

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO E AVALIAÇÃO SOCIOAMBIENTAL EM ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO LIXÃO DE CASTANHAL – PA

Soil chemical characterization and socio-environmental assessment in the area
of influence of the Castanhal – PA dump

Larissa Manfredo Soares
Universidade Federal Rural da Amazônia
laris.manfredo@gmail.com

Ivan Carlos da Costa Barbosa
Universidade Federal Rural da Amazônia
ivan.barbosa1212@gmail.com

Ayslla Mendonça dos Santos Santos
Universidade Federal Rural da Amazônia
ayslla3@gmail.com

Emerson Renato Maciel da Silva
Universidade Federal do Pará
emersonrvs255@gmail.com

Albertino Monteiro Neto
Universidade Federal Rural da Amazônia
albertino.monteiro.neto@gmail.com

RESUMO: O solo tem sido um dos principais recursos naturais afetados pelo mau gerenciamento dos resíduos sólidos, o que impacta diretamente em sua qualidade e produtividade, devido às alterações sofridas em suas características físicas, químicas e biológicas. Dessa forma, objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo nos arredores do lixão de Castanhal (PA) de acordo com a sazonalidade e declividade da área, bem como entender a dinâmica ambiental e socioeconômica do local. Para isso, coletou-se amostras de solo em três pontos próximos ao lixão e em um ponto de referência em área de vegetação afastado do mesmo, considerando a diferença percentual de declividade na área escolhida, nos meses de março e outubro de 2018. Além disso, para coletar dados de características ambientais, foi aplicado um formulário de avaliação ambiental elaborado com base no questionário da metodologia MESMIS. Os resultados mostraram a influência do lixão nas características do solo quando comparados aos da área de referência. A diferença de declividade entre os pontos não foi um fator significativo para os resultados, e sim as condições ambientais destes. Diferente dos pontos próximos ao lixão, o ponto de referência apresentou, entre outras características, solos mais escuros e com boa cobertura, presença de horizonte O, alta atividade biológica e ausência de erosão, o que contribuiu para que apresentasse melhores teores de cátions trocáveis, matéria orgânica e CTC, quando comparado aos outros pontos. Com relação à sazonalidade, poucos parâmetros apresentaram diferença significativa.

Palavras-chave: Diagnóstico ambiental; Qualidade química do solo; Resíduos sólidos.

ABSTRACT: Soil has been one of the main natural resources affected by poor solid waste management, which directly impacted its quality and productivity, due to changes in its physical, chemical and biological characteristics. Thus, the objective was to evaluate the chemical attributes of the soil in the surroundings of the Castanhal (PA) dump according to the seasonality and slope of the area, as well as to understand the environmental and socioeconomic dynamics of the place. For this, soil samples were collected at three points near the dump and at a reference point in a vegetation area away from it, considering the percentage difference in slope in the chosen area, in March and October 2018. In addition, to collect data on environmental characteristics, an environmental assessment form was applied based on the MESMIS methodology questionnaire. The results showed the influence of the dump on the soil characteristics when compared to the reference area. The difference in slope between the points was not a significant factor for the results, but their environmental conditions. Unlike the points near to the dump, the reference point had, among other characteristics, darker soils with good coverage, presence of an O horizon, high biological activity and absence of erosion, which contributed to presenting better levels of exchangeable cations, organic matter and CTC, when compared to the other points. Regarding seasonality, few parameters showed a significant difference.

Keywords: Environmental diagnosis; Soil chemical quality; Solid waste.

INTRODUÇÃO

Devido ao acelerado crescimento populacional, tem sido observado cada vez mais o aumento na geração de resíduos sólidos em decorrência do consumo de produtos industrializados. Esse crescente aumento é acompanhado pelo desafio de gerenciá-los e dar a eles a destinação correta, a fim de evitar que ocorram impactos negativos sobre o meio ambiente e saúde da população (SILVA, 2021). Em geral, os resíduos sólidos produzidos no Brasil são dispostos em aterros sanitários, aterros controlados e vazadouro a céu aberto (ABRELPE, 2018). Para que os resíduos sejam dispostos de maneira adequada, deve-se levar em consideração os aspectos ambientais, sociais e econômicos do local escolhido (MARQUES, 2011).

Quando os resíduos sólidos não são tratados adequadamente, podem causar diversos impactos, principalmente ao solo e à água, e conseqüentemente à saúde (OLIVEIRA; MIRANDA; SOARES, 2019). Tendo em vista que ambos são recursos indispensáveis para a manutenção da vida na Terra, é de extrema importância que sejam seguidos protocolos que tenham como objetivo estabelecer medidas para minimizar os danos. A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), entre outras recomendações, determina em seu Art. 54º que todos os lixões de municípios brasileiros devam ser desativados até agosto de 2014 e substituídos por aterros sanitários (BRASIL, 2010). Entretanto, esse prazo foi prorrogado, devendo ser cumprido até 2021 em capitais e regiões metropolitanas; e até 2022 em cidades com mais de 100 mil habitantes (OLIVEIRA, 2020).

No solo e na água, a contaminação por resíduos sólidos se dá geralmente por meio da percolação do chorume, que é caracterizado por um líquido de coloração escura resultante da decomposição da matéria orgânica (GOUVEIA, 2012). Com a infiltração do chorume no solo, ocorrem diversas alterações químicas que podem afetar na qualidade e produtividade do mesmo. Entre os parâmetros químicos que atuam sobre a qualidade do solo, Araújo et al. (2012) destacam a matéria orgânica, que tem certo grau de influência nas propriedades físicas do solo, bem como no funcionamento do ecossistema no mesmo; e a elevada presença de Al^{+3} , que pode causar limitações ao desenvolvimento vegetal. A disponibilidade de nutrientes, como cálcio e magnésio trocáveis, potássio, acidez, saturação de bases, saturação de alumínio, entre outros, também estão entre os parâmetros químicos que contribuem para a avaliação de qualidade do solo. Em áreas de lixão, a presença desses parâmetros é geralmente influenciada pela erosão hídrica, percolação da água e lixiviação (OLIVEIRA et al, 2016).

Diante do exposto, a realização de estudos que visem avaliar os atributos químicos do solo, levando em consideração a sua declividade e a sazonalidade local, é de grande relevância, pois a partir disso é possível obter conhecimento acerca da dinâmica ambiental, tornando mais fácil o planejamento de ações que visem o manejo sustentável do solo. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os atributos químicos do solo na área circunvizinha ao lixão do município de Castanhal (PA) de acordo com a sazonalidade e declividade da área, bem como entender a dinâmica ambiental e socioeconômica do local.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área escolhida para realização deste estudo situa-se no entorno do lixão a céu aberto localizado no município de Castanhal (coordenadas geográficas 07°20'53" latitude sul e 50°23'45" longitude oeste) (Figura 1).

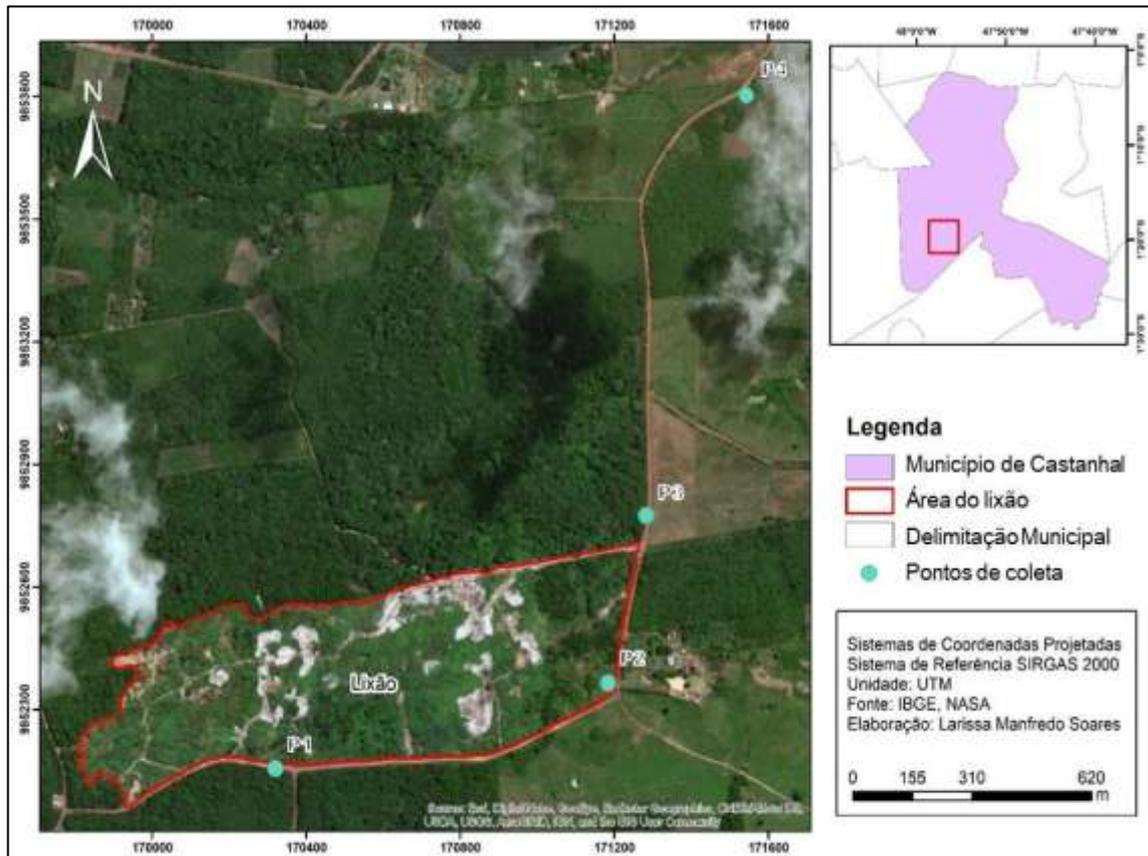


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autores (2018).

O município destina seus resíduos sólidos a este lixão que possui cerca de 52,83 km² de área, presente no bairro do Pantanal, próximo a agrovila Boa Vista. Este lixão existe há cerca de 20 anos e recebe vários tipos de resíduos provenientes tanto da cidade quanto de subprefeituras próximas, a exemplo de Apeú e Jaderlândia (QUADROS et al., 2017). Neste local são dispostos vários tipos de resíduos, sendo eles plásticos, metais, resíduos orgânicos, entulhos, papéis, eletrônicos, hospitalar, entre outros, como mostra a Figura 2.



Figura 2. Lixão de Castanhal: (a) Entrada do lixão; (b) Despejo de resíduos no solo. **Fonte:** Autores (2018)

A presença do lixão representa risco à saúde de pessoas que residem no bairro, visto que neste, o saneamento básico ainda é ineficiente. O abastecimento de água de bairros próximos ao lixão é realizado por micro sistemas de captação e, principalmente, por captação de água em poços freáticos (rasos) e artesianos (profundos), e igarapés próximos, advindo do rio Apeú (B&B ENGENHARIA, 2011; IDEFLOR-BIO, 2017).

O estado em que se encontra o ambiente, afeta direta e indiretamente na qualidade de vida da população que reside nas proximidades de lixões (FÁVARO, 2014). No lixão de Castanhal, existem pessoas que residem na área e trabalham no mesmo como catadores informais, estando expostas a diversos riscos à saúde. Além disso, muitas crianças acompanham os pais, seguindo a mesma rotina, e conseqüentemente crescem em condições precárias para seu desenvolvimento moral, psíquico e social (QUADROS et al., 2017).

Para que fosse possível definir a declividade do local, foram realizados estudos a partir da elaboração de mapas, utilizando o *software* ArcGis 10.3.1. A partir de dados secundários coletados da *Science for a changing world* (USGS), em seu site (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), foi possível ter acesso à imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Após realizar o tratamento da imagem, fez-se extração da curva de nível de cinco metros e então a elaboração do mapa de declividade, com valores em porcentagem, tanto para o município de Castanhal como para a área de estudo.

De maneira geral, o município é classificado como plano, levando em consideração sua declividade que varia entre 0 a 3%, porém algumas áreas são vistas porcentagens maiores (VALENTE et al., 2001), como mostra a Figura 3.

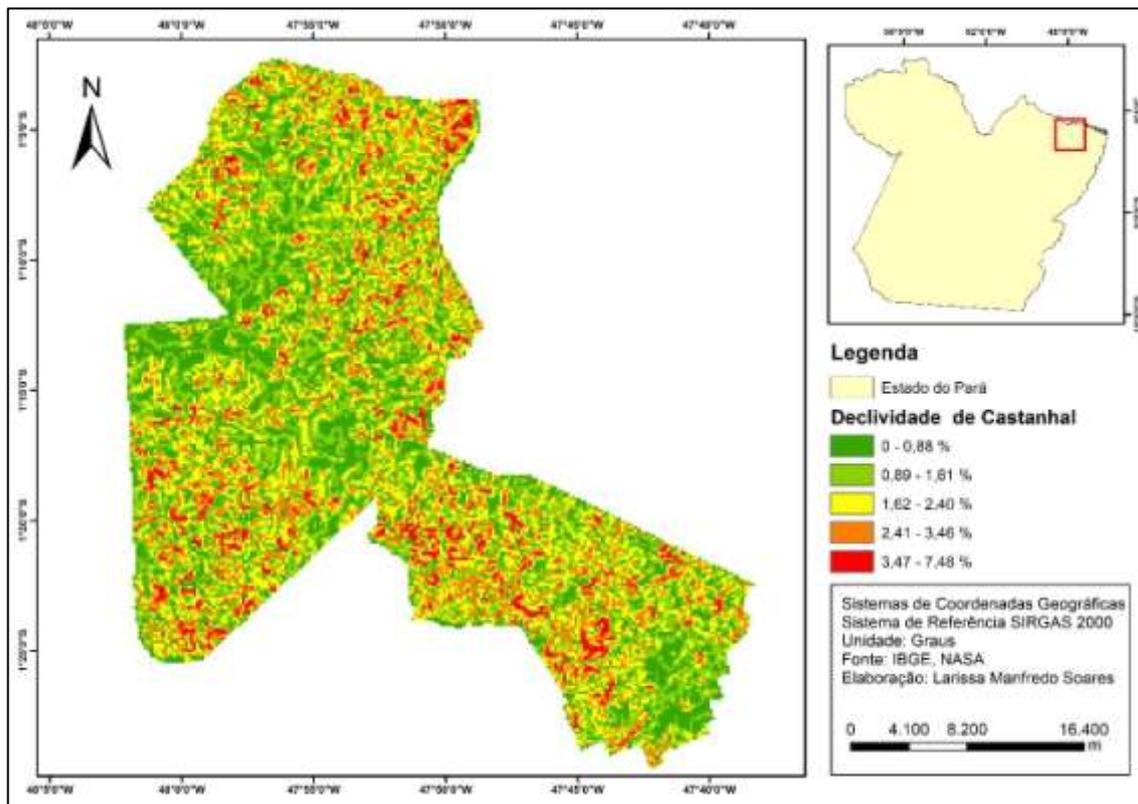


Figura 3. Mapa de declividade do município de Castanhal. Fonte: Autores (2018).

Clima

De acordo com os dados de pluviosidade obtidos a partir de estações meteorológicas pertencentes à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, em seu site (www.ana.gov.br), a estação chuvosa ocorre nos meses de dezembro a maio, e a menos chuvosa, entre junho e novembro, como mostra a Figura 4.

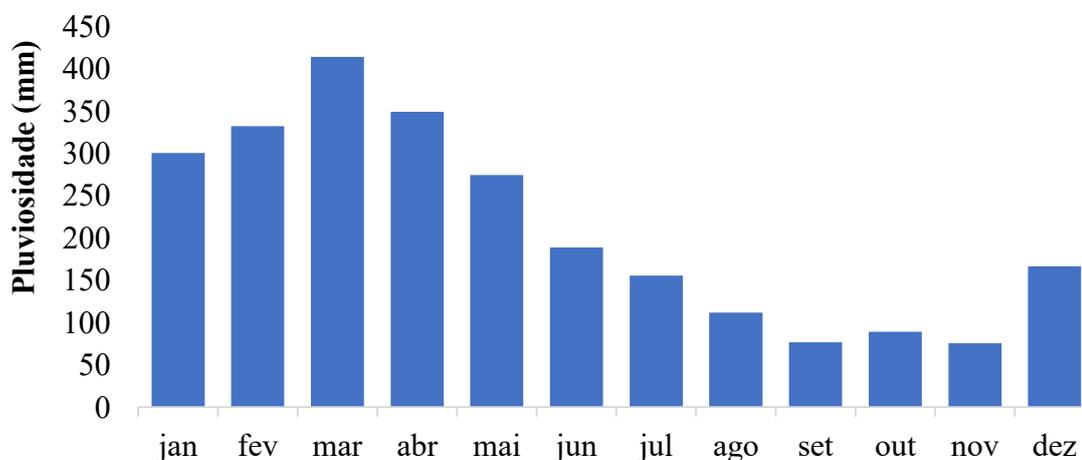


Figura 4. Pluviosidade de Castanhal (1973-2017), segundo os dados da ANA. Fonte: Autores (2018).

Foram escolhidos dois meses para a realização das coletas. Para tal escolha, considerou-se a diferença de sazonalidade mostrada no gráfico anterior. Assim, no mês de março de 2018 foi realizada a primeira coleta, a fim de representar o período de alta pluviosidade. Para que a segunda coleta compreendesse o período de baixa pluviosidade, essa ocorreu no mês de outubro de 2018.

Amostragem do solo

Para amostragem dos pontos foi observada a diferença percentual de declividade do local. A partir dessa informação foram escolhidos quatro pontos de coleta de solo (Tabela 1). Desses, três pontos estão localizados em área próxima ao lixão com cobertura arbustiva em maior parte das áreas, e um ponto em área de cobertura de vegetação secundária distante a 1,16 km e sem interferência do lixão, atuando como ponto de referência (Figura 1). Todos os pontos escolhidos estão localizados em valores diferentes de porcentagem de declividade (Figura 5).

Tabela 1. Coordenadas dos pontos de coleta.

Pontos	Latitude	Longitude
P1 – Lixão	1°20'08.8" S	47°57'43.4" W
P2 – Lixão	1°20'01.8" S	47°57'15.9" W
P3 – Lixão	1°19'48.4" S	47°57'12.7" W
P4 – Referência	1°19'14.5" S	47°57'04.0" W

Fonte: Autores (2018).

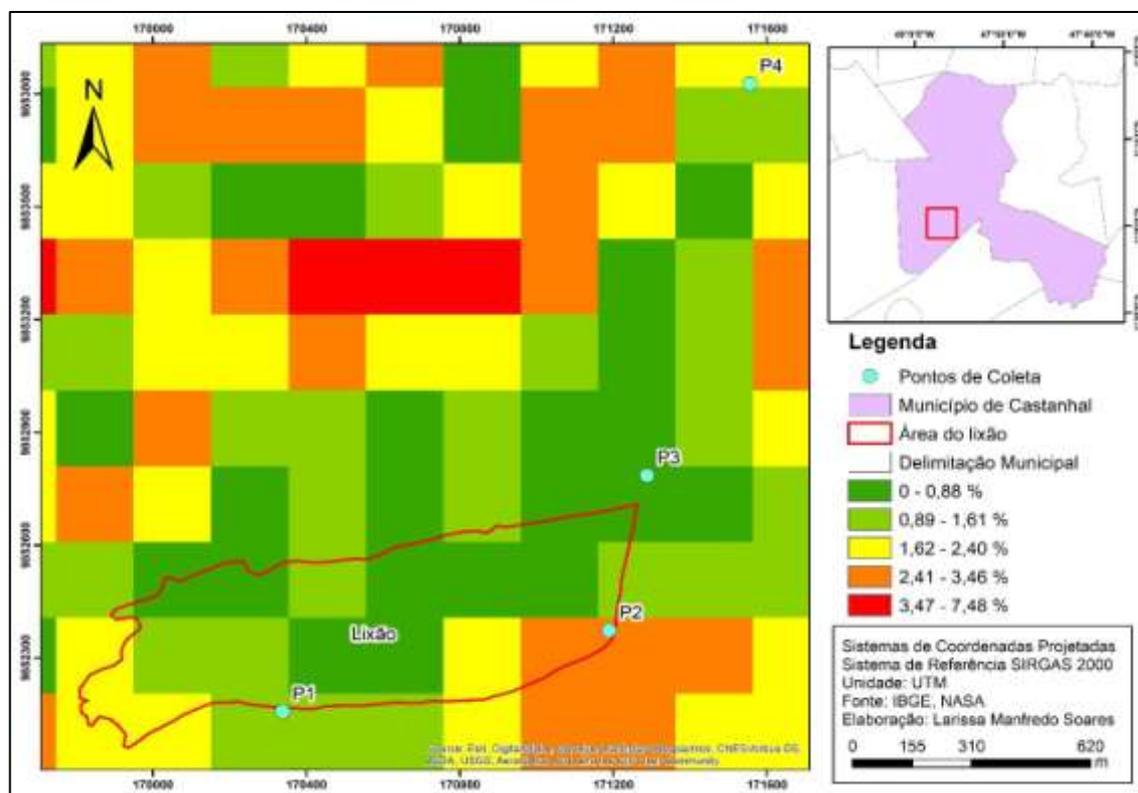


Figura 5. Mapa de pontos de amostragem de acordo com os valores de declividade. Fonte: Autores (2018).

Foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm utilizando um trado holandês. Cada ponto mostrado na Figura 6 representa uma amostra composta de três amostragens simples de solo, retiradas próximas ao ponto escolhido, realizada de acordo com a metodologia de amostragens compostas descrita no Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (SILVA, 2009). Em seguida, as amostras coletadas foram dispostas em um recipiente plástico, limpo com água destilada e posteriormente seco, para realização de sua homogeneização. Após a realização das coletas, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas e levadas ao Laboratório de Físico-Química do Centro de Tecnologia Agropecuária (CTA), da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), para tratamento do solo e realização das devidas análises.

Análises em laboratório

As análises foram realizadas no laboratório do CTA e no Monitora Laboratórios. Para isso, as amostras foram previamente tratadas: o solo foi disposto em recipiente aberto para secagem ao ar livre durante sete dias, sendo em seguida passado por peneira de 2 mm com o intuito de retirar os resíduos ainda presentes. Ao final desse processo, obtiveram-se as amostras de terra fina seca ao ar (TFSA), que foram armazenadas e identificadas de acordo com os pontos de coleta.

Para a avaliação das características químicas do solo na área escolhida, utilizando como base a metodologia descrita no Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (SILVA, 2009), foram realizadas as seguintes análises: Umidade (%); pH em água, KCl 1N e CaCl₂ 0,01M (Adimensional); Condutividade elétrica/CE (uS.cm⁻¹); Carbono orgânico/CO (%); Matéria Orgânica/MO (%) (utilizando fator de conversão MO = CO x 1,724); Sódio/Na⁺ (mg/dm³ TFSA); Potássio/K⁺ (cmol_d/dm³ TFSA); Alumínio trocável/Al⁺³ (cmol_d/dm³ TFSA); Cálcio trocável/Ca⁺² (cmol_d/dm³ TFSA); Magnésio trocável/Mg⁺² (cmol_d/dm³ TFSA) e Acidez potencial/H⁺ + Al⁺³ (cmol_d/dm³ TFSA).

Com isso, foi possível realizar os cálculos de CTC efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m). Sendo as duas últimas em valores percentuais.

Avaliação ambiental

Ao analisar componentes ambientais, torna-se importante entender como se encontra o local de estudo. Dentre as ferramentas utilizadas para isso, está a metodologia MESMIS. Esse modelo possui enfoque sistêmico ao ambiente analisado, considerando sua complexidade, aplicando-se principalmente a áreas de alcance local (RODRIGUES, 2016). Após a aplicação da metodologia é gerado um índice estatístico que indicará o grau de sustentabilidade da área (BARBOSA et al., 2017).

Logo, durante as visitas ao local para coleta de solo, foi realizada também uma avaliação ambiental em cada ponto, utilizando como base a metodologia MESMIS, modificada para um formulário de avaliação. A aplicação deste objetivou a busca do melhor entendimento da dinâmica local, de acordo com parâmetros ambientais pré-estabelecidos, conforme as características da área e o tipo de atividade que nela é desenvolvida. Sendo assim, foram levados em consideração parâmetros que englobam tanto a dimensão ambiental como socioeconômica, avaliados de maneira visual.

Os parâmetros selecionados foram, principalmente, aqueles voltados para avaliação do solo. Dentre eles, a presença de processos erosivos, visto que contribuem para o empobrecimento do solo em detrimento do arraste de partículas do solo ricas em nutrientes (SANTOS et al., 2010); coloração do solo e a profundidade da camada superficial escura, pois segundo Brady e Weil (2013), a presença de matéria orgânica no solo contribui para coloração mais escura nos horizontes superficiais, que por sua vez, está relacionada à produtividade vegetal juntamente com um ambiente úmido; além da atividade biológica do solo, que contribui para o seu bom funcionamento (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Dentre os parâmetros socioeconômicos, estão presença de lixo, queimadas, utilização para fins educacionais e atividades econômicas. Sendo o último, desempenhado por pessoas físicas ou jurídicas, a partir de recursos ou serviços que lhes retornem valor econômico. Esses são fatores que contribuem tanto para o empobrecimento do solo como para sua contaminação, devido à ocupação humana (ABREU JÚNIOR et al., 2005). Os parâmetros escolhidos para avaliação encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros para avaliação de sustentabilidade e socioeconômica.

Parâmetros Ambientais		Avaliação	
Isolamento de outros fragmentos	Muito isolados	Medianamente isolados	Pouco isolados
Presença de processos erosivos	Elevado, presença de sulcos	Médio, pouca presença de sulcos	Ausente
Formação de crosta superficial no solo	Sim, em mais de 50% da área	Sim, em menos de 50% da área	Ausência
Cor do solo	Coloração mais clara	Coloração mais escura	Coloração bem escura
Profundidade da camada escura (horizonte O) do solo	0-5 cm	5-15 cm	>15 cm
Cobertura do solo	Solo visualmente pouco coberto, pouca ou nenhuma palhada, sem sinais de decomposição	Fina camada de palha, cobertura do solo acima de 50%	Solo visualmente bem coberto, restos vegetais em diferentes estágios de decomposição
Atividade biológica no solo	Sem sinais da presença de minhocas e/ou artrópodes	Presença de algumas minhocas e/ou artrópodes	Abundância de minhocas e artrópodes
Regeneração natural	Baixa	Média	Alta

Parâmetros Ambientais		Avaliação	
Parâmetros Socioeconômicos		Avaliação	
Presença lixo/entulho	Presente em mais de 3 locais	Presente em menos de 3 locais	Não há
Queimadas	Frequente (mais de uma vez ano-1)	Esporádico (menos de uma vez ao ano-1)	Não há
Ocupação humana	Alta (em mais de 50% da área)	Média (entre 25 e 50% da área)	Baixa (em menos de 25% da área)
Exploração econômica da área	Elevada (em mais de 50% da área)	Média (entre 25 e 50% da área)	Baixa (em menos de 25% da área)
Utilização para fins educacionais	Não há	Pouco frequente	Frequente

Fonte: BARBOSA, et al. (2017) (Adaptado).

Por meio da aplicação da metodologia MESMIS é possível realizar a avaliação de um determinado sistema de recursos naturais quanto a sua sustentabilidade (RODRIGUES, 2016). Portanto, sua aplicação no presente estudo visou auxiliar na interpretação dos valores de atributos químicos encontrados no solo, avaliados tanto pelo contexto ambiental como socioeconômico.

Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram tabulados para os cálculos de médias e desvios-padrão no *software* Microsoft Excel[®] 2010. Para avaliar os parâmetros químicos do solo nos diferentes períodos sazonais da área de estudo, foi realizado o teste estatístico de média *t* de *Student* pareado, utilizando 5% de significância, no qual foi analisado no *software* estatístico MINITAB 18[®].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atributos químicos do solo

Os resultados dos parâmetros químicos avaliados entre os pontos em diferentes declividades são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros químicos do solo em pontos de diferentes áreas e percentuais de declividade.

Parâmetro	Pontos (Declividade)			
	P1 (0,89 – 1,61%)	P2 (2,41 – 3,46%)	P3 (0-0,88%)	P4 (1,62 – 2,40%)
Umidade (%)	15,94 ± 1,94	17,92 ± 0,65	12,50 ± 4,03	19,45 ± 4,28
pH em H ₂ O	6,47 ± 0,19	6,25 ± 0,12	6,07 ± 0,15	5,89 ± 0,40
pH em KCl 1N	5,31 ± 0,49	5,82 ± 0,21	5,59 ± 0,11	5,44 ± 0,04
pH em CaCl ₂ 0,01M	5,52 ± 0,10	5,78 ± 0,14	5,65 ± 0,17	5,60 ± 0,15
CE (uS.cm ⁻¹)	56,03 ± 2,62	81,22 ± 10,96	74,03 ± 29,75	78,73 ± 24,09
Al ⁺³ (cmol _d /dm ³)	0,06 ± 0,05	0,03 ± 0,05	0,03 ± 0,05	0,03 ± 0,05
H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _d /dm ³)	4,35 ± 1,45	1,79 ± 0,22	6,11 ± 1,18	7,05 ± 2,49

CO (%)	0,26 ± 0,08	0,51 ± 0,36	1,08 ± 0,92	1,83 ± 0,87
MO (%)	0,46 ± 0,14	0,88 ± 0,61	1,86 ± 1,58	3,15 ± 1,50
Ca ⁺² (cmol _e /dm ³)	1,20 ± 0,47	3,81 ± 2,13	2,13 ± 0,19	3,84 ± 0,15
Mg ⁺² (cmol _e /dm ³)	0,57 ± 0,18	0,68 ± 0,34	0,25 ± 0,18	1,70 ± 0,36
Na ⁺ (mg/dm ³)	4,00 ± 2,19	4,50 ± 4,92	3,00 ± 1,10	5,50 ± 0,55
K ⁺ (cmol _e /dm ³)	0,02 ± 0,04	0,04 ± 0,04	0,02 ± 0,04	0,03 ± 0,04
t (cmol _e /dm ³)	1,86 ± 0,68	4,57 ± 2,44	2,45 ± 0,14	5,62 ± 0,31
T (cmol _e /dm ³)	6,15 ± 2,10	6,33 ± 2,32	8,53 ± 1,25	12,64 ± 2,71
V (%)	29,13 ± 1,06	67,40 ± 14,56	28,78 ± 3,52	45,66 ± 8,09
m (%)	3,04 ± 2,74	1,33 ± 2,07	1,24 ± 1,93	0,53 ± 0,82

CE: Condutividade elétrica; Al⁺³: alumínio trocável; H⁺ + Al⁺³: acidez potencial; CO: carbono orgânico; MO: matéria orgânica; Ca⁺²: cálcio trocável; Mg⁺²: magnésio trocável; Na⁺: sódio trocável; K⁺: potássio; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

As determinações feitas utilizando o KCl 1N e CaCl₂ 0,01M foram realizadas para evitar o efeito de sais nas amostras, visto que após as coletas a matéria orgânica continua sendo decomposta por microrganismos, podendo diminuir o valor real do pH no solo. Com relação a acidez ativa (pH em água), P3 e P4 apresentaram menores valores. Os valores de pH em água encontrados em todos os pontos do lixão estão de acordo com o valor ideal para disponibilidade de nutrientes para as plantas, que compreende valores entre 6,0 e 7,0, faixa onde o alumínio encontra-se na forma precipitada (MARTINS, 2005). Deve-se atentar aos valores de pH, pois estes estão ligados à mobilidade de poluentes do solo, podendo alcançar as águas superficiais ou subterrâneas (BRADY; WEIL, 2013).

Sobral et al. (2015) estabelecem valores de referência para os teores de alguns nutrientes encontrados nos solos, presentes na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de referência para resultados de análises de solos.

	Faixa de teores		
	Baixa	Média	Alto
Al ⁺³ (cmol _e /dm ³)	< 0,3	0,3 – 1,0	> 1,0
Ca ⁺² (cmol _e /dm ³)	< 1,5	1,4 – 4,5	> 4,5
Mg ⁺² (cmol _e /dm ³)	< 0,5	0,5 – 1,5	> 1,5
MO (%)	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
t (cmol _e /dm ³)	< 2,0	2,0 – 4,0	> 4,0
T (cmol _e /dm ³)	< 5,0	5,0 – 15,0	> 15,0
V (%)	< 50,0	50,0 – 70,0	> 70,0
m (%)	< 30,0	30,0 – 50,0	> 50,0

Fonte: Sobral et al. (2015).

Ao considerar a tabela anterior, os valores encontrados de alumínio trocável estão baixos. O alumínio presente no solo em grande quantidade é considerado um elemento tóxico aos organismos do solo, que devido à sua toxicidade também exerce grande influência negativa sobre as raízes das plantas causando limitações ao crescimento e produtividade (RONQUIM, 2010; SOBRAL et al., 2015; ANDRADE et al., 2021). Altos valores de alumínio, prejudicam a ação de recuperação de áreas degradadas, por exemplo, pois esse elemento tem grande potencial de acidificar o solo devido sua tendência a hidrolisar, ligando-se às hidroxilas da molécula de água e liberando H^+ para o meio. Para os valores encontrados na área estudada, entende-se que não há prejuízos aos organismos por este fator. Isso é confirmado quando se avalia a saturação por alumínio, que é a porcentagem de alumínio presente na CTC efetiva quando comparado a outras bases. Segundo Ronquim (2010), valores de saturação por alumínio menores que 5% não são prejudiciais ao solo, como foi o caso de todos os pontos de estudo.

Os elementos cálcio, magnésio e potássio são bastante requeridos para nutrição mineral das plantas (BARROS, 2020). Os valores de cálcio trocável apresentam nos pontos de maior declividade (P2 e P4), maiores concentrações. Entretanto, considerando os valores de referência da Tabela 4, todos os pontos apresentam valores médios, com exceção de P1 que possui baixa concentração. O teor de magnésio trocável apresentou-se alto apenas no solo de P4. Nos pontos P1 e P2 foram encontrados valores médios de magnésio, e em P3 o valor foi considerado baixo.

As concentrações dos elementos cálcio e magnésio na área próxima ao lixão, comparadas aos valores encontrados na área de vegetação, corroboram com o estudo de Oliveira et al. (2016). Neste, apesar de os valores terem sido baixos nos pontos avaliados, as concentrações encontradas no ponto de referência foram relativamente maiores. Entretanto, em estudo de Alves (2016) foram observados valores elevados para cátions trocáveis em área de lixão, sendo superior aos valores de mata, evidenciando processo de degradação do solo por sobrecarga de nutrientes.

Em relação à CTC total, o ponto P4 apresentou maior valor, bem como a CTC efetiva. De acordo com os dados obtidos, todos os pontos apresentaram média CTC total e apenas os pontos P2 e P4 apresentaram CTC efetiva alta ao serem comparados aos valores de referência de Sobral et al. (2015). Os valores observados em pontos próximos ao local do lixão assemelham-se aos encontrados em estudo de Oliveira et al. (2016). Nestas áreas é interessante ter CTC elevada, pois segundo Alcântara et al. (2011), os solos, ao disponibilizarem cargas negativas, se ligam aos metais pesados e os imobilizam, diminuindo sua lixiviação e contaminação em recursos hídricos próximos.

Uma das causas de os pontos próximos ao lixão terem apresentado menores valores de CTC, pode ser em decorrência dos baixos teores de carbono orgânico e matéria orgânica neles encontrados (CÓ JÚNIOR, 2011). Como pode ser observado nos resultados, os pontos situados próximos ao lixão foram os que apresentaram menores valores em relação a esses parâmetros. Esse comportamento da matéria

orgânica também foi observado por Alves (2016), resultante da ocorrência de erosão hídrica na área de lixão. Nos pontos próximos ao lixão de Castanhil, também foram observados processos erosivos, fato que pode ter contribuído para menor teor de matéria orgânica, principalmente nos pontos P1 e P2. Dessa forma, o ponto P4 apresentou melhor teor de matéria orgânica que os demais, influenciando em um valor de CTC maior. A umidade pode ter sido um fator que contribuiu para que esse ponto tivesse maior valor de matéria orgânica, visto que entre todos os pontos, o P4 foi o que apresentou maior valor para umidade. Para Carneiro (2012), a umidade é um dos fatores que contribuem para a decomposição de material orgânico, uma vez que ela pode interferir na atividade biológica do solo.

Para Sobral et al. (2015), a saturação por bases representa a proporção em que ocorre capacidade de troca de cátions pelas bases, e segundo Ronquim (2010) pode ser considerada como um indicativo geral de fertilidade do solo. Neste caso, a saturação por bases apresentou-se com baixos valores nos pontos P1 e P3, devido ao fato desses pontos terem apresentado menores valores de cálcio, magnésio, potássio e sódio. O ponto P2 foi o único classificado como eutrófico, por apresentar saturação por bases acima de 50%. Segundo Alves (2016), a disposição inadequada de resíduos sólidos no solo pode ser um fator para que haja desequilíbrio químico de nutrientes no mesmo.

De acordo com Perez et al. (2014), a condutividade elétrica está relacionada à composição química do solo, teor de água, íons trocáveis, teor de matéria orgânica, podendo até ser um indicativo de contaminação. Diante disso, observou-se que os pontos com maiores valores de saturação por bases também foram os pontos em que a condutividade elétrica se mostrou mais elevada, devido à maior concentração de cátions trocáveis presentes nestes solos.

De acordo com os valores encontrados no teste t de *Student* (Tabela 5), foi possível perceber a influência dos diferentes períodos sazonais sob os parâmetros analisados.

Tabela 5. Parâmetros químicos do solo em diferentes períodos sazonais.

Parâmetro	PC	PMC	p-valor
	Médias		
Umidade (%)	17,98 ± 3,64	14,93 ± 3,74	0,052
pH em água	6,11 ± 0,41	6,22 ± 0,19	0,377
pH em CaCl ₂ 0,01M	5,56 ± 0,1	5,72 ± 0,18	0,002*
pH em KCl 1N	5,67 ± 0,24	5,41 ± 0,34	0,057
Condutividade (uS.cm ⁻¹)	82,32 ± 20,42	62,69 ± 17,57	0,056
Al ⁺³ (cmol _c /dm ³)	0,06 ± 0,05	0,03 ± 0,04	0,144
H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c /dm ³)	5,36 ± 3,14	4,29 ± 1,64	0,204
Ca ⁺² (cmol _c /dm ³)	2,16 ± 1,10	3,32 ± 1,73	0,037*

Mg ⁺² (cmol _c /dm ³)	0,74 ± 0,78	0,85 ± 0,42	0,442
MO (%)	1,25 ± 1,09	0,59 ± 0,39	0,050*
CO (%)	2,15 ± 1,88	1,02 ± 0,67	0,050*
Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	4,25 ± 3,64	4,25 ± 1,55	0,998
K ⁺ (cmol _c /dm ³)	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,082
t (cmol _c /dm ³)	2,99 ± 1,80	4,25 ± 1,99	0,057
T (cmol _c /dm ³)	8,20 ± 4,71	8,52 ± 1,08	0,860
V (%)	36,73 ± 11,63	48,75 ± 21,49	0,002*
m (%)	2,16 ± 2,37	0,91 ± 1,65	0,151

* valores significativos com $p \leq 0,05$. PC: Período Chuvoso; PMC: Período Menos Chuvoso; Al⁺³: alumínio trocável; H⁺ + Al⁺³: acidez potencial; CO: carbono orgânico; MO: matéria orgânica; Ca⁺²: cálcio trocável; Mg⁺²: magnésio trocável; Na⁺: sódio trocável K⁺: potássio; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Pode-se notar que para a maioria dos parâmetros não houve diferença entre os dois períodos. Os parâmetros que apresentaram diferença estatística entre os períodos foram pH em CaCl₂, cálcio, carbono orgânico e matéria orgânica e saturação por bases.

A saturação por bases apresentou diferença entre os períodos, principalmente em contribuição à maior concentração de cálcio no segundo período, visto que as demais bases não apresentaram grandes diferenças de médias. A presença de menor concentração de cálcio no período chuvoso corrobora com o estudo de Sampaio et al. (2003), ao comentar que a alta pluviosidade na Amazônia contribui para perdas de nutrientes no solo. Schaefer et al. (2002), ao estudar a influência da chuva nos nutrientes do solo também observou perdas destes, principalmente quanto ao cálcio, seguido de magnésio e potássio. Tal fator pode ser intensificado quando o solo possui pouca cobertura vegetal, como ocorre principalmente nos pontos próximos ao lixão.

Percebeu-se que os teores de carbono orgânico diminuíram no período menos chuvoso. Segundo Brady e Weil (2013), quando a precipitação pluviométrica diminui, ocorre também uma atenuação nos níveis de matéria orgânica do solo. Isso ocorre porque um dos fatores para melhor desempenho microbiano é a disponibilidade de água no solo (SOUZA et al., 2006).

Deve-se atentar aos bons teores de matéria orgânica no solo, visto que contribuem para a formação de agregados, diminuindo perdas por erosão (SCHAEFER et al., 2002). Além disso, bons níveis de matéria orgânica no solo podem significar maior retenção de nutrientes, aumento da infiltração de água e conseqüentemente, melhor desenvolvimento das plantas (SCHAEFER et al., 2002; BRADY; WEIL, 2013).

Diagnóstico Ambiental

Os resultados encontrados nas análises químicas refletem a avaliação de parâmetros ambientais e socioeconômicos do local. Sendo assim, as Tabelas 6 e 7 apresentam, respectivamente, os resultados dos parâmetros ambientais e socioeconômicos encontrados neste trabalho.

Tabela 6. Resultados da avaliação de parâmetros ambientais.

Parâmetros Ambientais	Pontos	Avaliação
Isolamento de outros fragmentos	P1, P2 e P3	Medianamente isolados
	P4	Pouco isolados
Presença de processos erosivos	P1, P2 e P3	Médio, pouca presença.
	P4	Ausente
Formação de crosta superficial no solo	P1, P2, P3 e P4	Ausência
Cor do solo e teor matéria orgânica do solo	P1	Coloração mais clara, teor muito baixo de matéria orgânica.
	P2 e P3	Coloração mais escura, média matéria orgânica.
	P4	Coloração bem escura, muita matéria orgânica.
Profundidade da camada escura (horizonte O) do solo	P1, P2 e P3	0-5cm
	P4	5-15cm
Cobertura do solo	P1 e P2	Solo visualmente pouco coberto, pouca ou nenhuma palhada, sem sinais de decomposição.
	P3	Fina camada de palha, cobertura do solo acima de 50%
	P4	Solo visualmente bem coberto, restos vegetais em diferentes estágios de decomposição.
Atividade biológica no solo	P1, P2 e P3	Presença de algumas minhocas e/ou artrópodes
	P4	Abundância de minhocas e artrópodes
Regeneração natural	P1 e P2	Baixa
	P3	Média
	P4	Alta

Tabela 7. Resultados da avaliação de parâmetros socioeconômicos.

Parâmetros Socioeconômicos	Pontos	Avaliação
Presença lixo/entulho	P1, P2 e P3	Presente em mais de 3 locais
	P4	Presente em menos de 3 locais
Queimadas	P1, P2 e P3	Frequente (mais de uma vez ano-1)
	P4	Esporádico (menos de uma vez ao ano-1)
Ocupação humana	P1, P2, P3 e P4	Baixa (em menos de 25% da área)
Exploração econômica da área	P1, P2, P3 e P4	Baixa (em menos de 25% da área)
Utilização para fins educacionais	P1, P2, P3 e P4	Não há

Os pontos situados próximos ao lixão apresentaram características ambientais semelhantes. Todos possuem fragmentos vegetais medianamente isolados, pouca cobertura no solo, e conseqüentemente presença de processos erosivos. Segundo Brady e Weil (2013), um dos compartimentos da matéria orgânica inclui compostos que podem ser facilmente degradados e contribuem para a estabilidade estrutural do solo e diversidade da atividade biológica.

O ponto P1 foi o que apresentou coloração mais clara no solo, com ausência de camada superficial escura. A presença de atividade biológica nesse ponto foi muito baixa, em consequência, foi o ponto que apresentou menor teor de matéria orgânica nas análises químicas, e está entre os pontos que apresentou menores valores de CTC e saturação por bases (Figura 6).



Figura 6. Área do ponto P1. **Fonte:** Autores (2018).

Os pontos P2 e P3 apresentaram horizonte O com menos de 5 cm de profundidade, e presença de atividade biológica baixa, porém maior que o P1. Apesar do ponto P2 ter apresentado um dos maiores valores de cálcio, foi bastante visível a presença de processos erosivos devido à pouca cobertura vegetal, o que contribuiu para que o ponto tivesse baixos valores de carbono orgânico e matéria orgânica (Figura 7).

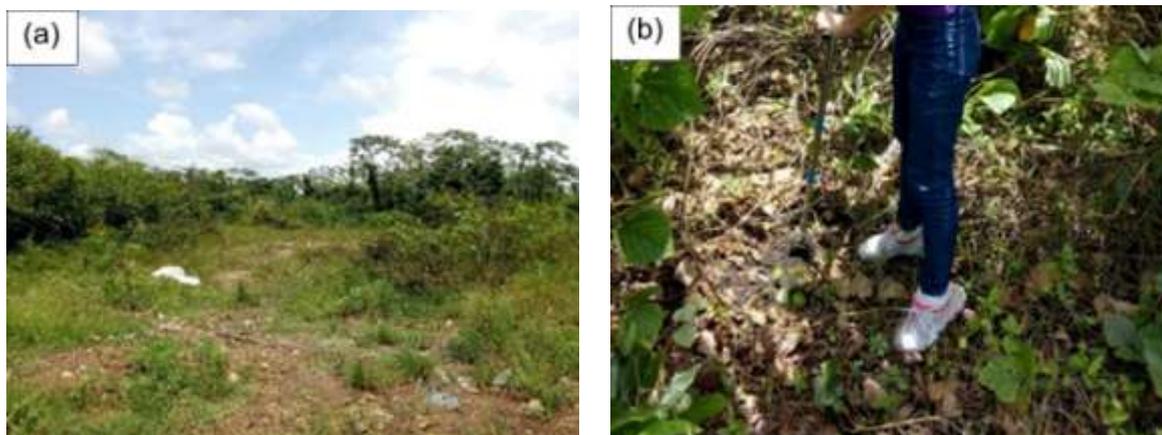


Figura 7. Área dos pontos de coleta: (a) P2; (b) P3. **Fonte:** Autores (2018).

Foi possível perceber bastante presença de lixo e indícios de queimadas próximos a estes pontos, principalmente em P2. Não foi observada ocupação humana no local, apenas dentro da área do lixão. Porém, há tráfego de pessoas a todo momento, o que contribui, principalmente, para o despejo de lixo aos arredores do lixão. Vale ressaltar que próximo aos pontos P2 e P3 havia presença de fazenda.

De maneira geral, os resultados químicos apresentados pelo ponto P4 foram melhores que os demais, isso se dá pelas características ambientais encontradas no mesmo. Este ponto, por exemplo, foi o único que apresentou ausência de processos erosivos e fragmentos vegetais pouco isolados, fatores que contribuem para menor ocorrência de lixiviação em períodos chuvosos. Isso se confirma pelo fato de que o ponto P4 apresentou maior concentração de nutrientes em comparação aos demais pontos.

Os resultados do diagnóstico ambiental mostraram também que o ponto P4 possui solo com coloração mais escura, horizonte O com pouco mais de 5 cm, solo bem coberto por restos vegetais e alta presença de atividade biológica, ao ser comparado com os demais. Esses fatores contribuíram bastante para que na avaliação química os valores de carbono orgânico fossem maiores que nos pontos próximos ao lixão. Alcântara et al. (2011), ao comparar solos de lixão e de vegetação nativa, encontrou maiores teores de matéria orgânica no segundo, visto que a área era rica em cobertura vegetal.

Além disso, no local quase não havia lixo e não foram encontrados entulhos e indícios de queimadas. A área também não possui exploração econômica, nem ocupação humana (Figura 8).



Figura 8. Caracterização da área do ponto P4. **Fonte:** Autores (2018).

As características encontradas nos pontos próximos ao lixão, por serem semelhantes, contribuíram para a diferença encontrada nos resultados das análises químicas. Pois, de forma geral, os valores apresentados em P4 foram diferentes dos valores dos demais pontos para a maioria dos parâmetros químicos, quando comparados aos valores de referência.

CONCLUSÃO

Foi possível concluir que a diferença de declividade entre os pontos não se mostrou um fator relevante para avaliação nos atributos químicos considerados, devido à área ser classificada como plana.

No diagnóstico ambiental, os pontos próximos ao lixão apresentaram, no geral, características semelhantes como: pouca cobertura do solo, presença de erosão, presença de lixo, entre outros. Enquanto o ponto de referência apresentou solos mais escuros e com boa cobertura, presença de horizonte O, ausência de erosão, entre outros. Isso contribuiu para que o ponto de referência apresentasse melhor resposta quanto a CTC total e efetiva, carbono orgânico e matéria orgânica, umidade, saturação por alumínio e saturação por bases, quando comparado aos pontos P1, P2 e P3.

Com relação à sazonalidade, poucos parâmetros apresentaram diferença significativa como pH em CaCl_2 , cálcio, carbono orgânico, matéria orgânica e soma de bases. Recomenda-se um período de estudo mais prolongado, bem como o aumento da área de estudo, para conclusões mais concisas. Pois, havendo diferença significativa, este também deve ser um fator a ser considerado em ações de recuperação ambiental.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2017*. São Paulo: Abrelpe, 2018. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: jan. 2019.

ABREU JUNOR, C. H. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: *Tópicos em Ciência do Solo* [S.l: s.n.], v. 4. p. 391-470, 2005.

ALCÂNTARA, A. J. O.; PIERANGELI, A. A. P.; SOUZA, C. A.; SOUZA, J. B. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro – RJ, v.41, n. 3, p. 539-548, 2011. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7849>

ALVES, G. O. *Degradação do Solo em Área de Disposição Irregular de Resíduos Sólidos no Semiárido Tropical*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2016. 84 f. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/21688>

ANDRADE, P. K. B.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, E. C. A.; SANTOS, R. L.; BEZERRA, N. S.; CRUZ, F. J. R. Atributos químicos de argissolo após gessagem e cultivo de cana-de-açúcar. *Revista GEAMA, Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology*, Recife – PE, v.7, n.1, p. 60-66, 2021. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/355>

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. *Bioscience Journal*, Uberlândia – MG, v. 23, n. 3, p. 66 - 75, 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684>

ARAÚJO, E.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do Solo: Conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012. DOI: 10.5777/PAeT.V5.N1.12

BARBOSA, M. M.; REIS, J. D.; GIUNTI, O. D.; SILVA, A. V. Indicadores de Sustentabilidade em Duas Áreas Distintas, em Caldas/Mg, através da Metodologia MESMIS. *Holos Environment*, Rio Claro – SP, v.17, n. 1, p. 1 – 14, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14295/holos.v17i1.11204>

BARROS, J. F. C. Fertilidade do solo e Nutrição das plantas. *Repositório da Universidade de Évora*, Évora – PT, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/28120>

B&B ENGENHARIA. *Plano municipal de saneamento básico de abastecimento de água e esgotamento sanitário*. 2011. Disponível em:

<https://www.passeidireto.com/arquivo/56802218/15-castanhal-pa>. Acesso em: jan. de 2019.

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

BRASIL. Lei n. 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n.9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Poder Executivo, Brasília – DF, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: dez. 2018.

CARNEIRO, W. J. de O. *Padrões de liberação e Disponibilidade de Nitrogênio, Fósforo e Enxofre em Solos Tratados com Resíduos Orgânicos*. Tese (Doutorado em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. 138 f. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/522>

CÓ JUNIOR, C. *Matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo com dezoito cultivares de cana-de-açúcar*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal – SP, 2011. 134 f. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/105242>

FÁVARO, Bruna Lima. *Avaliação Ambiental de Propriedades Químicas do Solo em Lixão Desativado do Município de Rolândia – PR*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina – PR, 2014. 86 f. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11917>

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro – RJ, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600014>

IDEFLOR-BIO. *Criação de UC Municipal em Castanhal-PA/Relatório de Infraestrutura e Saneamento Básico*. Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará, 2017. 78 p. Disponível em: http://www.castanhal.pa.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/4.-Relatorio_Infraestrutura_Castanhal.pdf

MARQUES, R. F. de P. V. *Impactos Ambientais da Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos no Solo e na Água Superficial em Três Municípios de Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. 95 f. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3047>

MARTINS, C. E. *Práticas agrícolas relacionadas à calagem do solo*. Embrapa Gado de Leite – Comunicado Técnico (INFOTECA-E), n. 47, 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/595886/praticas-agricolas-relacionadas-a-calagem-do-solo>

OLIVEIRA, B. O. S.; TUCCI, C. A. F.; NEVES JUNIOR, A. F.; SANTOS, A. A. Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro – RJ, v.21, n.3, p. 593-601, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016133274>

OLIVEIRA, A. F.; MIRANDA, R. A.; SOARES, L. A. Impactos ambientais em áreas de disposição de resíduos sólidos em Santa Helena de Goiás. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis – SC, v. 8, n. 3, p. 688-706, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e32019688-706>

OLIVEIRA, K. Fim dos lixões é adiado por falta de comprometimento dos municípios. *Jornal da USP*, São Paulo, 14 de ago. de 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/fim-dos-lixoes-e-adiado-por-falta-de-compromisso-dos-municipios/>. Acesso em: jan. de 2021.

PEREZ, N. B.; NEVES, M. C.; SISTI, R. N.; NUNES, C. L. R.; LEITÃO, F. M. da L. *Condutividade elétrica do solo e produtividade: uso no sistema de integração lavoura-pecuária para determinar zonas de manejo durante o cultivo de soja*. Embrapa. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120711/1/2014CL09.pdf>

QUADROS, C. S. S.; BRITO, M.; QUEIROZ, M.; CUNHA, E.; CASTRO, A. M. P.; SILVA, A. M.; BARRETO, R. *Estudo sobre trabalho infantil em Castanhal*. Prefeitura Municipal de Castanhal: 2017. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0ByvLvZELIHj4Y1QtazNHblpVQk0/view>

RODRIGUES, D. *Meio ambiente em interdisciplinaridade: teorias, metodologias e práticas*. Aracaju: EDUNIT, 2016. 360 p.

RONQUIM, C. C. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 8, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/882598/conceitos-de-fertilidade-do-solo-e-manejo-adequado-para-as-regioes-tropicais>

SAMPAIO, F. A. R.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; JUCKSCH, I. Balanço de Nutrientes e da Fitomassa em um Argissolo Amarelo sob Floresta Tropical Amazônica após a Queima e Cultivo com Arroz. *Revista Brasileira de Ciência do*

Solo, Viçosa – MG, v.27, n. 6, p. 1161-1170, 2003. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000600020>

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas Intensas Relacionadas à Erosão Hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, v.14, n.2, p. 115 – 123, 2010. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001>

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALBUQUERQUE, M. A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília – DF, v.37, n.5, p. 669 – 678, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000500012>

SILVA, F. C. (Ed). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00083136.pdf>

SILVA, T. C. *A educação ambiental como instrumento de efetivação da gestão dos resíduos sólidos no município de Bento Gonçalves/RS*. Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul – RS, 2021. 168 f. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/11338/6854>

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. *Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo*. Embrapa Amazônia Oriental – Documentos (INFOTECA-E), n. 206, 2015. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1042994>

SOUZA, E. D. de; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá – PR, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i3.940>

VALENTE, M. A.; SILVA, J. M. L.; RODRIGUES, T. E.; CARVALHO, E. J. M.; ROLIM, P. A. M.; SILVA, E. S.; PEREIRA, I. C. B. *Solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Castanhal, Estado do Pará*. Embrapa Amazônia Oriental – Documentos (INFOTECA-E), n. 119, set. 2001. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/403564>

Recebido em 06/05/2021
Aceito em 14/01/2022