



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

NATÁLIA ARAÚJO DA PAIXÃO

**INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE USO DO SOLO NO SUDESTE DO PARÁ**

PARAUAPEBAS

2019

NATÁLIA ARAÚJO DA PAIXÃO

**INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE USO DO SOLO NO SUDESTE DO PARÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia, *Campus* Parauapebas, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Dr. Leo Jakson da Silva Moreira

PARAUAPEBAS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P142i Paixão, Natália Araújo da
INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO
NO SUDESTE DO PARÁ / Natália Araújo da Paixão. - 2019.
46 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Campus Universitário
de Parauapebas, Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, 2019.
Orientador: Prof. Dr. Leo Jakson da Silva Moreira

1. Manejo e conservação do solo . I. Moreira, Leo Jakson da Silva , *orient.* II. Título

CDD 631.4

NATÁLIA ARAÚJO DA PAIXÃO

**INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE
USO DO SOLO NO SUDESTE DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia, *Campus* de Parauapebas, área de concentração Conservação do Solo, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovado em 14 novembro de 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Leo Jakson da Silva Moreira

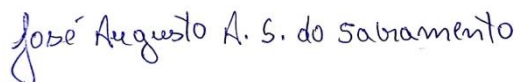
Orientador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA



Profª. Draª. Eloise Mello Viana de Moraes

UNIVERSIDADE FEDERAL SUL SUDESTE DO PARÁ - UNIFESSPA



Prof. Dr. José Augusto Amorim Silva do Sacramento

UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA

Aos meus pais, Dionizio Vituriano da Paixão e Jaciara Gomes Araújo da Paixão, maiores incentivadores e colaboradores de toda a minha caminhada.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por conceder-me saúde e sabedoria para alcançar meus sonhos.

À minha família, principalmente aos meus pais, Dionizio Vitoriano e Jaciara Gomes, a minha irmã, Maria Anália e ao meu primo, Mauro Araújo, por todo o apoio, conselhos, atenção, carinho, e por estarem sempre ao meu lado.

Ao meu companheiro de todas as horas, Tarcísio Henrique, por todo o incentivo. Obrigada por sempre estar ao meu lado.

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), instituição que tive o privilégio de conhecer.

As minhas amigas da UFRA, Jessica dos Passos e Bruna Costa, pelos cinco anos de parceria e apoio. E aos colegas que contribuíram para a execução deste trabalho, como Nilton Cruz, Wesley Xavier e Tayla Dias.

Ao meu orientador, Leo Jakson Moreira, pela dedicação, confiança e ensinamentos.

À toda equipe do Laboratório de ciência do solo da UFRA, principalmente, Gilberto Amorim e Jonaldo, que dedicaram-se ao desenvolvimento deste trabalho e foram indispensáveis a conclusão deste.

À todos que não foram citados aqui, mas que deixaram algo de bom durante a minha vida, meus sinceros agradecimentos.

*Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições
melhores, para fazer melhor ainda!*

Mario Sergio Cortella.

RESUMO

A alteração da cobertura vegetal natural para fins de produção agrícola, pecuário ou florestal e suas práticas de manejo aplicado ao solo têm se tornado cada vez mais comuns para elevar a produção e atender a demanda do mercado, contudo, ações antrópicas mal planejadas sobre esse recurso em geral, têm promovido sua degradação e se tornado uma ameaça ao seu bom funcionamento. Sabendo da importância disso para a sociedade, que depende de elementos oriundos do solo, viu-se uma motivação em avaliar as características dos solos sob diferentes condições de manejo na região sudeste do Estado do Pará. Tendo o presente estudo o objetivo de avaliar como diferentes práticas de manejo do solo realizados na região Sudeste do Estado do Pará estão afetando a diversidade da fauna do solo e alguns dos seus atributos químicos e físicos. Para isso, foram avaliadas a densidade e a diversidade da macrofauna do solo através do Índice de diversidade *Shannon* e a caracterização de algumas propriedades químicas (pH em água e cloreto de potássio, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, hidrogênio + alumínio e carbono orgânico total) e físicas (densidade de partículas e granulometria) do solo a partir do Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, da Embrapa, de 2009 e do Manual de métodos de análise de solo, da Embrapa, de 2017, respectivamente, em solos com diferentes usos (Mata Nativa, Eucalipto, Regeneração Natural, Solo Exposto e Pasto) na região Sudeste do Pará, onde foram coletadas amostras em profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Foram encontrados melhores valores de indivíduos por área (densidade) no tratamento de eucalipto, onde a maioria dos indivíduos encontrados eram da ordem *Hymenoptera*, principalmente da família *Formicidae*. Os maiores índices de diversidade de macrofauna edáfica foram encontrados na área de mata nativa, justificados por essa área conter um ecossistema consideravelmente equilibrado. Para os atributos químicos do solo, a área de pastagem foi a que se apresentou com valores mais apropriados, uma vez que a área é bem manejada, com sistema de irrigação em toda a sua extensão, além de adubação periodicamente. Logo, a partir dos resultados observados, conclui-se que áreas vegetadas apresentam melhores índices de diversidade de fauna edáfica, com exceção da área de pasto, (que é uma área vegetada, com atributos químicos coerentes) uma vez que o mesmo recebe pisoteio de animais constantemente, o que contribui para a elevação da compactação do solo.

Palavras-chave: Manejo do solo. Biologia do solo. Conservação do solo.

ABSTRACT

Changing the natural vegetation for purposes of agricultural, livestock or forestry production and its management practices applied to the soil have become increasingly common to increase production and meet the market demand, yet, actions anthropogenic misguided about this feature generally have promoted its degradation and become a threat to its proper functioning. Knowing the importance of this for society, depending on features from the ground, it was a motivation to evaluate the characteristics soils under different management conditions in the region southeast of Pará State. As the present study the aim of assessing how different practices of soil management conducted in southeast of the State of Pará are affecting the diversity of soil fauna and some of its chemical attributes and physical. To this, were added value of the density, the diversity macrofaunal soil through the diversity index *Shannon* and characterization of some chemical properties and physical soil from the Manual chemical soil analysis, plants and fertilizers, EMBRAPA, 2009 and Embrapa's Soil Analysis Methods Manual, 2017, respectively, for different uses in the region southeast Para. Found best values of individuals per unit area (density) in the treatment of eucalyptus, where the majority of individuals were found on the order *Hymenoptera*, especially the family *Formicidae*. The highest indexes of edaphic macrofauna diversity were found in the native forest area, justified by the fact that this area contains a considerably balanced ecosystem. For the chemical attributes of the soil, the pasture area presented the most appropriate values, since the area is well managed, with irrigation system in all its extension, besides fertilization periodically. Therefore, from the observed results, it can be concluded that vegetated areas present better indexes of edaphic fauna diversity, except for pasture area (which is a vegetated area, with coherent chemical attributes) since it receives trampling of animals constantly, which contributes to increased soil compaction.

Keywords : Soil management. Soil biology. Soil conservation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Indicadores de qualidade do solo	10
2.2 Indicadores físicos da qualidade do solo	10
2.3 Indicadores químicos da qualidade do solo	12
2.4 Indicadores biológicos da qualidade do solo	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Caracterização das áreas	17
3.2 Amostragem do solo	22
3.3 Contagem da macrofauna do solo	24
3.4 Análise física e química do solo	26
3.5 Estatística	28
4. RESULTADOS	29
5. DISCUSSÃO	38
5.1 Indicadores físicos de qualidade do solo	38
5.2 Indicadores químicos de qualidade do solo	38
5.3 Indicadores biológicos de qualidade do solo	39
6. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

Segundo Doran e Parkin (1994), práticas de manejo agrícola são consideradas sustentáveis apenas quando as variáveis: solo, ar e água forem consideradas de qualidade, onde para o solo, a obtenção dessa qualidade é diretamente influenciada por propriedades físicas, químicas e biológicas, além da sua constante habilidade de produzir alimentos e fibras. Segundo Cardoso, Fernandes e Fernandes (2009), as análises de solo tanto físicas, quanto químicas e biológicas, são importantes para a detecção da qualidade do solo e para conhecer a capacidade do solo em suprir nutrientes às plantas. Segundo os mesmos autores, essa é uma forma simples, eficiente e econômica de diagnosticar a fertilidade de solos e assim, atribuir quantidades apropriadas de elementos químicos. A alteração da cobertura vegetal de um dado solo, seja ela natural ou artificial, é causadora de impactos ambientais diversos (SANTOS, 2000).

A alteração da cobertura vegetal natural para fins de produção agrícola, pecuário ou florestal e suas práticas de manejo aplicado ao solo têm se tornado cada vez mais comuns para elevar a produção e atender a demanda do mercado, devido ao aumento populacional e a constante necessidade por alimentos mundialmente (SAATH e FACHINELLO, 2018). No entanto, tais práticas não são favoráveis ao pleno funcionamento do solo, pois muitas vezes tem-se a perda de matéria orgânica, da diversidade de fauna, aumento da compactação do solo, problemas com erosão e perda de fertilidade do solo (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007).

As funções do solo estão associadas à ciclagem de materiais orgânicos visando à liberação de nutrientes, sustentação de vegetais e demais estruturas, hábitat para seres vivos, produção de biomassa, área de reserva para estocagem de água e nutrientes, fonte de material particulado (minerais e outros compostos), entre outras propriedades essenciais à vida (LIMA, LIMA, MELO, 2007; ARAÚJO e MONTEIRO, 2007).

O solo é um recurso natural vital, e quando saudável, esse recurso é capaz de promover produtividade vegetal e animal, qualidade da água e ar e ainda, gerar saúde animal e vegetal (DORAN e ZEISS, 2000). Contudo, ações antrópicas mal planejadas sobre esse recurso em geral, têm promovido a degradação e se tornado uma ameaça ao seu bom funcionamento.

Sabendo da importância disso para a sociedade, que depende de elementos oriundos do solo, viu-se uma motivação em avaliar as características dos solos sob diferentes condições de manejo na região sudeste do Estado do Pará, com o objetivo de avaliar como diferentes práticas de manejo do solo realizados na região Sudeste do Estado do Pará estão afetando a diversidade da fauna do solo e alguns de seus atributos químicos e físicos. Para isso, foram avaliadas a densidade e a diversidade da macrofauna do solo e alguns de seus atributos físicos e químicos

de áreas de mata nativa (MN), regeneração natural (RN), povoamento de eucalipto (EP), solo exposto (SE) e pastagem (PS), sob solos de diferentes classes, na região Sudeste do Estado do Pará.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Indicadores de qualidade do solo

É essencial a avaliação de indicadores físico, químico e biológico de qualidade do solo para a obtenção de informações necessárias à tomada de decisões principalmente voltadas a escolha de manejo mais adequado a uma dada área, levando em consideração aspectos voltados a sustentabilidade produtiva do ambiente e a conservação ecossistêmica (CAMARGO, 2016).

Para avaliação da qualidade do solo, se faz necessário o uso de indicadores de sustentabilidade que funcionem concomitantemente e que sejam sensíveis à variações, funcionando como termômetros de avaliação e indicadores do grau de estabilidade de dado sistema (DE-POLLI e PIMENTEL, 2006). Logo, de maneira geral, indicadores físicos, químicos e biológicos são os mais comumente avaliados para a determinação de qualidade e variações nas propriedades do solo. Além disso, a escolha do método e parâmetros a serem utilizados é variável em função dos objetivos, das condições ambientais locais e disponibilidade de recursos (CAMARGO, 2016).

Para Vezzani e Mielniczuk, (2009), para o solo ser considerado de qualidade, ele precisa funcionar concomitantemente a um sistema integrado, em três variáveis denominadas solo, planta e biota edáfica. Ambas funcionando integradas são capazes de proporcionar um solo de qualidade.

2.2 Indicadores físicos da qualidade do solo

Segundo Gomes e Filizola (2006), os principais indicadores físicos de qualidade de solo são: textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento e o regime hídrico do solo (taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão).

A estrutura do solo é um indicador de qualidade do solo importante quando trata-se do desenvolvimento vegetal bem como da atividade de fauna edáfica (CAMPOS *et al.*, 1995). Isso ocorre devido à influência direta dessa propriedade nas condições de compactação do solo, taxas de infiltração, vulnerabilidade a erosão, taxas de penetração radicular, dentre outras

(AGUIAR, 2008; CAMARGO, 2016). Tal propriedade, de estrutura do solo, comumente é analisada por meio de cálculos de densidade do solo, estabilidade de agregados, resistência à penetração, micro, macroporosidade e porosidade total (CAMARGO, 2016).

Logo, para Gomes e Filizola (2006), os atributos físicos do solo comportam-se como variáveis importantes, uma vez que apresentam relações diretas com o regime hídrico do solo, bem como com o fornecimento e acúmulo de recursos essenciais, como água, nutrientes e oxigênio no solo.

Solos com reduzida qualidade física apresentam severas limitações ao crescimento de plantas, promovendo assim uma menor produtividade das culturas. Para Campos *et al.* (1995), alterações em práticas de manejo e das culturas estimulam mudanças nas propriedades do solo, sobretudo voltadas à estrutura, sendo essas mudanças classificadas em alteráveis ou permanentes.

Os indicadores físicos classificados como alteráveis e permanentes, segundo Doran; Parkin, 1994) são, alteráveis: densidade do solo, resistência à penetração, permeabilidade, aeração, agregação, porosidade e umidade do solo e permanentes: textura do solo, mineralogia, densidade de partículas e cor. Sendo as alteráveis mais utilizadas para controle da qualidade do solo, pois são mais sensíveis à variações.

O solo, quando não dispõe de cobertura vegetal e assume intensa atividade de mecanização em sua superfície, facilmente perde qualidade em sua estrutura, e consequentemente, afetam no aporte de água e ar para o desenvolvimento de vegetais e da fauna presente nesse ambiente (CAMARGO, 2016). Logo, fica visível que alguns dos atributos físicos do solo sofrem variações diretas com diferentes práticas de manejo e são indicadores da dinâmica de processos físicos que ocorrem (CAMARGO, 2016).

A física do solo é uma ciência que tem como objetivo estudar as características do solo de modo a compreender os mecanismos que promovem a funcionalidade do solo, bem como o seu papel na biosfera, por meio de estudos e definições qualitativas e quantitativas (REINERT e REICHERT, 2006). Logo, é essencial tomar conhecimento a cerca do tema, uma vez que é a partir dele que são tomadas decisões sobre o uso do solo e práticas de manejo adequadas, como o preparo do solo, irrigação, drenagem, entre outros (REINERT e REICHERT, 2006).

Segundo Monzón *et al.* (2018), as propriedades físicas do solo são capazes de determinar características produtivas do solo, ou seja, determinar a capacidade dos usos aos quais podem ser submetidos, bem como práticas adequadas a sua conservação.

A remoção da vegetação, ou qualquer modificação que seja para fins de práticas agrícolas, pecuária, plantio de culturas florestais, dentre outros, proporciona alterações no

equilíbrio do ecossistema, uma vez que toda a estrutura física, química e biológica do solo é afetada. Logo, essas alterações podem ser favoráveis ou desfavoráveis ao ecossistema, fator dependente das práticas de manejo adotadas, da cobertura vegetal, bem como da natureza do solo (BICALHO, 2011).

2.3 Indicadores químicos da qualidade do solo

Para conhecer a fertilidade do solo, determinar os teores de acidez e a disponibilidade de nutrientes, é necessário avaliar o solo com base em seus atributos químicos viabilizando o estabelecimento de um diagnóstico sobre as condições de fertilidade deste e assim, é possível determinar quantidades coerentes dos compostos químicos utilizados para correção do solo, com fins de elevação da produtividade (CARDOSO, FERNANDES e FERNANDES, 2009; SCHLINDWEIN E GIANELLO 2008).

Segundo Raij (1981), as análises laboratoriais mais empregadas para fins de conhecimento da fertilidade de solos no Brasil, são as de pH, potássio (K^+), fósforo (P), cálcio e magnésio (Ca^{2+} e Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), matéria orgânica (M.O.) e acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), além dos cálculos da soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions total (CTC_T), saturação por bases (V%) e por alumínio (m%).

Considerando o pH do solo, pode-se dizer que os solos podem apresentar acidez de forma natural, seja em função da carência de bases do material de origem ou em função de processos de formação que viabilizam a retirada de elementos básicos do solo, como K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , entre outros (SARAIVA *et al.*, 2018). Ainda segundo o mesmo autor, os solos podem ter sua acidez elevada em decorrência de cultivos e adubos que levam a tal processo.

Os teores de acidez dos solos são dados em uma escala de pH que varia de 0 a 14, onde valores abaixo de 7,0 são considerados solos ácidos (RAIJ, 1981). Especificamente para os solos brasileiros, essa variação é comumente determinada entre 4,0 e 7,5 (RAIJ, 1981). Solos com pH abaixo de 4,5 são considerados com acidez muito elevada, com pH entre 4,5 e 5,0, com acidez elevada e com pH entre 5,1 e 6,0 denomina-se um solo com acidez média (ALVAREZ *et al.*, 1999). Valores de pH acima de 7,0 (neutro), são solos alcalinos. Ainda segundo o mesmo autor, pode-se considerar um solo com acidez adequada aquele que apresentar acidez em torno de 5,5 e 6,0.

Segundo Lopes *et al.* (2002), a acidez do solo acarreta o surgimento de elementos tóxicos para as plantas, como por exemplo, o Al e, além disso, gera a redução da disponibilidade de nutrientes no solo. Para Saraiva *et al.* (2018), a acidez do solo é um dos fatores limitantes ao

desenvolvimento de culturas. Logo, as consequências são os prejuízos ocasionados pelo baixo rendimento produtivo das culturas (LOPES *et al.*, 2002), e redução da população de microrganismos, que são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (SARAIVA *et al.*, 2018).

Os solos brasileiros são caracterizados, em geral, como solos ácidos e com teores baixos de nutrientes necessários ao maior rendimento das lavouras, logo, se faz necessário criar melhores condições de fertilidade do solo e consequentemente melhoria do desenvolvimento das plantas, com a correção da acidez do solo, que segundo Lopes *et al.* (2002) contribui para elevação da eficiência dos adubos e elevação da produtividade.

A acidez trocável ou também chamada de alumínio trocável (Al^{3+}), em solos ácidos, é um dos mais relevantes influenciadores à baixa produtividade das culturas e ainda, um dos mais importantes fatores limitantes ao desenvolvimento das plantas (MIGUEL *et al.*, 2010). Fica visível a problemática do efeito nocivo dos níveis tóxicos de alumínio a partir do sintoma mais comum e evidente nas plantas, que é a redução do crescimento radicular de plantas sensíveis a esse efeito, tornando-as impossibilitadas de obter água e nutrientes em dada profundidade em função do seu crescimento radicular ineficiente, atingindo apenas profundidades superficiais, o que as torna menos produtivas e mais suscetíveis à seca (MIGUEL *et al.*, 2010).

A acidez total ou também chamada de acidez potencial é representada por H^+Al (SOBRAL, BARRETTO, SILVA e ANJOS, 2015). Segundo ¹Silva *et al.* (2002 *apud* Peech 1965), a acidez potencial é formada pelos íons H^+ e Al^{3+} existentes nos colóides do solo, e geralmente é analisada pela extração com soluções de sais tamponantes ou uma combinação de sais neutros com solução-tampão.

De acordo com o Manual Internacional de Fertilidade do Solo (1988), o fósforo é um elemento em que a maioria das culturas têm dificuldade de obter em quantidades suficientes, sendo a deficiência desse elemento um dos fatores mais limitantes para produção das culturas à qualquer outra deficiência. Ainda segundo o mesmo autor, há muito fósforo no solo, no entanto, em forma não disponível às plantas, somente uma parte muito pequena desta está disponível. O fósforo torna-se disponível no solo a partir da intemperização de minerais, matéria orgânica em decomposição, húmus, microrganismos e outras formas de vida, entre outros. No entanto, podem ser perdidos prioritariamente por erosão e remoção das culturas. Alguns fatores afetam a disponibilidade do fósforo no solo, dentre eles o pH do solo. Segundo

¹ PEECH, M. Exchange acidity. In: BLACK, C.A., ed. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.905-913.

o Manual Internacional de Fertilidade do Solo (1988), o pH variando de 6,0 a 7,0 facilita a disponibilidade de fósforo às plantas.

Segundo Cravo, Viégas e Brasil (2007), os teores de P (mg dm^{-3}) podem ser classificados como baixos quando apresentarem valores menores que 10 mg dm^{-3} , como médios quando apresentarem valores de $11\text{-}30 \text{ mg dm}^{-3}$ e como altos acima de 30 mg dm^{-3} .

Tratando-se do efeito da deficiência de P no desenvolvimento das plantas, pode-se dizer que quando submetidas a um estresse mediano, regular, o P não necessariamente produzirá um efeito visível de deficiência (GRANT *et al.*, 2001). No entanto, quando em situações mais severas, a deficiência de P pode proporcionar como sintomas a redução da altura da planta, retardo na emergência foliar e minimização na brotação, raízes secundárias, produção de matéria seca e produção de sementes (GRANT *et al.*, 2001). Ainda segundo o mesmo autor, o não suprimento de P no estágio inicial da vida da planta, afeta negativamente o seu crescimento, sendo esse um fator não reversível que afeta a produção, logo, a deficiência de fósforo na fase inicial do ciclo afeta de forma mais relevante se comparada à uma situação oposta (GRANT *et al.*, 2001).

Além do fósforo o desenvolvimento de plantas em solos ácidos podem ser prejudicados em função da limitação de dados elementos no solo, como Ca, Mg e K. Logo, para corrigir a deficiência de tais elementos, faz-se a utilização de corretivos, que quando se apresentam com teores variáveis tanto de cálcio quanto de magnésio, podem proporcionar uma instabilidade nutricional em meio aos cátions do solo, e conseqüentemente, prejuízos ao processo de nutrição e desenvolvimento vegetal (SILVA, 1980). Segundo Medeiros *et al.* (2008), o recomendado seriam relações de Ca:Mg entre 4:1 e 8:1 como adequadas para as plantas. Para Cravo, Viégas e Brasil (2007), teores entre $2,0$ e $5,0 \text{ cmol dm}^{-3}$ são considerados médios, abaixo de $2,0 \text{ cmol dm}^{-3}$ são considerados teores baixos e acima de $5,0 \text{ cmol dm}^{-3}$, teores altos.

Segundo Silva (1980), os problemas proporcionados nas plantas em função de variações no balanço de concentrações de Ca:Mg estão associados ao desenvolvimento radicular e aéreo das plantas. Em seu estudo, Viégas *et al.* (2013) acompanhou os sintomas de deficiência de Ca e Mg em pimenta-longa, sendo para Ca caracterizada por redução de crescimento tanto da planta quanto foliar, queima da gema apical e folhas deformadas e tratando-se de Mg, as características observadas foram clorose entre as nervuras secundárias das folhas mais velhas, necrose no ápice foliar e intensa queda das folhas, além de diminuição no crescimento da planta. O autor ressalta ainda que tais resultados também foram observados por outros autores em espécies florestais, onde para deficiências de Ca, Camargos *et al.* (2002), encontrou em mudas

de castanheira, e Silveira *et al.* (2002), em clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophyllae* e para Mg, Barroso *et al.* (2005), encontrou em mudas de teca.

Segundo Sobral, Barretto, Silva e Anjos (2015), os diferentes teores de potássio indicam a condição de intemperismo em que o solo se encontra, logo, elevado teor de potássio é indicativo de que o solo é pouco intemperizado e quando ocorre o contrário, é indicativo de que o solo é mais intemperizado. Segundo os mesmos autores, a ausência de potássio nos solos é comumente corrigida, no Brasil, a partir do cloreto de potássio. Quantidades entre 41-60 mg dm⁻³ é considerada média a disponibilidade de potássio no solo, entre 61-90 mg dm⁻³, alta disponibilidade e acima de 90 mg dm⁻³, muito alta (CRAVO, VIÉGAS e BRASIL, 2007).

As informações associadas à soma de bases, saturação por bases e capacidade de troca catiônica podem ser associadas às condições de intemperismo em que o solo se encontra, quanto maior forem os teores de Ca, Mg, K e Na, indica menor intemperismo sofrido pelo solo, ou seja, menos desenvolvido é o solo e vice-versa, além disso solos com saturação por bases superior a 70% indica que não há carência de calagem e inferior a 50% é necessário, e ainda, tratando-se de capacidade de troca catiônica, é necessário seu conhecimento para o controle da adubação (SOBRAL, BARRETTO, SILVA e ANJOS, 2015).

2.4 Indicadores biológicos da qualidade do solo

Os organismos vivos existentes no solo usam esse ambiente como habitat, seja durante toda a sua vida, ou só por uma fase, exercendo diversas funções, sendo exemplos desses organismos as formigas, os besouros, as aranhas, as centopeias, os vermes, as larvas, os cupins, entre outros (BRITO *et al.*, 2016).

Esses organismos existentes no solo geralmente são classificados de acordo com o seu tamanho (diâmetro corporal), como o exemplo proposto por SWIFT *et al.*, (1979), que classifica a fauna do solo em quatro categorias distintas, sendo a microfauna com 4 a 100µm, a mesofauna com 100µm a 2mm, a macrofauna com 2 a 20mm e por fim a megafauna, acima de 20mm (CORREIA e OLIVEIRA, 2000).

A microfauna corresponde prioritariamente a populações de bactérias e fungos, que exercem contribuições em atividades de ciclagem de nutrientes e são passíveis de exercer alguma influência na estrutura do solo através de interações com a microflora (CORREIA e OLIVEIRA, 2000).

A mesofauna é composta por organismos maiores que os da classe anterior, contando com a presença de ácaros, aracnídeos, colêmbolos, crustáceos, entre outros e atuam sobre o solo

com atividades voltadas principalmente a decomposição, com o consumo de micro-organismos bem como microfauna, e na deterioração de vegetais em decomposição (CORREIA e OLIVEIRA, 2000).

Já a macrofauna e a megafauna edáfica apresentam contribuições semelhantes para o solo, com atividades diversas, como a promoção de humificação, alterações da estrutura do solo, com a mistura de partículas orgânicas e minerais e escavações constantes, além de fragmentação de detritos e regulação das demais populações, como a microfauna. Ambas as classes diferenciam-se pela presença de organismos diferentes.

O trabalho exercido por essa fauna do solo está voltado à dinâmica de funcionamento desse ambiente, que são as práticas de revolvimento do solo, a ciclagem de nutrientes, a degradação de vegetais e/ou animais mortos, o controle biológico de pragas e doenças, a decomposição da matéria orgânica, formação de húmus, melhoria das características do solo, entre outros (SOUZA *et al.*, 2015). Além disso, LAVELLE (1996), citam que os invertebrados do solo atuam como engenheiros do ecossistema, uma vez que atuam na alteração da estrutura do solo.

Portanto, a presença dos diversos organismos nos solos são essenciais para permitir maior qualidade física e química aos solos, influenciando assim no desempenho dos diferentes usos e manejos dos solos (PINHEIRO *et al.*, 2016).

No entanto, diferentes práticas de manejo do solo podem afetar negativamente o trabalho desenvolvido pela fauna edáfica com a redução do número de indivíduos no solo, bem como a sua diversidade, resultando na redução da qualidade física e química dos solos (BRITO *et al.*, 2016; CORREIA e OLIVEIRA, 2000). Práticas de manejo do solo quando realizadas de modo errôneo, podem proporcionar danos à estrutura do solo, como compactação, degradação da matéria orgânica, acidez no solo, entre outros, influenciando na qualidade biológica do solo.

Em seu trabalho, Rovedder *et al.* (2004), comprova que diferentes usos do solo afetam a abundância e a diversidade da fauna edáfica, que foi menor em uma área degradada, bem como o menor índice de diversidade comparada às demais áreas de estudo. Em outro trabalho, desenvolvido no bioma Pampa, Rovedder *et al.* (2008), comprova que a arenização do solo reduziu o desenvolvimento das populações edáficas e por outro lado a técnica de revegetação do solo mostrou impactos favoráveis à reocupação da área.

A qualidade do solo deve ser considerada quando objetiva-se a produção vegetal. Contudo, a qualidade dos solos está relacionada diretamente com a biologia do solo, assim faz-se necessário avaliar a diversidade da fauna em diferentes usos do solo e como estes estão influenciando na dinâmica desta fauna do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização das áreas

O trabalho foi desenvolvido no município de Parauapebas-PA, no Sudeste do Estado do Pará, distante aproximadamente 687 km de Belém, a capital do Estado. O clima do município é classificado com Am (clima tropical de monção com precipitação excessiva durante alguns meses). Na estação chuvosa, os maiores volumes concentram-se no período de janeiro a março com precipitação média mensal de 240 mm e o período seco, os meses de junho a agosto, com média mensal de precipitação de 30 mm (BID, 2017).

As temperaturas locais se apresentam como regulares, sendo as médias máximas oscilando entre 31 a 34°C e as mínimas entre 22 e 23°C (BID, 2017). A umidade relativa do ar na região é em média 80% e apresenta pouca variação durante o ano, sendo os menores valores no mês de agosto e os maiores no mês de dezembro (BID, 2017).

As cinco áreas avaliadas estão localizadas no interior do município e correspondem a área de mata nativa (MN), regeneração natural (RN), povoamento de eucalipto (EP), solo exposto (SE) e pastagem (PS), ambas dispostas dentro da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.

A área correspondente à floresta nativa (6°04'09"S e 49°49'13"W) apresenta características de floresta ombrófila densa (figura 1), com alto teor de serrapilheira depositada na superfície da floresta, bem como a presença de animais silvestres. É uma área de solo classificado como Argissolo Amarelo que sofre pouca interferência antrópica e que apresenta relevo do tipo ondulado.

Figura 1 - Área de floresta nativa densa pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia, região Sudeste Estado do Pará

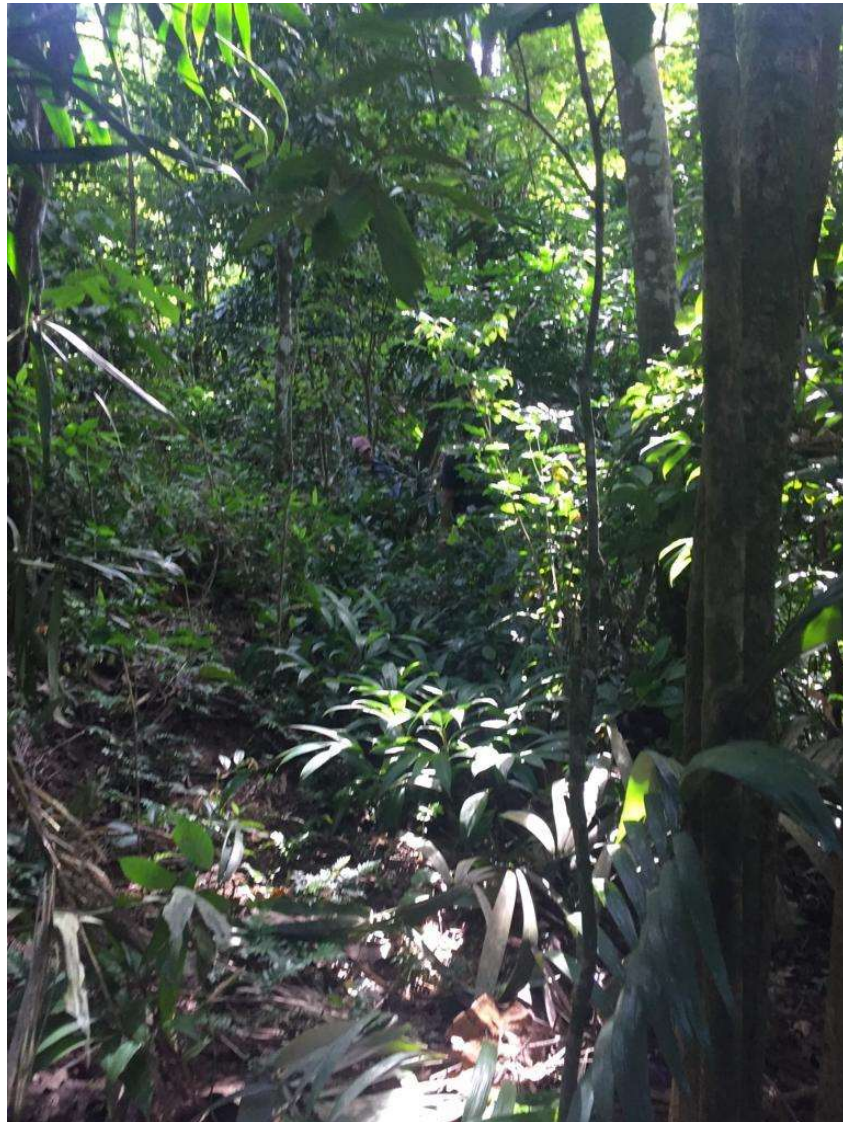


Foto: O Autor (2019)

A área de regeneração natural (figura 2) apresenta solo caracterizado como Argissolo Amarelo, com vegetação de pequeno porte, aberta, com espécies pioneiras em crescimento, aporte de serapilheira na superfície e relevo ondulado ($6^{\circ}04'26''\text{S}$ e $49^{\circ}49'10''$).

Figura 2 – Área de regeneração natural após uso com braquiária, nas dependências da Universidade Federal Rural da Amazônia, região Sudeste Estado do Pará



Fonte: O Autor (2019)

Na área de solo exposto (figura 3), o solo foi classificado como Latossolo Vermelho. Pode se dizer que a sequência de coberturas vegetais implantadas nesta área foi iniciada com pastagem, com circulação de bovinos e em seguida, a remoção da pastagem e implantação de cultivo de milho. A área passou por processos de aração e gradagem e adubação de cobertura e atualmente encontra-se sem cobertura alguma (6°04'20"S e 49°49'01"W).

Figura 3 – Área de solo exposto nas dependências da Universidade Federal Rural da Amazônia



Fonte: O Autor (2019)

A área com povoamento de eucalipto (figura 4) tem o solo classificado como Argissolo Amarelo. Tem aproximadamente 4 anos e 3 meses de idade e apresenta os seguintes clones: *Eucalyptus platyphylla*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus pelitta* e *Eucalyptus grandis*. O espaçamento adotado entre os indivíduos é o convencional de 3x2m, totalizando uma área total de aproximadamente 1.564 m² (6°04'28"S e 49°49'06"W).

Figura 4 - Área com plantio de Eucalipto nas dependências da Universidade Federal Rural da Amazônia, região Sudeste do Estado do Pará



Fonte: O Autor (2019)

A área de pastagem (figura 5) apresenta o Latossolo Vermelho como classe de solo de ocorrência na área. Está localizada em uma área de relevo ondulado, com equipamentos de irrigação em todo o seu perímetro, com a presença de bovinos na área (6°04'22"S e 49°49'00"W).

Figura 5 – Área de pastagem no interior da Universidade Federal Rural da Amazônia



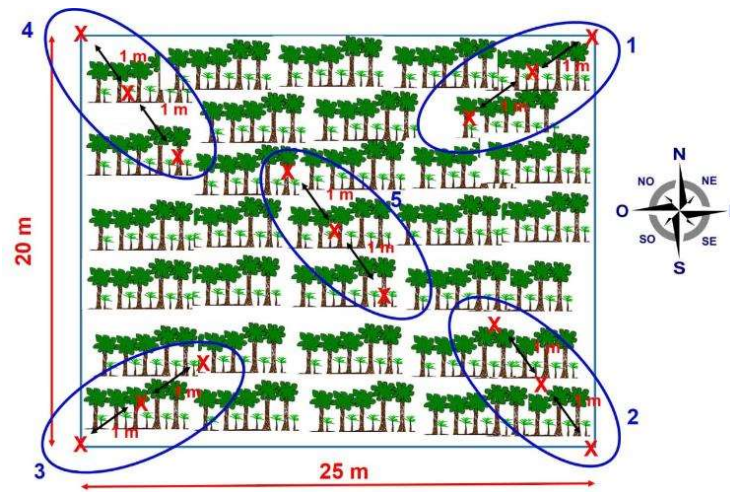
Fonte: O Autor (2019)

3.2 Amostragem do solo

Para cada área, mata nativa (MN), regeneração natural (RN), povoamento de eucalipto (EP), solo exposto (SE) e pastagem (PS), foram definidas parcelas de 20 m x 25 m para a coleta das amostras, totalizando uma área de 500 m² e em cada parcela foram coletadas 5 amostras. Essas amostras foram obtidas em cinco pontos distintos dentro da parcela, onde quatro amostras foram coletadas nos vértices da área e uma amostra foi coletada no centro da parcela (Figura 6).

Para a análise do solo, foram avaliadas algumas propriedades químicas, físicas e biológicas. Para a análise química e física, foram realizadas coletas de amostras deformadas, em profundidades de 0 - 10 cm e 10 - 20 cm. Para a análise biológica, os solos foram coletados usando um gabarito de 25 cm x 25 cm x 5 cm de largura, comprimento e profundidade, respectivamente, adaptado de Anderson e Ingram (1993). O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e encaminhados ao laboratório de solos.

Figura 6: Distribuição dos pontos de amostragem dentro da parcela



Fonte: O Autor (2019)

As amostras, após a coleta, foram destinadas a um processo de secagem ao ar livre (figura 7), por aproximadamente 5 dias, visando a minimização da umidade.

Figura 7 – Amostras de solo expostas em uma bancada elevada para secagem e redução da umidade.



Fonte: O Autor (2019)

Após a secagem, as amostras passaram pelo processo de destorroamento e peneiramento a partir de uma peneira (figura 8) de 180 mm de diâmetro ou 80 *mesh*, da BERTEL Indústria Metalúrgica Ltda e malha de 2 mm de diâmetro. A partir desse preparo inicial, procederam-se as respectivas análises de solo.

Figura 8 – Amostra de solo em processo de peneiramento para obtenção da fração terra fina seca ao ar.

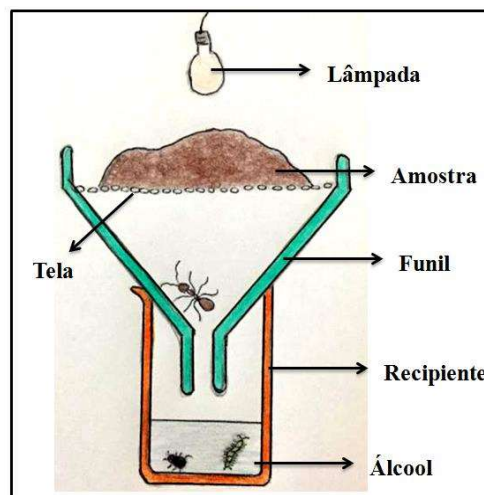


Fonte: O Autor (2019)

3.3 Contagem da macrofauna do solo

Após a coleta das amostras para obtenção da macrofauna do solo, as amostras de solos foram adicionadas em um recipiente coletor para captura da fauna do solo, utilizando o método *Berlese Tullgren* adaptado (figura 9).

Figura 9 - Funil coletor da macrofauna do solo



Fonte: O Autor (2019)

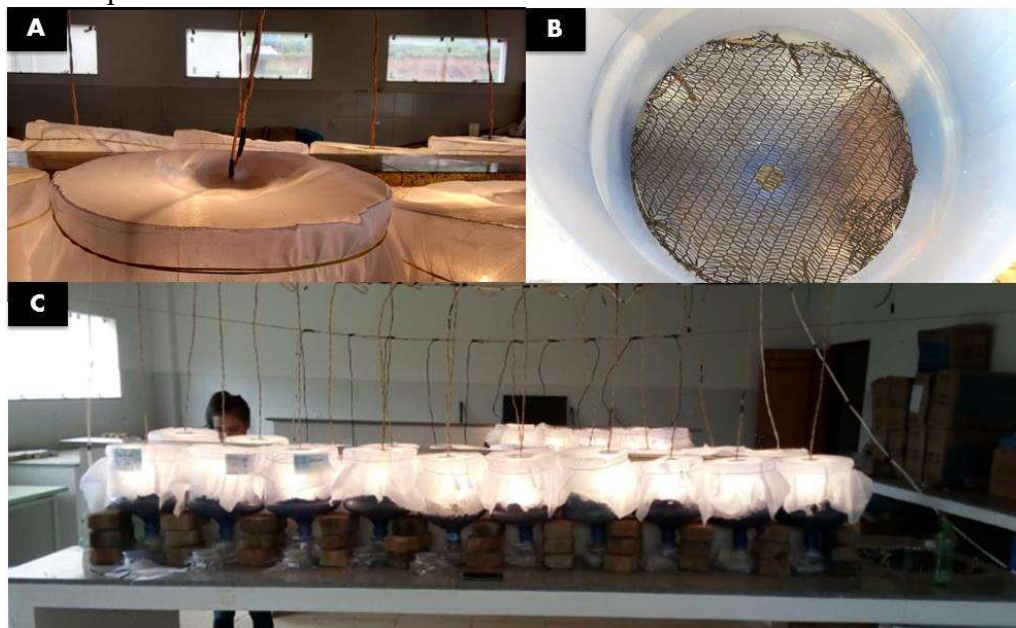
A estrutura para o experimento foi montada com 25 galões de 20 litros seccionados ao meio, posicionados em uma estrutura elevada, de modo que o orifício menor do galão ou a boca do galão ficasse direcionado para baixo, como indicado na figura 9. É importante ressaltar que os 25 galões são subdivididos em 5 galões para cada uma das 5 áreas.

Dentro dos galões, foram fixadas peneiras para que o solo coletado e depositado no interior dos galões não seja transferido para o recipiente coletor da fauna, conforme apresentado pela figura 10.

Na parte superior, foram colocados tampões com tule e uma lâmpada sobre cada galão e na parte inferior foram colocados recipientes com álcool para capturar os organismos da macrofauna que fossem se desprendendo do solo.

As lâmpadas incandescentes de 45 W permaneceram sobre os recipientes por 25 dias ininterruptos, de modo a aquecer o solo, retirar sua umidade e consequentemente, forçar os indivíduos a procurarem uma saída, que no caso é o recipiente com álcool 70% abaixo do galão, que visa armazenar os indivíduos e conservá-los para posterior quantificação e identificação. A figura 10 a seguir mostra o experimento montado para a coleta da macrofauna.

Figura 10 - Montagem do experimento. **A:** Parte superior dos galões, com tule recobrindo o orifício e inserção da lâmpada. **B:** Peneira na parte inferior do galão. **C:** Alocação da estrutura completa do experimento



Fonte: O Autor (2019)

Durante o experimento, foi feita a reposição de álcool a medida que o mesmo evaporava. O conteúdo de cada frasco foi analisado individualmente, em placas de *Petri*, sob lupa binocular. Foram registradas as quantidades e identificados os indivíduos presentes em cada amostra de solo de cada ponto de coleta. Após o registro quantitativo desses indivíduos, foram determinadas a densidade (quantidade de indivíduos por área) e a riqueza, através do Índice de

Diversidade de *Shannon* (H), que leva em consideração a riqueza das espécies e sua abundância relativa, expresso pela fórmula a seguir:

$$H = -\sum p_i \cdot \log p_i$$

em que $p_i = n_i/N$; n_i = valor de importância de cada espécie ou grupo; N = total dos valores de importância.

3.4 Análise física e química do solo

A análise física (densidade de partículas e granulometria) e química (pH em água e cloreto de potássio, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, hidrogênio + alumínio e carbono orgânico total) foi realizada com base no Manual de Métodos de Análise de Solo, da Embrapa, de 2017 e o Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, da Embrapa, de 2009 respectivamente.

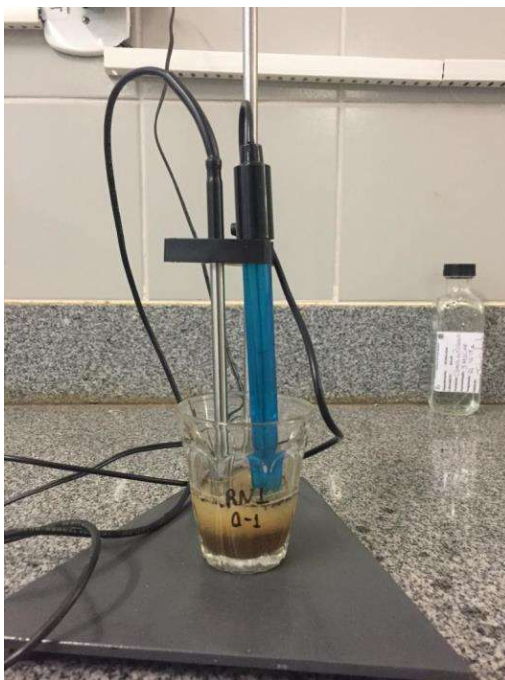
Para o cálculo de densidade de partículas, utilizou-se o método do balão volumétrico e a granulometria foi determinada pelo método da pipeta, a partir do uso de 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA) dispersas em 10 ml de NaOH 1 mol L⁻¹ e 100 ml de água destilada e agitadas por 16 horas. O teor de argila total foi determinado por suspensão, pelo método da pipeta. As areias foram separadas em peneira com 180 mm de abertura e malha de 0,053 mm e o silte determinado por diferença.

Para a análise química foram realizadas análises de pH em água (H₂O), e em cloreto de potássio (KCl), cálcio e magnésio, alumínio, potássio e fósforo, matéria orgânica, alumínio trocável, soma de bases, saturação por bases e saturação em alumínio e capacidade de troca de cátions total (CTC_T).

Para o pH em água (H₂O), foram utilizados 10 cm³ de TFSA em 25 ml de água destilada (Figura 11) e para o pH em cloreto de potássio (KCl), foram utilizados 10 cm³ de TFSA e 25 ml de KCl, ambos na proporção 1:2,5 m/v.

O teor de Ca+Mg foi determinado a partir de 25 ml de solução (solo + solução extratora), coquetel, ácido ascórbico e um indicador, titulado com EDTA 0,125 mol L⁻¹, com viragem acontecendo do rosa para o azul. O teor de Ca teve sua determinação com 25 ml pipetados da solução (solo+solução extratora), KOH, ácido ascórbico, ácido calconcarboxílico e foi titulado com EDTA 0,125 mol L⁻¹, com viragem também acontecendo da cor rosa para o azul. O Mg foi obtido por diferença.

Figura 11 – Determinação do pH do solo em água, na proporção de 1:2,5 solo e água, respectivamente



Fonte: O Autor (2019)

O teor de Ca+Mg (Figura 12) foi determinado a partir de 25 ml de solução, coquetel, ácido ascórbico e indicador, titulado com EDTA 0,125 mol L⁻¹, com viragem acontecendo do rosa para o azul. O teor de Ca teve sua determinação com 25 ml pipetados da solução, KOH, ácido ascórbico, ácido calconcarboxílico e titulado com EDTA 0,125 mol L⁻¹, com viragem também acontecendo da cor rosa para o azul.

Figura 12 - Amostras em análise para os cátions básicos cálcio e magnésio após processo de titulação



Fonte: O Autor (2019)

O teor de alumínio foi obtido a partir de 25 ml de solução, azul de bromotimol, titulado com NaOH 0,25 mol L⁻¹. A acidez potencial (H+Al) foi obtida a partir de 25 ml de solução formada a partir de 5 cm³ de TFSA e solução extratora de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ com pH variando entre 7,1 e 7,2, com o indicador fenolftaleína e titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹, com viragem acontecendo do incolor ao rósea persistente.

O carbono orgânico total do solo foi quantificado a partir de 0,50 g de TFSA macerada em solução com 10 ml de bicromato de potássio a 0,2 mol L⁻¹, submetidos a um processo de fervura. Após o resfriamento, a solução foi complementada a 80 ml de água destilada, 1ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas de indicador difenilamina a 10g L⁻¹, titulada com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,05 mol L⁻¹ e com viragem ocorrendo do azul para o verde.

O fósforo “disponível” foi extraído espectrofotometricamente. Inicialmente, foram adicionados 10 cm³ de TFSA a 100 ml de solução extratora duplo-ácida (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), submetidas ao agitador e ao processo de decantação por uma noite. A determinação foi realizada a partir da combinação do extrato, com solução ácida de molibdato de amônio diluída e ácido ascórbico em pó.

A obtenção do potássio se deu com o método direto pelo fotômetro de chama, a partir de 10 cm³ de TFSA com 100 ml de solução extratora duplo-ácida (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), submetidas ao agitador e ao processo de decantação por uma noite.

Com base nos teores de cálcio, magnésio, potássio foram calculados a soma de bases e com os teores de alumínio e hidrogênio a capacidade de troca de cátions total (CTC_T) do solo. Além disso, foram realizados os cálculos da saturação por bases e alumínio.

3.5 Estatística

A média e o desvio padrão de cada área foram calculados e a comparação de médias entre as áreas foi realizada utilizando o teste de *Tukey* a 5% de probabilidade, utilizando o programa *Past* (*Paleontological Statistics*).

4. RESULTADOS

4.1 Indicadores físicos de qualidade do solo

O maior valor de densidade de partículas observado é referente ao tratamento com solo exposto, em profundidade de 10 – 20 cm, apresentando diferença significativa entre os demais tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Atributos físicos das áreas com diferentes sistemas de manejo do solo.

	Densidade de partículas	Areia	Silte	Argila
	---- g cm ⁻³ ----	----- g kg ⁻¹ -----		
		0 - 10 cm		
Mata Nativa	2,56 (0,11) AB	645 (51) A	127 (21) A	229 (40) A
Regeneração	2,54 (0,22) AB	525 (94) B	167 (83) A	308 (143) A
Eucalipto	2,36 (0,09) B	697 (82) A	119 (49) A	184 (37) A
Pastagem	2,65 (0,22) AB	556 (76) AB	184 (60) A	261 (99) A
Solo exposto	2,76 (0,21) A	450 (66) B	192 (74) A	358 (97) A
		10 - 20 cm		
Mata Nativa	2,54 (0,03) B	650 (43) ABC	178 (105) A	172 (63) B
Regeneração	2,56 (0,05) B	538 (137) BCD	112 (29) A	350 (108) A
Eucalipto	2,43 (0,08) B	698 (44) A	118 (23) A	184 (30) B
Pastagem	2,55 (0,03) B	532 (57) CD	189 (36) A	278 (76) AB
Solo exposto	2,83 (0,16) A	472 (37) D	199 (51) A	329 (46) A

** n = 5; valores dentro do parêntese refere-se ao desvio padrão; Letras maiúsculas iguais na mesma coluna, indica não diferença entre as médias ($p > 0,05$) pelo teste Tukey.

A densidade de partículas da área denominada como solo exposto se apresenta com valor superior (2,76 e 2,83 g cm⁻³ para a profundidade de 0 – 10 e 10 – 20 cm, respectivamente) às demais áreas e a área com plantio de eucalipto apresentou os menores valores, sendo 2,36 e 2,43 g cm⁻³ nas profundidades de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, respectivamente (Tabela 1).

O maior teor de areia foi encontrado na área do eucalipto, com média de 697 g kg⁻¹ e o menor teor foi de 450 g kg⁻¹ na área de solo exposto para a profundidade de 0 – 10 cm. O menor teor de silte (119 g kg⁻¹) e argila (184 g kg⁻¹) foram encontrados no eucalipto, enquanto os maiores teores para silte (192 g kg⁻¹) e argila (358 g kg⁻¹) estão na área com solo exposto. Na profundidade de 0 – 10 cm, os teores de silte e argila não apresentam diferença significativa entre as áreas avaliadas. No entanto, para o teor de areia, há diferença entre os tratamentos avaliados,

principalmente entre o teor encontrado na mata nativa (645 g kg^{-1}) e na área com solo exposto (450 g kg^{-1}).

Para a profundidade de 10-20 cm, considerando o teor de areia, todas as áreas apresentam diferença significativa entre si, no entanto, ocorre o oposto para os teores de silte, onde nenhum dos tratamentos diferem estatisticamente. Considerando os teores de argila, a mata nativa e eucalipto não apresentam diferença entre si, mas apresentam considerando a área de regeneração e solo exposto, que não têm diferença entre si, e pastagem com diferença entre ambas.

4.2 Indicadores químicos de qualidade do solo

Os atributos químicos (pH do solo em H_2O e em KCl, delta pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , SB, H^+ , Al^{3+} , CTC_T , V%, m%, P e C) do solo para as áreas estudadas nas duas profundidades são observados na tabela 2.

Para o pH do solo, nas duas profundidades, é possível observar que todas as áreas apresentam acidez média, variando entre 5,2 (para área em regeneração na profundidade de 0 – 10 cm) e 5,89 (para área de pastagem na profundidade de 0 – 10 cm). Na profundidade de 0 - 10 cm é possível observar que há diferença estatística entre área em regeneração e a área de pastagem, sendo as demais áreas com médias semelhantes. Na profundidade de 10 – 20 cm não há diferença entre os diferentes sistemas de uso. Segundo Veloso *et al.* (1992), para os solos brasileiros com valores de pH em H_2O menores que 5,5, podem proporcionar baixa produtividade das culturas.

Observou-se que o pH em KCl não apresentou diferença entre as áreas avaliadas na profundidade de 0 – 10 cm, no entanto, foi observada a menor média (4,00) na área em regeneração e a maior média (4,77) na área da pastagem para a profundidade de 10 – 20 cm.

Quanto ao delta pH, em profundidade de 0 - 10 cm, a área de mata nativa e solo exposto diferem das áreas de regeneração e pastagem e ambas as áreas diferem da área de eucalipto. Para a profundidade de 10-20 cm, as áreas de mata nativa, solo exposto e pastagem diferem estatisticamente das áreas de regeneração e eucalipto.

Os valores para delta pH de todas as áreas e em ambas as profundidades se apresenta negativo, indicando que há predominância de cargas negativas no solo. Entre as áreas estudadas, observa-se, para o eucalipto, os maiores valores de carga negativas (-1,54 e -1,59 para as profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm, respectivamente) e para mata nativa os menores valores (-0,95 e -0,89 para as profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm, respectivamente).

Considerando a soma de bases, na profundidade de 0 - 10 cm, a área em uso com pastagem apresenta os maiores valores (6,60 e 6,42 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para as profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm, respectivamente). A área de eucalipto apresenta o menor valor (3,98 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para a profundidade de 0 – 10 cm e na profundidade de 10 – 20 cm a área em regeneração apresenta o menor valor (2,49 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Tabela 2 - Atributos químicos das áreas com diferentes sistemas de manejo do solo.

	pH H ₂ O	pH KCl	Delta pH	Ca	Mg	K ₊	SB
	----- cmol _c dm ⁻³ -----						
	0 - 10 cm						
Mata Nativa	5,48 (0,45) AB	4,53 (0,63) A	-0,95 (0,24) A	4,34 (1,84) A	0,54 (0,38) A	0,18 (0,06) A	5,06 (2,05) A
Regeneração	5,20 (0,33) B	4,06 (0,12) A	-1,14 (0,33) AB	3,08 (2,29) A	0,97 (0,57) A	0,17 (0,07) A	4,21 (2,78) A
Eucalipto	5,68 (0,26) AB	4,15 (0,27) A	-1,54 (0,06) B	3,12 (1,05) A	0,74 (0,37) A	0,12 (0,01) A	3,98 (1,16) A
Solo exposto	5,60 (0,10) AB	4,56 (0,06) A	-1,04 (0,12) A	4,09 (0,66) A	1,07 (0,15) A	0,12 (0,05) A	5,28 (0,79) A
Pastagem	5,89 (0,19) A	4,69 (0,31) A	-1,20 (0,23) AB	5,56 (1,32) A	0,93 (0,37) A	0,13 (0,02) A	6,60 (1,15) A
	10 - 20 cm						
Mata Nativa	5,41 (0,40) A	4,52 (0,54) A	-0,89 (0,18) A	4,49 (1,77) A	0,41 (0,29) A	0,24 (0,06) A	5,14 (1,72) AB
Regeneração	5,39 (0,17) A	4,00 (0,12) A	-1,39 (0,09) B	1,89 (0,65) AB	0,45 (0,38) AB	0,15 (0,04) A	2,49 (0,94) C
Eucalipto	5,62 (0,26) A	4,03 (0,22) AB	-1,59 (0,05) B	2,68 (0,94) AB	0,59 (0,05) B	0,12 (0,03) A	3,39 (0,96) BC
Solo exposto	5,67 (0,11) A	4,71 (0,12) B	-0,96 (0,14) A	3,64 (0,75) B	1,17 (0,12) B	0,10 (0,02) A	4,91 (0,79) AB
Pastagem	5,83 (0,20) A	4,77 (0,28) B	-1,06 (0,15) A	5,34 (1,35) BC	0,86 (0,23) B	0,22 (0,20) A	6,42 (1,29) A

Tabela 2 - Atributos químicos das áreas com diferentes sistemas de manejo do solo.

	H ⁺	Al ³⁺	CTC _T	V %	m %	P	C
		cmol _c dm ⁻³				mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
	0 - 10 cm						
Mata Nativa	2,40 (0,84) A	0,34 (0,17) A	7,80 (2,74) A	63,86 (6,11) A	7,70 (6,58) A	1,05 (0,01) A	15,30 (6,11) A
Regeneração	3,49 (1,66) A	0,44 (0,13) A	8,14 (4,45) A	49,65 (6,21) A	11,76 (7,76) A	1,06 (0,05) A	18,79 (14,17) A
Eucalipto	4,09 (3,33) A	0,35 (0,14) A	8,42 (4,43) A	51,51 (10,80) A	8,48 (3,470) A	1,05 (0,01) A	11,92 (2,91) A
Solo exposto	4,13 (0,40) A	0,35 (0,05) A	9,76 (0,94) A	53,89 (4,06) A	6,37 (1,41) A	1,02 (0,00) A	18,16 (1,64) A
Pastagem	5,48 (1,39) A	0,31 (0,09) A	12,39 (1,15) A	53,50 (9,74) A	4,62 (1,53) A	1,03 (0,00) A	25,01 (6,16) A
	10 - 20 cm						
Mata Nativa	3,07 (0,44) A	0,33 (0,13) AB	8,54 (1,60) AB	58,97 (9,96) A	6,77 (3,90) B	1,05 (0,01) A	10,68 (2,65) AB
Regeneração	2,26 (0,84) A	0,51 (0,14) A	5,26 (1,69) B	46,98 (5,10) A	18,30 (7,29) A	1,04 (0,01) A	14,58 (6,13) B
Eucalipto	4,22 (3,17) A	0,38 (0,16) AB	7,99 (3,39) AB	45,73 (13,90) A	10,91 (6,36) AB	1,06 (0,03) A	10,56 (0,72) B
Solo exposto	3,99 (0,63) A	0,29 (0,02) B	9,18 (1,37) A	53,43 (2,23) A	5,59 (0,75) B	1,03 (0,01) A	18,11 (3,58) A
Pastagem	4,41 (0,95) A	0,28 (0,08) B	11,12 (1,02) A	57,61 (9,03) A	4,41 (1,72) B	1,03 (0,01) A	18,95 (4,31) A

** n = 5; valores dentro do parêntese refere-se ao desvio padrão; Letras maiúsculas iguais na mesma coluna, indica não diferença entre as médias (p > 0,05) pelo teste Tukey.

Para os teores de hidrogênio, considera-se o solo de pastagem com maior teor na profundidade de 0 - 10 cm e a mata nativa, com valor inferior às demais áreas. Para a profundidade de 10 - 20 cm, pastagem continua com valor superior às demais áreas e a área de regeneração apresenta menor valor, de $2,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo que para ambos os tratamentos não houve diferença estatística.

Os teores de alumínio dos solos analisados se apresentam dentro de uma variação de $0,28 \text{ cmol dm}^{-3}$ a $0,51 \text{ cmol dm}^{-3}$, com a área de pastagem apresentando o menor valor e área de regeneração o maior valor, ambos na profundidade de 10 - 20 cm. Na profundidade de 0-10 cm, a pastagem também se apresenta com menor valor e a área de regeneração com maior valor. Na profundidade 0 - 10 cm, não há diferença estatística entre os valores analisados e em 10-20 cm, existe diferença entre a área de regeneração e as áreas de solo exposto e pastagem, sendo as demais áreas com médias semelhantes.

A soma de bases na profundidade de 0 – 10 cm não apresentou diferença estatística entre os diferentes sistemas de uso da terra, mas foi observado que o maior valor ($6,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foi encontrado na área de pastagem e o menor valor ($3,98 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na área com eucalipto. Para a profundidade de 10 – 20 cm existe diferença entre as áreas avaliadas, com a área de pastagem ($6,42 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) sendo estatisticamente diferente das áreas de eucalipto ($3,39 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e em regeneração ($2,49 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Considerando a CTC_T do solo, os maiores valores encontrados foram na área de pastagem com médias de $12,39$ e $11,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na profundidade de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, respectivamente. As menores médias foram na área de mata nativa ($7,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na profundidade de 0 – 10 cm e de $5,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na área em regeneração para a profundidade de 10 – 20 cm. Para a profundidade de 0 – 10 cm não foram observadas diferenças estatísticas entre os diferentes usos da terra, no entanto, na profundidade de 10 – 20 cm observa-se somente diferença estatística da área em regeneração das áreas de solo exposto e pastagem, não havendo diferença estatística entre as demais áreas.

Não houve diferença estatística para a saturação por bases entre os diferentes usos da terra nas duas profundidades, sendo que mata nativa apresentou as maiores médias (63,86 % e 59,97 % para as profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm, respectivamente), enquanto as menores médias foram encontradas na área de regeneração (49,65 % para a profundidade de 0- 10 cm) e na área com eucalipto (45,73 % para a profundidade de 10 - 20 cm).

Nas duas profundidades avaliadas a saturação por alumínio foi maior na área de regeneração natural (11,76 e 18,30 % para as profundidades de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, respectivamente) e para a área de pastagem foram encontradas as menores médias para

saturação por alumínio, com média de 4,62 % na profundidade de 0 – 10 cm e de 4,41 % na profundidade de 10 – 20 cm.

Os teores de fósforo nas áreas avaliadas apresentaram valores semelhantes entre todas as áreas e nas duas profundidades, com medias variando de 1,02 a 1,06 mg kg⁻¹ na profundidade de 0 - 10 cm e médias variando de 1,03 a 1,06 mg kg⁻¹ na profundidade de 10 – 20 cm.

Entre as áreas avaliadas, observou-se que os maiores teores de carbono orgânico do solo foram encontrados para pastagem nas duas profundidades (25,01 e 18,95 g kg⁻¹ para as profundidades de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, respectivamente) e as menores médias (11,92 e 10,56 g kg⁻¹ para as profundidades de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, respectivamente) para a área com eucalipto.

4.3 Indicadores biológicos de qualidade do solo

A tabela 3 a seguir expõe a quantidade de indivíduos encontrados em cada área e em cada uma das cinco armadilhas, sendo a área de eucalipto a que mais foram encontrados indivíduos da mesofauna do solo com 52 indivíduos e a área de pastagem foram encontrados a menor (12) quantidade de indivíduos.

Tabela 3 – Quantidade de indivíduos encontrados em cada área.

	Mata Nativa	Regeneração	Eucalipto	Solo exposto	Pastagem
Armadilha 1	5	3	5	1	1
Armadilha 2	4	9	1	10	5
Armadilha 3	5	2	5	6	5
Armadilha 4	6	6	10	8	0
Armadilha 5	11	29	31	19	1
Total	31	49	52	44	12
Média*	6,2	9,8	10,4	8,8	2,4
Desv. Pad**	2,8	11,1	11,9	6,6	2,4
Coef. Var**	45%	113%	115%	75%	100%

*Média entre as 5 armadilhas

**Desv. Pad: Devio Padrão; Coef. Var.: Coeficiente de variação

A tabela 4 a seguir apresenta os resultados voltados à riqueza e densidade relativa para as cinco áreas avaliadas.

Tabela 4 - Riqueza e densidade relativa dos grupos taxonômicos identificados.

	RIQUEZA					TOTAL	DENSIDADE
	MN	RG	EP	SE	PS		
Aracnídeo	3	-	2	-	-	5	0,0266
Blatodea	1	-	-	-	-	1	0,0053
Coleoptera	4	14	2	7	2	29	0,1543
Dermaptera	-	-	2	-	-	2	0,0106
Diptera	1	-	-	-	-	1	0,0053
Escolopendromorfos	5	4	6	2	1	18	0,0957
Hemiptera	3	2	7	4	1	17	0,0904
Hymenoptera	3	15	26	26	6	76	0,4043
Isoptera	1	11	1	-	-	13	0,0691
Haplotaxida	1	-	1	-	-	2	0,0106
Outros	9	3	5	5	2	24	0,1277
Total	31	49	52	44	12	188	1

MN: Mata Nativa; RG: Regeneração; EP: Eucalipto; SE: Solo Exposto; PS: Pastagem.

O povoamento de eucalipto, de maneira geral, mostra valor de riqueza de fauna superior em relação aos de mata nativa, regeneração, solo exposto e pasto. Os grupos taxonômicos identificados em ordem decrescente de densidade relativa foram: *Hymenoptera*, *Coleoptera*, *Escolopendromorfos*, *Hemiptera*, *Isoptera*, *Aracnídeo*, *Haplotaxida*, *Dermaptera*, *Diptera* e *Blattodea* (Tabela 1), sendo grupo denominado “Outros” corresponde aos indivíduos não identificadas. No grupo *Hymenoptera*, a família *Formicidae* representou quase que a totalidade do grupo, sendo observada em todas as áreas, em maior quantidade nas áreas de eucalipto, solo exposto e pasto (Tabela 4).

Tratando-se de densidade (Tabela 5), o valor máximo foi observado na área de eucalipto (166 indivíduos/m²), enquanto a densidade mínima foi observada na área de pasto (58 indivíduos/m²).

Tabela 5 – Densidade (indivíduos m⁻²) de espécies

	DENSIDADE
Mata Nativa	99
Regeneração	157
Eucalipto	166
Solo exposto	141
Pasto	58

Considerando a frequência de indivíduos, a área de eucalipto apresentou grupos taxonômicos semelhantes ao de mata nativa, tendo o contrário ocorrido com a área de regeneração, solo exposto e o pasto, que se assemelharam em relação à presença e ausência de determinados grupos (Tabela 6).

Tabela 6 – Frequência relativa dos grupos taxonômicos identificados.

	FREQUÊNCIA				
	MN	RG	EP	SE	os
Aracnídeo	9,68	0,00	3,85	0,00	0,00
Blatodea	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00
Coleoptera	12,90	28,57	3,85	15,91	16,67
Dermaptera	0,00	0,00	3,85	0,00	0,00
Diptera	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00
Escolopendromorfos	16,13	8,16	11,54	4,55	8,33
Hemiptera	9,68	4,08	13,46	9,09	8,33
Hymenoptera	9,68	30,61	50,00	59,09	50,00
Isoptera	3,23	22,45	1,92	0,00	0,00
Haplotaixida	3,23	0,00	1,92	0,00	0,00
Outros	29,03	6,12	9,62	11,36	16,67
Índice de Shannon	2,04	1,74	1,67	1,22	0,89

MN: Mata Nativa; RG: Regeneração; EP: Eucalipto; SE: Solo Exposto; PS: Pastagem.

Referente ao índice de *Shannon*, a área que possuiu o maior valor foi a mata nativa, seguida pela área de regeneração, eucalipto, solo exposto e pasto. Este índice leva em consideração a riqueza das espécies e sua abundância relativa, então quanto maior o valor do índice de *Shannon*, maior é a diversidade. Quando o contrário acontece, significa que há a predominância de algum grupo na área, reduzindo a equitabilidade (MOÇO *et al.*, 2005).

5. DISCUSSÃO

5.1 Indicadores físicos de qualidade do solo

A partir da observação dos resultados obtidos, é possível fazer algumas considerações acerca do que foi encontrado. Tratando-se da densidade de partículas (D_p) observada em ambas as áreas, observou-se que a área de solo exposto foi a que apresentou maiores valores. Segundo Reinert e Reichert (2006), a densidade de partículas do solo tende a apresentar valores próximos a $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ em função dos minerais que constituem o solo, que apresentam valores semelhantes a esse de D_p . No entanto, segundo o mesmo autor, quando há elevados teores de óxidos de Fe e Al no solo, os valores podem ser diferentes, sendo os óxidos responsáveis pela elevação da mesma. Logo, pode-se dizer que possivelmente o elevado teor de D_p na área de solo exposto seja justificado pela ocorrência de óxidos de Fe e Al em concentrações relevantes no solo, e por outro lado, a D_p das demais áreas encontram-se com valores próximos à média.

Segundo Reinert e Reichert (2006), as partículas de argila do solo têm formato laminar e são constituídas de minerais de argila (caulinita, ilita, montmorilonita, etc) e óxidos (de Fe, Al, etc). Logo, é possível justificar o teor de D_p do solo exposto ter se sobressaído em comparação ao das demais áreas, já que tal área, de solo exposto, apresenta teor de argila elevado, sendo o mais expressivo na profundidade de 0-10 cm.

5.2 Indicadores químicos de qualidade do solo

A partir dos resultados referentes às análises químicas do solo, pode-se considerar que dentro dos valores de CTC_T apresentados, considerando os teores da soma de bases, pode-se considerar que ambas as áreas apresentaram um solo com boa nutrição para as plantas, uma vez que a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions Ca^{+} , Mg^{+} e K^{+} . Por outro lado, a área de eucalipto pode ser considerada como pobre, uma vez que a maior parte da CTC_T está ocupada por H^{+} e Al^{+} . Esses teores H^{+} e Al^{+} podem ter ocorrido em função da área estar ocupada por uma monocultura e ainda, por ser uma característica comum em plantios desse gênero.

Oliveira, Braga e Costa (2018), em seu trabalho, observaram resultados semelhantes, onde os eucaliptos analisados elevaram os níveis de P disponível no solo, mas por outro lado, promoveram a acidificação e o aumento do Al trocável. Segundo Ronquim (2010), solos com V% maior de 50% são considerados solos eutróficos (férteis) e solos com V% menor que 50%

são considerados solos distróficos (pouco férteis). Logo, os solos da mata nativa, solo exposto e pastagem podem ser considerados férteis, mas em oposição a isso, pode-se considerar os solos de regeneração e eucalipto pouco férteis, segundo os resultados obtidos. É importante ressaltar que ambos os valores avaliados não apresentaram diferença estatística entre si.

Com relação à saturação por alumínio, o solo da área em regeneração é o que se apresenta com maior valor para ambas as profundidades, o que justifica seu V% abaixo de 50%. É um solo com pouco Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} e rico em H^{+} e Al^{3+} , que na profundidade de 0-10 cm não apresenta diferença estatística e para a profundidade de 0-20 cm, mata nativa, solo exposto e pastagem diferem estatisticamente do tratamento eucalipto e regeneração, e ambos diferem entre si.

A área denominada como pastagem, em geral, apresentou melhores resultados na análise química, uma vez que é uma área bem manejada, recebe adubação periodicamente e conta com sistema de irrigação em toda a sua extensão, viabilizando ao solo boa fertilidade e produção de matéria orgânica constante.

5.3 Indicadores biológicos de qualidade do solo

Segundo Antonioli *et al.*, (2006) a adoção de sistemas de monocultivo propiciam o desenvolvimento de determinados grupos faunísticos em detrimento de outros, ao fornecerem um único substrato alimentar, o que foi observado na área de eucalipto, solo exposto e pasto, com predominância do grupo *Hymenoptera*, principalmente, formigas, que são de extrema importância para o solo, uma vez que operam na redistribuição das partículas, dos nutrientes e da matéria orgânica, melhoram a infiltração de água no solo pelo aumento da porosidade e a aeração e são fundamentais no estudo de áreas degradadas, seja em estágio de regeneração ou em áreas florestais com diferentes usos do solo (WINK *et al.*, 2005).

Os *Coleopteras* também foram observados em todas as áreas, em sua maioria na área de regeneração. De acordo com Wink *et al.* (2005), algumas famílias de besouros dentro da ordem Coleoptera são bons bioindicadores da qualidade ambiental, como por exemplo, os besouros da família *Scarabaeidae* que promovem a remoção e o reingresso da matéria orgânica no ciclo de nutrientes, aumentando a aeração do solo e prolongando a sua capacidade produtiva.

A fauna do solo é sensível às modificações ocorridas no ambiente, sejam elas mudanças biológicas, físicas e químicas, como resultantes das práticas de manejo do solo e de cultivo empregadas (BARETTA *et al.*, 2011). De acordo com o referido autor, dentre as modificações físicas que ocorrem no solo, a compactação altera diretamente indivíduos que habitam os poros

do solo, reduzindo-lhes a capacidade de criar suas galerias, como é o caso dos ácaros, minhocas e aranhas. Isso pode explicar a ausência de minhocas e aranhas nas áreas de regeneração, solo exposto e pasto, que provavelmente apresentam solos compactados, seja pelo tráfego de máquinas ou pelo tráfego de animais, e para o caso da área de regeneração, em função do processo de reabilitação em que o solo está passando, além da passagem de animais de grande porte, como bovinos que tendem a transitar tal ambiente.

O grupo Haplotaxida, referente às minhocas, possuem um papel importante no que se refere à qualidade ambiental, visto que possuem papel de destaque na formação do solo, na decomposição e ciclagem de nutrientes e no melhoramento da estrutura do solo (ANDRÉIA, 2010), sendo este grupo observado apenas na mata nativa e no eucalipto.

6. CONCLUSÃO

A área de pasto ao receber um manejo apropriado, adubação e correção do solo, ao longo do tempo tende a apresentar uma maior fertilidade do solo, propiciando assim maior rendimento da cultura implantada sem exaurir o solo.

As áreas vegetadas apresentam melhores índices de diversidade de fauna edáfica, com exceção da área de pasto, (que é uma área vegetada, com atributos químicos adequados) uma vez que o mesmo recebe pisoteio de animais constantemente, o que contribui para a elevação da compactação do solo. Além disso, um único tipo de substrato alimentar tende a favorecer alguns indivíduos da mesofauna em detrimento a outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Maria Ivanilda de. **QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**. UFV: VIÇOSA/MG/BRASIL; 2008.

ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.de.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S.. **RECOMENDAÇÕES PARA O USO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES EM MINAS GERAIS 5ª APROXIMAÇÃO**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG - Viçosa – 1999. Cap. 5.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 1993.

ANDRÉA, M. M. de. 2010. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, Número Especial 2: 95-107.

ANTONIOLLI, Zaida Inês; Conceição, Paulo Cesar; Böck, Valídio; Port, Odair; da Silva, Danni Maisa; Ferreira da Silva, Rodrigo. Método alternativo para estudar a fauna do solo. *Ciência Florestal*, vol. 16, núm. 4, 2006, pp. 407-417, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R. T. R.; **INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO**. Biosci. J., Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, Jul./Set. 2007.

BARROSO, D.G.; FIGUEIREDO, F.A.M.M. de A.; PEREIRA, R. de C.; MENDONÇA, A.V.R.; Silva, L. da C. 2005. **Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca**. Revista Árvore, 29: 671-679.

BARETTA, Dilmar et al.; Fauna edáfica e qualidade do solo. *Ciência do Solo*, 7:119-170, 2011.

BICALHO, I. M.. **Um estudo da densidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12. 2011.

BID. **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL – EIAS**. PROJETO DE MACRODRENAGEM, PROTEÇÃO DE FUNDOS DE VALE E REVITALIZAÇÃO DAS MARGENS DO RIO PARAUAPEBAS – PROSAP. Julho de 2017. Parauapebas-PA.

BRITO, M. F. de; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A.A.; SILVA, R.F. da, MERCANTE, F.M. **Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes**. Pesquisa Agropecuária Brasileira; EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Brasília. v.51; n.3; p.253-260; mar. 2016.

CAMARGO, Flora Ferreira. **INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS AGROECOLÓGICOS NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL SERRA DA MANTIQUEIRA, MG**. Lavras: UFLA, 2016.

- CAMARGOS, S. L.; MURAOKA, T.; FERNANDES, S. A. P.; SALVADOR, J. O. 2002. **Diagnose nutricional em mudas de castanheira-do-brasil**. Revista Agricultura Tropical, Cuiabá, 6(1):81-96.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. **Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1995.
- CARDOSO, E.L.; FERNANDES, A.H.B.M.; FERNANDES, F.A. **Análise de Solos: Finalidade e Procedimentos e Amostragem**. Comunicado Técnico 79. Corumbá-MS. Dez. 2009.
- CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. de. **Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, fev. 2000. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).
- CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J.M. e BRASIL, E.C.. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.
- DE-POLLI, Helvécio; PIMENTEL, Márcio Sampaio. **Indicadores de Qualidade do Solo**. Embrapa. Capítulo 1. Dezembro de 2006.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-22.
- DORAN, J. W.; ZEISS, M. R.. Ecologia do solo aplicado. **Saúde e sustentabilidade do solo: gestão do componente biótico da qualidade do solo**. Vol. 1. Ed. 1. Ago 2000, pg. 3 – 11.
- EMBRAPA, 2017. Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 573 p. : il. color.
- GOMES, Marco Antonio Ferreira; FILIZOLA, Heloisa Ferreira. **INDICADORES FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DE SOLO DE INTERESSE AGRÍCOLA**. Embrapa-Meio Ambiente. Jaguariúna, 2006.
- GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD S.C.. **A IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA PLANTA**. INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS. POTAFOS. n.95. Setembro de 2001.
- LAVELLE, P. **Diversity of soil fauna and ecosystem function**. Biology International, Paris, v.33, p.3-16, 1996.
- LIMA, Valmiqui Costa; LIMA, Marcelo Ricardo de; MELO, Vander de Freitas. **O SOLO NO MEIO AMBIENTE**. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências agrárias. Curitiba – PR. 2007.
- LOPES, C.F.; TAMANINI, C.R.; MONTE SERRAT, B., LIMA, M.R. **Acidez do solo e calagem**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Projeto de Extensão Universitária Solo Planta, 2002. (Folder).

Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa. 2ª Ed. Brasília – DF. 2009.

Manual Internacional de Fertilidade do Solo. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. 2 ed., rev. e ampl. Piracicaba : POTAFOS, 1988. 177 p.

MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, Á.L.; ROSA, J.D.; GATIBONI, L.C.. **Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 4, p. 799-806, out./dez. 2008.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F.T.; ROCHA, W.S.D. da.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, C.A. de. OLIVEIRA, A.V. de. **BIOLOGIA Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos**. CES Revista; v. 24; Juiz de Fora. 2010.

MOÇO, M. K. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4. p. 555-564, 2005.

MONZÓN, A.D.D. **Avaliação de Algumas Propriedades Físicas do Solo em Diferentes Usos em um Ultisol**. XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo. Xanxerê. 2018.

OLIVEIRA, J.R.de; BRAGA, F. de A.; COSTA, M.R.. **IMPACTO DO EUCALIPTO NA FERTILIDADE DO SOLO**. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental São Bernardo do Campo/SP – 26 a 29/11/2018. Pgs. 1-9.

PINHEIRO, A. D. S. et. al.. **Influência de diferentes sistemas de produção na qualidade do solo no município de Paragominas – PA**. Amazon Soil. II Encontro Regional de Ciência do Solo na Amazônia Oriental. 2016.

RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fósforo: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.. **PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO**. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Maio de 2006.

RONQUIM, C.C.. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Monitoramento por Satélite Campinas, SP 2010.

ROVEDDER, A.P.; ANTONIOLLI, Z.I.; SPAGNOLLO, Evandro; VENTURINI, S.F.. **FAUNA EDÁFICA EM SOLO SUSCETÍVEL À ARENIZAÇÃO NA REGIÃO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.3, n.2, p. 87-96, 2004

ROVEDDER, A.P.M.; ELTZ, F.L.F.; DRESCHER, M.S.; SCHENATO, R.B.; ANTONIOLLI, Z.I.. **Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa**. Ciência Rural, Santa Maria, Online. 2008.

SAATH, K.C.O de; FACHINELLO, A.L. **CRESCIMENTO DA DEMANDA MUNDIAL DE ALIMENTOS E RESTRIÇÕES DO FATOR TERRA NO BRASIL**. Rev. Econ. Sociol. Rural vol.56 nº.2 Brasília Apr./June 2018.

SANTOS, C.A.G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V.S.. **INFLUÊNCIA DO TIPO DA COBERTURA VEGETAL SOBRE A EROSÃO NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.92-96, 2000 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

SARAIVA, J. dos S. et. al..**ACIDEZ POTENCIAL EM UM LATOSSOLO AMARELO, BELÉM, PARÁ**. III Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER PDVAGR. 2018.

SCHLINDWEIN, Jairo André; GIANELLO, Clesio. **CALIBRAÇÃO DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS CULTIVADOS SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2008. Pg. 2038-20449.

SILVA, E.B. et al.. **Estimativa da acidez potencial pelo pH_{SMP} em solos da região norte do estado de Minas Gerais**. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.26 no.2 Viçosa Apr./June 2002.

SILVA, J.E. da. **BALANÇO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO E DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM SOLOS SOB CERRADO**. Pesq. agropec. bras., Brasília, 15(3):329-333, jul. 1980.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. 2002. **Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de Eucalyptus grandis com Eucalyptus urophylla**. Cerne, 8(2): 107-116.

SOBRAL, Lafayette Franco; BARRETTO, Marcos Cabral de Vasconcellos; SILVA, Airon José da; ANJOS, Joézio Luiz dos. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Embrapa Tabuleiros Costeiros Aracaju, SE. 2015.

SOUZA, M. H.; VIEIRA, B.C.R.; OLIVEIRA, A.P.G.; AMARAL, A.A. do. **MACROFAUNA DO SOLO**. Enciclopédia Biosfera; Centro Científico Conhecer. Goiânia. v.11; n.22; p.115; 2015.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979. 372p.

VELOSO, C.A.C.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S.; VEIGAS, I.A. de J.M.. **Efeito de diferentes materiais no pH do solo**. Sci. agric. (Piracicaba, Braz.) vol. 49. Piracicaba. 1992.

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. **Uma visão sobre qualidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.33 no.4 Viçosa July/Aug. 2009.

VIÉGAS, I. de J.M.; SOUSA, G.O. de; SILVA, A.F. da; CARVALHO, J.G.de; LIMA, M.M. . **Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (Piper hispidinervum C. DC.)**. Revista ActaAmaônica. vol. 43(1) 2013: 43 – 50.

WINK, Charlotte et al.; Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p. 60-71, 2005.