das Várzeas de Sousa-PB. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 311-324, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000200011>

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Serra Talhada, estado de Pernambuco**. Recife, CPRM/PROODEEM, 2005.

DARWIN, C. **The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits**. Londres: Agricultural Research Institute, 1881. 326 p.

DAVIDSON, D.A.; BRUNEAU, P.M.C.; GRIEVE, I.C.; YOUNG, I.M. Impacts of fauna on an upland grassland soil as determined by micromorphological analysis. **Applied Soil Ecology**, v.20, p. 133-143, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00017-3](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00017-3)

DICKINSON, C. H.; PUGH, G. J. F. **Biology of plant litter decomposition**. London, New York: Academic Press, 2012.

DOKUCHAEV, V.V. **Russian Chernozem**. In Selected Works of V.V. Dokuchaev. Moscow: Israel Program for Scientific Translations Ltd, 1883. p.419

DOMÍNGUEZ-HAYDAR, Y.; CASTAÑEDA, C.; RODRÍGUEZ-OCHOA, R.; JIMÉNEZ, J.J. Assessment of soil fauna footprints at a rehabilitated coal mine using micromorphology and near infrared spectroscopy (NIRS). **Geoderma**, v. 313, p. 135-145, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.032>

DUCHAUFOR, P.H. **Pedology: Pedogenesis and classification**. 1982. p.448.

EVANS, H.E.; EBERHARD, M.J.W. **The wasps**. Michigan: The University of Michigan Press, 1970. p. 188

EVANS, T. A.; DAWES, T. Z.; WARD, P. R.; LO, N. Ants and termites increase crop yield in a dry climate. **Nature Communication**, v. 262, p. 1-7, 2011. <https://doi.org/10.1038/ncomms1257> (2011)

FERREIRA, J.T.P.; RIBEIRO FILHO, M.R; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; BITTAR, S.M.B.; SANTOS, R.G. Planosols Developed in Different Geoenvironmental Conditions in Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 202-209, 2016. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20150131>

FITZPATRICK, E.A. **Soil microscopy and micromorphology**. New York: John WileySons, 1993. 304 p.

FLEMING, P.A.; ANDERSON, H.; PRENDERGAST, A.S.; BRETZ, M.R.; VALENTINE, L.E. Is the loss of Australian digging mammals contributing to a deterioration in ecosystem function?. **Mammal Review**, Oxford, v. 44, p. 94-108, 2014.
<https://doi.org/10.1111/mam.12014>

FONTANA, A.; VIANA, J. H. M.; DONAGEMMA, G. K.; ALMEIDA, B. G.; CORREA, J. C. O.; OLIVEIRA, E. M. Preparo de amostras e separação de terra fina, cascalho e calhaus. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017. 21-28 p.

GEE, G.W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C., eds. **Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods, Soils Science Society of America**, Book Series, n. 598, p. 255-293, 2002.

HARIT, A.; SHANBHAG, R.; CHAUDHARY, E.; CHEIK, S.; JOUQUET, P. Properties and functional impact of termite sheetings. **Biology and Fertility of Soils**, v.53, p.743-749, 2017.
<https://doi.org/10.1007/s00374-017-1228-7>

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento Brasil**. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso em setembro de 2020.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis: advance Course**. (29. ed.) Madison: University of Wisconsin, 1975. 895 p.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw Hill, 1941. 281 p.

JENNY, H. **The Soil Resource: Origin and Behavior**. New York: Springer-Verlag, 1980. 404 p.

JOHNSON, D.L.; SCHAETZL, R.J. Differing views of soil and pedogenesis by two masters: Darwin and Dokuchaev. **Geoderma**, v. 237-238, p. 176-189, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.020>

JOHNSON, W.M.; CADY, J.G.; JAMES, M.S. Characteristics of some Brown Grumusols of Arizona. **Soil Science Society of America**, v. 27, p. 389-393, 1962. <https://doi.org/10.2136/sssaj1962.03615995002600040023x>

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as Ecosystem Engineers. **Oikos**, v. 69, n. 3, p. 373, 1994. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4018-1_14

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers what is the ecological role of a tree in a forest? **Ecology**, v. 78, p. 1946–1957, 1997. <https://doi.org/10.2307/2265935>

JOUQUET, P.; BOTTINELLI, N.; LATA, J.C.; MORA, P.; CAQUINEAU, S. Role of the fungus-growing termite *Pseudacanthotermes spiniger* (Isoptera, Macrotermitinae) in the dynamic of clay and soil organic matter content. An experimental analysis. **Geoderma**, v. 139, p. 127-133, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.01.011>

JOUQUET, P.; CHINTAKUNTA, S.; BOTTINELLI, N.; SUBRAMANIAN, S.; CANER, L. The influence of termites on soil macro- and micro-aggregates varies with soil properties. **Applied Soil Ecology**, v. 101, p. 117–123, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.02.001>

JOUQUET, P.; DAUBER, J.; LAGERLOF, J.; LAVELLE, P.; LEPAGE, M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops. **Applied Soil Ecology**, v.32, p.153-164, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.07.004>

JOUQUET, P.; GUILLEUX, N.; CHINTAKUNTA, S; MENDEZ, M.; SUBRAMANIAN, S.; SHANBHAG, R. R. The influence of termites on soil sheeting properties varies depending on the materials on which they feed. **European Journal of Soil Biology**, v. 69, p. 74 – 78, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.05.007>

JOUQUET, P.; LEPAGE, M.; VELDE, B. Termite soil preferences and particle selections: strategies related to ecological requirements. **Insectes Sociaux**, v.49, p. 1-7, 2002b. <https://doi.org/10.1007/s00040-002-8269-z>

JOUQUET, P.; MAMOU, L.; LEPAGE, M.; VELDE, B. Effect of termites on clay minerals in tropical soils: fungus-growing termites as weathering agents. **European Journal of Soil Science**, v.53, p.521-528, 2002a. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00492.x>

JOUQUET, P.; JANEAU, J. L.; PISANO, A.; TRAN SY, H.; LARANJA, D.; LUU THI NGUYET, M.; VALENTIN, C. Influence of earthworms and termites on runoff and erosion in a tropical steep slope fallow in Vietnam: a rainfall simulation experiment. **Applied Soil Ecology**, v. 61, p. 161-168, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.04.004>

JUILLERET, J.; DONDEYNE, S.; VANCAMPENHOUT, K.; DECKERS, J.; HISSLER, C.; Mind the gap: a classification system for integrating the subsolum into soil surveys. **Geoderma**, v. 264, p. 332-339, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.031>

JUNGERIUS, P.D.; VAN DEN ANCKER, J.A.M.; MÜCHER, H.J. The contribution of termites to the microgranular structure of soils on the Uasin Gishu Plateau, Kenya. **Catena**, V.34, p.349-363, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(98\)00106-4](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00106-4)

KAISER, D.; LEPAGE, M.; KONATÉ, S.; LINSENMAIR, K. E. Ecosystem services of termites (Blattoidea: Termitoidea) in the traditional soil restoration and cropping system Zaï in northern Burkina Faso (West Africa). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 236, p. 198-211, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.023>

KÄMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J.C.; REZENDE, S.B. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.3, p. 1-54, 2003.

KASCHUK, G.; SANTOS, J. C. P.; ALMEIDA, J. A. .; SINHORATI, D. C.; BERTON-JUNIOR, J. F. Termite activity in relation to natural grassland soil attributes. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 583–588, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000600013>

KOOISTRA, M.J.; PULLEMAN, M.M. Features related to faunal activity. In: STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. 2.ed. Amsterdã: Elsevier, 2010. p. 397-418.

KROMBEIN, K.V. **Trap-nesting wasps and bees: Life histories, nests and associates**. Washington: Smithsonian, 1967. p.569

KUBIËNA, W.L. The role and mission of micromorphology and microscopic biology in modern soil Science. In: JONGERIUS, A. **Soil Micromorphology**, Amsterdã: Elsevier, 1964. p. 113.

LANGENBACH, T.; INACIO, M.V.S.; AQUINO, A. M.; BRUNNINGER, B. Effects of earthworm *Pontoscolex corethrus* on distribution of acaricida dicofol in a Podzolic soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1663–1668, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002001100019>

LAVELLE, P., SPAIN, A. . **Soil Ecology**. Amsterdã: Kluwer Academic Publishers, 2001. 654 p.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, p. 159-193, 1997. Disponível em: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_51-52/010015216.pdf

LOPEZ-HERNÁNDEZ, D.; LAVELLE, P.; FARDEAU, J.C.; NIÑO, M. Phosphorus transformations in two P-sorption contrasting tropical soils during transit through *Pontoscolex corethrus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p.789-792, 1993. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90124-T](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90124-T)

LUMSDON, D.G., FRASER, A.R. Infrared spectroscopic evidence supporting heterogeneous site binding models for humic substances. **Environmental Science & Technology**, v.39, p.6624–6631, 2005. <https://doi.org/10.1021/es050180i>

MACLAREN, R.G.; CAMERON, K.C. **Soil Science: sustainable production and environmental protection**. (2°ed.). Auckland: Oxford University Press, 1996. p. 324.

MAIA, S.M.; XAVIER, F.A.Z.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J.A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.71, p.127-138, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10457-007-9063-8>

MARINISSEN, J.C.Y.; DEXTER, A.R. Mechanisms of stabilization of earthworm casts and artificial casts. **Biology and Fertility of Soils**, v.9, p. 163-167, 1990. <https://doi.org/10.1007/BF00335801>

MARTIN, A. Short- and long-term effects of the endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. **Biology and Fertility of Soils**, v.11, p. 234-238, 1991. <https://doi.org/10.1007/BF00335774>

MATTHEWS, R.W.; GONZÁLEZ, J.M. Nesting biology of *Zeta argillaceum* (Hymenoptera: Vespidae: Eumeninae) in southern Florida, U.S. **Florida Entomologist**, v.87, p.37-40, 2004. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0037:NBOZAH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0037:NBOZAH]2.0.CO;2)

MCKEAGUE, J.A.; DAY, J. Dithionite- and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 46, p. 13-22, 1966. <https://doi.org/10.4141/cjss66-003>

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite–citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: **Clays and Clay Minerals**. London. v.7 , 1960. p. 317-327.

MELO, V.F.; MATTOS, J.M.S.M.; LIMA, V.C. Methods for concentration of minerals in the clay fraction 2:1 side seeking their identification by X-ray diffraction. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 527-539, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000300006>

MONTEIRO, C. A. Domínios e províncias nos quadros de natureza brasileira, na visão de Ab'Sáber. In: MODENESIGAUTTIERI, M. C.; BARTORELLI, A.; MANTESSO-NETO, V.; CARNEIRO, C. D. R. & LISBOA, M. B. DE A. **A Obra de Aziz Nacib Ab'Sáber**. (1.ed.) São Paulo: Beca- Ball Edições Ltda. p. 329 -333, 2010.

MOORE, D. M.; REYNOLDS, R. C. **X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals**. Oxford: University Press, 1989. 332 p.

MURPHY, C.P. **Thin section preparation of soils and sediments**. Berkhamsterd: Academic Publishers, 1986. p.145.

NIEMINEN, M.; HURME, T.; MIKOLA, J.; REGINA, K.; NUUTINEN, V. Impact of earthworm *Lumbricus terrestris* living sites on the greenhouse gas balance of no-till arable soil. **Biogeosciences**, v. 12, p. 5481-5493, 2015. <https://doi.org/10.5194/bg-12-5481-2015>

O'NEILL, K.M. **Solitary wasps: behaviour and natural history**. New York: Comstock Publishing Associates, 2001. p. 406

OLIVEIRA, C.V.; KER, J.C.; DUARTE, M.N.; CURI, N.; FONTES, L. E. F. Atributos micromorfológicos de solos do Projeto Jaíba, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 24, p. 117–128, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000100014>

OLIVEIRA, L.B.; RIBEIRO, M.R.; KER, J.C.; FONTES, M.P.F.; LANI, J.L. Solos Brunos não cálcicos do Nordeste Brasileiro: Revisão das características e de sua classificação no sistema brasileiro de classificação de solos. In: MENDONÇA, E.S.; XAVIER, F.A.S.; LIBARDI, P.L.; ASSIS JR., R.N. & OLIVEIRA, T.S., orgs. **Solo e água: Aspectos de uso e manejo com ênfase no semiárido nordestino**. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. p.325-346. 2004.

PARAHYBA, R.B.V.; SANTOS, M.C.; ROLIM NETO, F.C. Evolução quantitativa de Planossolos do agreste do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 991-999, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400023>

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. **Introdução à Espectroscopia**. Boston: Cengage Learning, 2010. p.716.

PULLEMAN, M.M., SIX, J.; VAN BREEMEN, N.; JONGMANS, A.G. Soil organic matter distribution and microaggregate characteristics as affected by agricultural management and earthworm activity. **European Journal of Soil Science**, v. 56, p. 453-467, 2005a. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2004.00696.x>

PULLEMAN, M.M.; SIX, J.; UYL, A.; MARINISSEN, J.C.Y.; JONGMANS, A.G. Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate

formation in agricultural soils. **Applied Soil Ecology**, v.29, p. 1-15, 2005b.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.10.003>

ROBERSON, E.B.; SARIG, S.; SHENNAN, C.; FIRESTONE, M.K. Nutritional management of microbial polysaccharide production and aggregation in an agricultural soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 59, p. 1587-1594, 1995.
<https://doi.org/10.2136/sssaj1995.03615995005900060012x>

SAKO, A.; MILLS, A.J.; ROYCHOUDHURY, A.N. Rare earth and trace element geochemistry of termite mounds in central and northeastern Namibia: Mechanisms for micro-nutrient accumulation. **Geoderma**, v.153, p. 217-230, 2009.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.08.011>

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

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 102 p.

SARCINELLI, T.S.; SCHAEFER, C.E.G.R.; ARATO, H.D.; LYNCH, L.S.; VIANA, J. H.M.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. Chemical, physical and micromorphological properties of termite mounds and adjacent soils along a toposequence in Zona da Mata, Minas Gerais State, Brazil. **Catena**, v.76, p.107-113, 2009.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.10.001>

SATCHELL, J.E. **Earthworm Ecology: From Darwin to Vermiculture**. Londres: Chapman & Hall, 1983. p. 495.

SCHAEFER, C. E. G. R.. The B horizon microstructure of brazilian Latosols as long-term biotic constructs. **Australian Journal of Soil Research**, v. 39, p. 909-926, 2001.
<https://doi.org/10.1071/SR00093>

SCHRADER, S.; ZHANG, H. Earthworm casting: stabilization or destabilization of soil structure?. **Soil Biochemistry**, v. 29, p. 469-475, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00103-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00103-4)

SCHWERTMANN, U. Iron oxides. In: Chesworth, W. **Encyclopedia of soil science**. Amsterdã: Springer, 2008, 363-369 p.

SHIPITALO, M.J.; PROTZ, R. Chemistry and micromorphology of aggregation in earthworm casts. **Geoderma**, v. 45, p. 357-374, 1989. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(89\)90016-5](https://doi.org/10.1016/0016-7061(89)90016-5)

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Spectrometric identification of organic compounds**. Nova Jersey: John Wiley & sons, 2005. p.502.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: Wiley, 1994. p.496.

STOOPS, G. **Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections**. Madison: Soil Science Society of America, 2003. p. 184.

SWIFT, M.J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F.M. DE S.; HUISING, J. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Ed.). **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: UFLA, 2010. 23–41 p.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwel, 1979. 372 p.

TAN, K. H. **Soil sampling, preparation, and analysis**. Nova York: Marcel Dekker, 1996. p.278-298.

TEIXEIRA, P.C. ; CAMPOS, D.V.B. ; BIANCHI, S.R. ; PERES, D.V. ; SALDANHA, M. F. C. . CÁTIONS TROCÁVEIS. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2017. 209-232 p.

TEIXEIRA, P.C.; CAMPOS, D.V.B.; SALDANHA, M.F.C.; PERES, D.V. Complexo sortivo do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017. 240-244 p.

TEIXEIRA, P.C.; CAMPOS, D.V.B. ; SALDANHA, M.F.C. pH do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017. 199-202 p.

VIANA, J.H.M.; TEIXEIRA, W.G.; DONAGEMMA, G.K. Densidade das partículas. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Analises de Solo**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017. 76-81 p.

WACHENDORF, C.; POTTHOFF, M.; LUDWIG, B.; JOERGENSEN, R.G. Effects of addition of maize litter and earthworms on C mineralization and aggregate formation in single and mixed soils differing in soil organic carbon and clay content. **Pedobiologia**, v. 57, p. 161-169, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2014.03.001>

WIELEMAKER, W.G. **Soil formation by termites, a study in the Kisii area, Kenya**. 1984. Tese, Agricultural University. Wageningen, 1984.

WILDING, L.P.; TESSIER, D. Vertisols: **Their distribution, properties, classification and management**. Texas: Texas A&M University Printing Centre, 1988. p.55–79.

APÊNDICE A - Dados morfológicos e analíticos dos perfis

A- DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 1

DATA: 04/09/2019

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico

LOCALIZAÇÃO: 800 metros após a ponte do rio Cachoeira virar à direita na BR 232 sentido Santa Rita, segue por 4,7 km e pega estrada de barro a esquerda por 0,5 km, logo após à direita por 0,6 km e por fim vira a esquerda e segue por 200 m. 07°57'39"S e 38°21'51,1"W.

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Terço inferior com declividade entre 3-8%.

ALTITUDE: 463 metros (GPS)

LITOLOGIA: Muscovita-biotita gnaisse às vezes granadífero, biotita gnaisse, muscovita xisto, incluindo calcário cristalino, quartzito, e metavulcano-clástica.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Complexo São Caetano

MATERIAL DE ORIGEM: Produto de alteração do material cristalino.

PEDREGOSIDADE: Pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado e plano.

EROSÃO: Laminar ligeira.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO LOCAL: Caatinga hiperxerófila.

VEGETAÇÃO REGIONAL: Caatingueira, marmeleiro, pereiro, angico, jurema branca, espinheiro, cactos (xique xique), pinhão, quipá, mandacaru, coroa de frade, juazeiro, aroeira.

USO ATUAL: Vegetação nativa natural.

CLIMA: BSh, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: José Coelho de Araújo Filho, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Jean Cheyson Barros dos Santos, Márlon da Silva Ribas.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A (0-8 cm) – Vermelho escuro acinzentado (2,5YR 3/2, úmido) e bruno-avermelhada (2,5 YR 4/4, seca); franco-arenosa; fraca e moderada, pequena e média, bloco subangular e angular, dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; clara e plana.

Bt (8-30 cm) – Vermelho (2,5YR 4/6, úmida) e bruno-avermelhada (2,5 YR 4/6, seca); argilo-arenosa; fraca e moderada, média e grande, prismática, bloco subangular e angular, muito dura e extremamente dura, friável e firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Btv (30-60 cm) – Vermelho (2,5YR 4/6 e 5/6, úmida e seca); mosqueados de cor (2,5 YR 2,5/1), comuns, pequenos e distintos; argila; fraca e moderada, média e grande, prismática, bloco subangular e angular, extremamente dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Cv (60-90 cm) – Bruno (7,5YR 4/4, úmida); mosqueados de cor (2,5 YR 2,5/1), comuns, pequenos e distintos; franco-siltosa; maciça, fraca e moderada, média e grande, prismática, extremamente dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição clara e ondulada.

Cr (90-110 cm) - Saprólito de rocha metamórfica provavelmente derivado de xisto ou paragnaisse, com fenocristais de feldspatos-K caulinizados com espessura maior que 2 cm. Cinzento-bruno-claro (10YR 6/2, seca), com presença de mosqueados comuns, pequenos, distintos e proeminentes com coloração escura (5YR 2,5/1). A cor evidencia a formação de minerais secundários 2:1. Textura fanerítica e estrutura xistosa fraca, com consistência muito alterada.

Raízes – Muitas e finas, poucas e médias no horizonte A, comuns, muito finas e finas no Bt, poucas, muito finas e finas no Btv, raras e muito finas no Cv e raras no Cr.

OBSERVAÇÕES:

1. No horizonte Btv, presença de superfícies de compressão, algumas cuneiformes e slickensides.
2. Slickenside comuns e moderados no horizonte C.
3. Presença de óxidos de manganês.
4. Poros: muitos e muito pequenos, comuns e pequenos nos horizontes A, Bt e Btv, muitos e muito pequenos, poucos e pequenos no Cv. Fissuras interxistossidade grandes (5-10 cm de comprimento) e comuns, presença de canais muito pequenos e poucos no horizonte Cr.

C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizontes		Cascalho e calhaus (> 2mm)	TFSA (< 2mm)	Composição granulométrica da TFSA (g.Kg ⁻¹)			Densidade (g.cm ⁻³)		P (%)
Prof. (cm)		(%)	(%)	Areia	Silte	Argila	Solo	Partícula	
A	0-8	17	83	520	330	150	1,57	2,45	36
Bt	8-30	10	90	447	128	425	1,69	2,48	32
Btv	30-60	4	96	277	148	575	1,76	2,44	28
Cv	60-90	3	97	377	523	100	1,83	2,42	24
Cr	90-110	4	96	682	168	150	1,84	2,60	29

Horizonte		pH (1:2,5)		Complexo Sortivo (cmol.c.kg ⁻¹)									P (mg.Kg ⁻¹)	C N (g.Kg ⁻¹)		¹³ C	¹⁵ N	V (%)
Prof. (cm)		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S.B.	Al ³⁺	H+Al	(T)	CTCr						
A	0-8	6,55	5,44	7,96	3,50	0,68	0,06	12,20	N.D.	1,93	14,13	94	7,80	23,47	2,10	-24,31	7,42	86
Bt	8-30	6,89	5,00	7,01	2,08	0,21	0,08	9,38	N.D.	2,67	12,05	28	4,87	8,07	0,78	-16,90	9,40	77
Btv	30-60	6,67	4,22	10,15	8,07	0,10	0,44	18,76	N.D.	3,66	22,42	39	4,82	5,57	0,49	-12,24	10,31	83
Cv	60-90	6,05	5,06	11,90	7,04	0,12	0,65	19,71	N.D.	1,10	20,81	208	5,84	3,41	0,30	-13,55	9,79	94
Cr	90-110	6,56	5,29	6,13	3,48	0,12	0,54	10,27	N.D.	0,61	10,88	73	177,07	0,97	0,09	-17,88	8,12	94

A- DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 2

DATA: 05/09/2019

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico

LOCALIZAÇÃO: 800 metros após a ponte do rio Cachoeira virar à direita na BR 232 sentido Santa Rita, segue por 4,7 km e pega estrada de barro a esquerda por 0,5 km, logo após à direita por 0,6 km e por fim vira a esquerda e segue por 200 m. 07°57'39,1"S e 38°21'51,5"W.

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Terço inferior com declividade entre 3-8%.

ALTITUDE: 471 metros (GPS)

LITOLOGIA: Muscovita-biotita gnaisse às vezes granadífero, biotita gnaisse, muscovita xisto, incluindo calcário cristalino, quartzito, e metavulcano-clástica.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Complexo São Caetano

MATERIAL DE ORIGEM: Produto de alteração do material cristalino.

PEDREGOSIDADE: Pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado e plano.

EROSÃO: Laminar ligeira.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO LOCAL: Caatinga hiperxerófila.

VEGETAÇÃO REGIONAL: Caatingueira, marmeleiro, pereiro, angico, jurema branca, espinheiro, cactos (xique xique), pinhão, quipá, mandacaru, coroa de frade, juazeiro, aroeira.

USO ATUAL: Vegetação nativa natural.

CLIMA: BSh, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: José Coelho de Araújo Filho, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Jean Cheyson Barros dos Santos, Márlon da Silva Ribas.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A (0-8 cm) – Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmido) e (5 YR 4/4, seca); franco argilo-arenosa; fraca e moderada, pequena e média, bloco subangular e granular, dura e muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

Bt (8-32 cm) – Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmida) e vermelha escura (2,5 YR 3/6, seca); argilo-arenosa; fraca e moderada, média e pequena, prismática, bloco subangular e angular, muito dura e extremamente dura, friável e firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

BC (32-50 cm) – Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmida) e vermelha (2,5 YR 4/6, seca); argila; fraca e moderada, média e pequena, prismática, bloco subangular e angular, extremamente dura e muito dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana; cerosidade.

C (50-80 cm) – Vermelha (2,5 YR 4/6, úmida) e vermelha (2,5 YR 4/8, seca); mosqueados de cor (2,5 YR 2,5/1), abundante, pequeno e distintos; argila; fraca, média e pequena, prismática, bloco subangular e angular, dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e ondulada; cerosidade.

Cr (80-130* cm) - Saprólito de rocha metamórfica provavelmente derivado de xisto ou paragnaisse, com bandeamento leucocrático composto por quartzo e feldspato-K de 3 a 8 cm. Cinzento-bruno-claro (10YR 6/2, seca), com presença de mosqueados comuns, pequenos, distintos e proeminentes com coloração escura (5YR 2,5/1). Textura fanerítica e estrutura xistosa moderada, com consistência moderadamente alterada.

Raízes – Muitas, comuns e muito finas no horizonte A, poucas, muito finas, finas no Bt, poucas, comuns e muito finas, raras e finas no BC, comuns e muito finas no C e raras no Cr.

OBSERVAÇÕES:

1. Presença de veios de minerais resistentes (quartzo e feldspato-K) de 5 a 10 cm de espessura, de forma inclinada, desde a base até o topo do perfil.
2. Presença de cascalho e calhaus de quartzo, espalhados na superfície do horizonte A e no interior do horizonte Bt.
3. Presença de raras estruturas cuneiformes no horizonte Bt.
4. A porosidade é dinâmica, variando com o grau de umidade do solo.
5. Poros: muitos e muito pequenos, poucos e pequenos no horizonte A, muitos e muito pequenos, comuns e pequenos no Bt, muitos e muito pequenos, poucos e pequenos no BC, muitos e muito pequenos, poucos e pequenos no Cv. Fissuras interxistossidade grandes (5-10 cm de comprimento) e comuns, presença de canais muito pequenos e poucos no horizonte Cr.

C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizontes	Prof. (cm)	Cascalho e calhaus (> 2mm)	TFSA (< 2mm)	Composição granulométrica da TFSA (g.Kg ⁻¹)			Densidade (g.cm ⁻³)		P (%)
		(%)	(%)	Areia	Silte	Argila	Solo	Partícula	
A	0-8	50	50	560	140	300	1,47	2,42	39
Bt	8-32	37	63	471	104	425	1,58	2,45	36
Bc	32-50	29	71	389	161	450	1,59	2,45	35
C	50-80	18	82	311	214	475	1,36	2,47	45
Cr	80-130	5	95	494	281	225	1,41	2,50	44

Horizonte	Prof. (cm)	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo (cmol _c .kg ⁻¹)									P (mg.Kg ⁻¹)	C (g.Kg ⁻¹)	N (g.Kg ⁻¹)	¹³ C	¹⁵ N	V (%)
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S.B.	Al ³⁺	H+Al	(T)	CTCr						
A	0-8	6,45	5,53	9,65	2,59	0,79	0,07	13,10	N.D.	1,84	14,94	50	7,80	15,76	1,43	-25,23	8,09	87
Bt	8-32	6,57	5,07	8,05	2,83	0,19	0,05	11,12	N.D.	2,34	13,47	32	4,79	9,77	0,82	-26,61	8,98	82
Bc	32-50	6,41	4,50	10,20	3,69	0,08	0,10	14,07	N.D.	2,59	16,65	37	4,81	5,32	0,55	-18,79	9,90	84
C	50-80	5,98	4,26	9,04	4,84	0,08	0,18	14,14	N.D.	3,16	17,31	36	5,31	4,61	0,50	-13,85	10,40	81
Cr	80-130	6,01	4,01	11,56	4,79	0,08	0,26	16,69	N.D.	2,34	19,03	85	28,48	2,36	0,25	-13,53	9,98	87

N.D. – não detectado.

A- DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 3

DATA: 05/09/2019

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico

LOCALIZAÇÃO: 800 metros após a ponte do rio Cachoeira virar à direita na BR 232 sentido Santa Rita, segue por 4,7 km e pega estrada de barro a esquerda por 0,5 km, logo após à direita por 0,6 km e por fim vira a esquerda e segue por 200 m. 07°57'39,09"S e 38°21'51,8"W.

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Terço inferior com declividade entre 3-8%.

ALTITUDE: 462 metros (GPS)

LITOLOGIA: Muscovita-biotita gnaisse às vezes granadífero, biotita gnaisse, muscovita xisto, incluindo calcário cristalino, quartzito, e metavulcano-clástica.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Complexo São Caetano

MATERIAL DE ORIGEM: Produto de alteração do material cristalino.

PEDREGOSIDADE: Pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado e plano.

EROSÃO: Laminar ligeira.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO LOCAL: Caatinga hiperxerófila.

VEGETAÇÃO REGIONAL: Caatingueira, marmeleiro, pereiro, angico, jurema branca, espinheiro, cactos (xique xique), pinhão, quipá, mandacaru, coroa de frade, juazeiro, aroeira.

USO ATUAL: Vegetação nativa natural.

CLIMA: BSh, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: José Coelho de Araújo Filho, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Jean Cheyson Barros dos Santos, Márlon da Silva Ribas.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A (0-8 cm) – Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3, úmido) e bruno-avermelhado (2,5 YR 4/4, seca); franco argilo-arenosa; fraca e moderada, pequena e média, granular, bloco subangular e angular, dura e muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

Bt1 (8-30 cm) – Bruno-avermelhado (2,5 YR 4/4, úmida) e vermelha (2,5 YR 4/6, seca); argilo-arenosa; fraca e moderada, média e pequena, bloco subangular e angular, dura e muito dura, friável e firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

Bt2 (30-50 cm) – Vermelha (2,5 YR 4/6, úmida) e vermelha (2,5 YR 5/6, seca); argila; fraca e moderada, média e grande, prismática e bloco angular, extremamente dura e muito dura, friável e firme, muito plástica e pegajosa; transição clara e plana; cerosidade.

C (50-76 cm) – Vermelho (2,5 YR 5/8, úmida) e vermelho claro (2,5 YR 6/8, seca); franco argilo-arenosa; fraca e moderada, média e grande, bloco subangular e angular, dura e muito dura, firme e friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Cr (76-120⁺ cm) - Saprólito de rocha metamórfica provavelmente derivado de xisto ou paragneisse, com bandeamento leucocrático composto por quartzo e feldspato-K (alguns caulinizados) de 3 a 8 cm. Cinzento-bruno-claro (10YR 6/2, seca), com presença de mosqueados comuns, pequenos e distintos com coloração escura (5YR 2,5/1). Textura fanerítica e estrutura xistosa moderada, com consistência moderadamente alterada.

Raízes – Muitas e muito finas, comuns e finas no horizonte A, comuns e muito finas, raras e finas no Bt1, Bt2 e C e raras no Cr.

OBSERVAÇÕES:

1. Presença de fragmentos de minerais primários (quartzo e feldspato-K) de 1 a 4 cm de espessura.
2. Presença de quartzo arrestado no horizonte superficial e subsuperficial.

3. Concreções de óxidos de manganês, especialmente no horizonte C.
4. A porosidade é dinâmica, variando com o grau de umidade do solo.
5. Poros: muitos e muito pequenos, poucos e pequenos no horizonte A, muitos e muito pequenos, poucos e pequenos no Bt1, muitos e muito pequenos, comuns e pequenos no Bt2, muitos e muito pequenos, poucos e pequenos no Cv. Fissuras interxistosidade grandes (5-10 cm de comprimento) e comuns, presença de canais muito pequenos e poucos no horizonte Cr.

C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizontes		Cascalho e calhaus (> 2mm)	TFSA (< 2mm)	Composição granulométrica da TFSA (g.Kg ⁻¹)			Densidade (g.cm ⁻³)		P (%)
Prof. (cm)		(%)	(%)	Areia	Silte	Argila	Solo	Partícula	
A	0-8	6	94	540	135	325	1,45	2,48	42
Bt	8-30	6	94	475	150	375	1,54	2,55	40
Btv	30-50	3	97	392	133	475	1,59	2,50	37
Cv	50-76	1	99	497	178	325	1,49	2,54	41
Cr	76-120+	2	98	635	215	150	1,55	2,52	38

Horizonte		pH (1:2,5)		Complexo Sortivo (cmolc.kg ⁻¹)									P (mg.Kg ⁻¹)	C (g.Kg ⁻¹)		N (g.Kg ⁻¹)	¹³ C	¹⁵ N	V (%)
Prof. (cm)		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S.B.	Al ³⁺	H+Al	(T)	CTCr							
A	0-8	5,96	5,34	8,89	2,92	0,55	0,05	12,41	N.D.	1,60	14,02	43	14,14	12,83	1,19	-22,48	9,13	88	
Bt1	8-30	6,16	4,82	8,48	4,06	0,10	0,04	12,68	N.D.	3,33	16,00	43	5,64	7,36	0,63	-25,38	8,64	79	
Bt2	30-50	6,05	4,59	10,32	3,76	0,07	0,07	14,22	N.D.	3,41	17,63	37	5,37	5,78	0,57	-20,67	9,60	80	
C	50-76	6,09	4,56	8,72	3,40	0,07	0,07	12,26	N.D.	2,09	14,35	44	6,26	3,94	0,37	-15,14	9,96	85	
Cr	76-120+	5,88	4,14	7,24	4,24	0,08	0,08	11,64	N.D.	2,01	13,65	91	34,53	2,16	0,23	-16,73	9,56	85	