



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

JESSÉ GONÇALVES CUTRIM JÚNIOR

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM PASTAGEM COBERTA

Imperatriz MA

2022

JESSÉ GONÇALVES CUTRIM JÚNIOR

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM PASTAGEM COBERTA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Especialista em Recuperação de Áreas Degradadas.

Orientador: Dra. Elizabeth Nunes Fernandes

Imperatriz MA

2022

C989a

Cutrim Júnior, Jessé Gonçalves

Atributos químicos do solo em pastagem coberta. / Jessé Gonçalves Cutrim Júnior. – Imperatriz, MA, 2022.

25 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Recuperação de Áreas Degradadas) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2022.

1. Química do solo 2. Pastagens. 3. Recuperação do solo. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 631.41:633.3

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

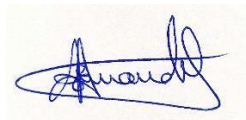
JESSÉ GONÇALVES CUTRIM JÚNIOR

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM PASTAGEM COBERTA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Especialista em Recuperação de Áreas Degradadas.

Aprovado em: 02/12/2022

COMISSÃO EXAMINADORA



Profa. Dra. Elizabeth Nunes Fernandes(ORIENTADORA)



Profa. Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento

(Membro 1)



Prof. Dr. Wilson Araújo da Silva

(Membro 2)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Foto de satélite da sede da Fazenda Monalisa	13
Figura 2: Área coberta por pastagem na Fazenda Monalisa	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resultados da análise química descritiva dos parâmetros nas amostras de solo avaliadas – Parte I	16
Tabela 2 Resultados da análise química descritiva dos parâmetros nas amostras de solo avaliadas – Parte II	17
Tabela 3 Resultados da análise química descritiva dos parâmetros nas amostras de solo avaliadas – Parte III	17
Tabela 4 Relações e porcentagens das análises químicas	18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	13
3 OBJETIVOS	14
3.1 Objetivo geral	14
3.2 Objetivos específicos.....	14
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
4.1 Recuperações de áreas degradadas	15
4.2 Pastagens	16
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
7 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27
ANEXO	31

AGRADECIMENTOS

À minha família por todos os ensinamentos, suporte, carinho e amor durante toda jornada. Meu pai Jessé, minha mãe Regilene e meus irmãos Jassen e Juliana.

À minha orientadora Elizabeth Nunes Fernandes. Obrigado pelos ensinamentos de academia e vida, sempre os levarei comigo!

Ao amigo voluntário Lucas Gomes por toda a ajuda nas coletas de campo.

Ao proprietário da fazenda Monalisa, o senhor Mauroni, que sempre nos recepcionou cordialmente e permitiu que esse trabalho fosse realizado em sua propriedade.

RESUMO

Os ciclos de exploração ao longo de, pelo menos, 3 décadas no sudoeste do estado do Maranhão resultaram em solos altamente em estado de degradação e com baixos teores de fertilidade natural. Agricultores e cientistas agrários buscaram novas técnicas de manejo do solo com pastagens com cobertura natural e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) bem como, buscando dentro dessas técnicas a recuperação de áreas degradadas como objetivo final. O foco do estudo foi a análise das propriedades químicas de um solo com cobertura natural para estudar quais melhorias um manejo mais conservacionista pode agregar ao solo. No Maranhão são poucos os estudos que evidenciam a importância de um solo coberto e fértil para o complexo químico do mesmo. O local de estudo foi a Fazenda Monalisa na zona rural de São Francisco do Brejão-MA que apresenta LATOSSOLO VERMELHO amarelo. Na área de pastagem com cobertura natural foi delimitado uma parcela homogênea de 100 m² e coletada 10 amostras simples na camada superficial do solo com uso de trado holandês nos meses de agosto e setembro. As amostras foram avaliadas no Laboratório Solos & Plantas em Paragominas-PA e foram determinados os valores de macro e micronutrientes, soma de bases, acidez e a capacidade de troca de cátions (CTC). Os resultados indicaram uma ligeira acidez no solo causada pela lenta mineralização da matéria orgânica (M.O) mas ainda dentro de uma faixa aceitável para culturas agrícolas. A concentração do íon Al³⁺ obteve valores nulos devido às concentrações de M.O que auxiliaram na redução da toxicidade do Alumínio para as plantas. Um programa de recuperação de áreas degradadas com a inserção de culturas mais exigentes de grande porte não encontraria grandes empecilho caso fosse optado pelos proprietários da área pois o solo se encontra em satisfatórias condições de propriedades químicas.

Palavras-chave: Degradação; Matéria Orgânica; Fertilidade

ABSTRACT

Exploitation cycles over at least 3 decades in the southwest of the state of Maranhão have resulted in highly degraded soils with low levels of natural fertility. Farmers and agrarian scientists sought new soil management techniques with pastures with natural cover and crop-livestock-forest integration (ILPF) as well as, seeking within these techniques the recovery of degraded areas as a final objective. The focus of the study was the analysis of the chemical properties of a soil with natural cover to study which improvements a more conservationist management can add to the soil. In Maranhão there are few studies that show the importance of a covered and fertile soil for its chemical complex. The study site was the Monalisa Farm in the rural area of São Francisco do Brejão-MA, which presents yellow RED LATOSOL. In the pasture area with natural cover, a homogeneous plot of 100 m² was delimited and 10 simple samples were collected in the surface layer of the soil using a Dutch auger in the months of August and September. The samples were evaluated at the laboratório Solos & Plantas in Paragominas-PA and the values of macro and micronutrients, sum of bases, acidity and cation exchange capacity (CTC) were determined. The results indicated a slight acidity in the soil caused by the slow mineralization of organic matter (OM) but still within an acceptable range for agricultural crops. The concentration of the Al³⁺ ion obtained null values due to the concentrations of M.O that helped in the reduction of the aluminum toxicity for the plants. A recovery program for degraded areas with the insertion of more demanding large-scale crops would not encounter major obstacles if it were chosen by the owners of the area, since the soil is in satisfactory conditions of chemical properties.

Keywords: Degradation; Organic matter; Fertility

1 INTRODUÇÃO

Desde o período colonial do Brasil, com ao desmatamento intenso de áreas nativas para a abertura de áreas de grandes extensões territoriais para o gado e cana de açúcar, os solos do Maranhão apresentam baixo uso tecnológico e escassas medidas conservacionistas. Todas essas décadas de exploração degradaram a fertilidade natural dos solos da região e resultou em um grande número de propriedades agrícolas com problemas de empobrecimento dos solos e aplicação de métodos considerados arcaicos e que modificam os padrões produtivos e espaciais como explana Rodrigues (2014).

Em termos de viabilidade econômica, a pastagem é o alimento bovino mais indicado e, se, aliada a um manejo adequado se torna uma opção eficiente para maior rentabilidade financeira e produtividade na exploração (SALMAN, 2007). Quando se faz a troca da vegetação natural para a implantação de atividades intensivas, o ecossistema é desequilibrado pois o manejo impacta diretamente nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, modificando-os (CANELLAS et al., 2003; RANGEL e SILVA, 2007).

De acordo com estimativas do último Censo Agropecuário Brasileiro, o de 2017 (IBGE, 2017), a área total de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 159,5 milhões de hectares. Cerca de 7% desse total (11,8 milhões) corresponde a pastagens plantadas em más condições. As pastagens plantadas tiveram crescimento, em área, de 31,9% em relação ao censo de 2006 enquanto que as pastagens naturais tiveram decréscimo de 13,5% também em relação ao último censo. O declínio médio das áreas de pastagem no Brasil nas últimas 3 décadas ocorre sobretudo como reflexo da expansão das áreas agrícolas, de reflorestamento e de urbanização sobre as áreas originais de pastagem. É importante salientar que esse desempenho acontece em consequência do incremento da capacidade produtiva da atividade pecuária, em geral, e das áreas de pastagens remanescentes (DIAS, 2014).

Por tudo ora comentado, percebe-se as necessidades de alteração no uso da terra, com modelos que possam contribuir para a manutenção e aumento da capacidade produtiva do solo ao longo dos anos de exploração e avançando para um programa que tenha a recuperação da área como horizonte. Segundo Brown e Lugo, (1994) áreas degradadas são aquelas que não mais possuem a capacidade de repor as perdas de matéria orgânica (M.O) do solo, nutrientes, biomassa, estoque de propágulos etc. A lei federal 9985 do ano 2000 (BRASIL, 2014) coloca o conceito de recuperação visando a restituição de um ecossistema ou população silvestre para uma condição não degradada que pode ser distinta da sua condição originária.

Portanto, destaca-se a centralidade de estudos que objetivam analisar concretamente as alterações provocadas nas propriedades químicas do solo, a partir da implantação de novos modelos de uso de terra e recuperação. Destaca-se também, um baixo índice de pesquisas sobre este tema no estado do Maranhão. Logo, estudos desta natureza podem contribuir para a difusão dos reais benefícios nas propriedades químicas solo devido às alterações no uso da terra com base em modelos agro silviculturais reabilitantes.

2 JUSTIFICATIVA

Novos modelos de atividades agrícola têm sido propostos em diferentes regiões do Brasil e do Mundo. Tal fato se justifica a partir da percepção de produtores, técnicos e pesquisadores de que os modelos tradicionais de exploração com baixa tecnologia e poucas medidas que visam a conservação satisfatória das propriedades pedológicas, levaram a uma ocupação e uso do solo com baixa sustentabilidade, na maioria das propriedades agrícolas do Brasil e, na região sudoeste do Estado do Maranhão, este cenário também se comprova.

Dentre os novos modelos de uso e relação com a terra, diversos estudos evidenciam que as pastagens com cobertura melhoram as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, evitam erosão, estimulam o sequestro de carbono, a retenção hídrica e biodiversidade, além de vários benefícios técnicos, econômicos e sociais.

Esse estudo se justifica ainda pela possibilidade de perscrutar as alterações nas propriedades químicas do solo provocadas pelas mudanças de uso da terra a partir da implantação de modelos responsáveis, ecológicos e sustentáveis de exploração da terra, como por exemplo, a pastagem ecológica, que tem se demonstrado como uma alternativa antagônica aos modelos tradicionais e destacando a viabilidade de inserir técnicas responsáveis em programas de recuperação de áreas degradadas.

É essencial ressaltar que, no Estado do Maranhão, ainda são poucos os estudos que retratam as alterações e influência dos diferentes sistemas de uso do solo em suas propriedades químicas e tendo em vista a importância do sistema coberto para enriquecimento do solo e recuperação, assim, destaca-se a necessidade desse estudo em identificar as principais alterações nos diferentes sistemas de manejo, possibilitando, a partir desse conhecimento, difundir e auxiliar outras propriedades rurais que ainda exploram a terra de maneira arcaica e, portanto, degradante e não sustentável.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Identificar as principais modificações nas propriedades químicas do solo ocasionadas no sistema de manejo.

3.2 Objetivos específicos

Determinar os parâmetros químicos do solo

Avaliar potencial de recuperação de área degradada

Comparar os resultados obtidos e estudar a eficiência do sistema de manejo.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Duarte e Casagrande (2006) destacam a capacidade de troca de cátions (CTC) como a propriedade química mais primordial ao solo sendo esta responsável por enorme retenção e coibição da lixiviação de cátions de sódio, potássio, cálcio e magnésio ao longo das camadas do solo, inserindo-os próximos dos sistemas radiculares. A importância da CTC é diretamente proporcional à quantidade de partículas de areia que podem ser encontradas no solo, isto ocorre, pois, solos arenosos possuem reduzidas taxas de M.O e argila, logo menores CTC. Nos primeiros 20 cm de solo, onde se concentra M.O, corresponde a 70 % da CTC e tal camada orgânica reduz com a perda substancial de vegetação, causando também perda de macro e microagregados e prejudicando na capacidade do solo em reter água e devastação da microbiota.

Os autores também enfatizam como a fertilidade do solo é avaliada: pela soma de bases ($SB = K + Ca + Mg$), capacidade de troca de cátions ($CTC = K + Ca + Mg + H + Al$), saturação por bases ($V\% = 100 \times SB / CTC$), saturação por alumínio ($m = 100 \times Al / Al + SB$), grau de acidez (pH), e teores de fósforo (P), enxofre (S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn).

4.1 Recuperações de áreas degradadas

A degradação, em conceito desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) no ano de 2008, é conectada aos efeitos ambientais de ordem adversa originados de ações e ingerências humanas. Associar tal conceito aos eventos ou processos da natureza é diminuto dentro das pesquisas científicas.

Porém, conforme é analisada a atividade que gera os efeitos e suas áreas de conhecimento pode-se identificá-los e avaliá-los. Logo, o significado de degradação pode ser modificado.

Salvador (2012) explana um conceito de área degradada através das modificações das características naturais de tal área. Para o autor, a sociedade civil impõe mudanças aos ecossistemas naturais acarretando desestabilização de características físicas, químicas e biológicas e impactando diretamente de maneira agressiva na qualidade da vida humana.

Solos descobertos de vegetação natural se encontram em maior estado de vulnerabilidade ao impacto cinético das gotas de chuva que catalisam efeitos erosivos (NICOLAU, 2018).

A recuperação de uma pastagem possibilita reutilizar a mesma para o aumento de produtividade em uma área antes abandonada e fornece conforto térmico para o animal com a presença de núcleos arbóreos e reduzindo estresse bovino (ZIMMER et al., 2018).

A aplicação de fertilizantes gera, em curto prazo, ganho de produtividade nas lavouras, porém o uso intensivo e mal propício em longo prazo prejudica a lavoura e a saúde de quem diretamente e indiretamente tem contato com tais produtos e agrotóxicos. A manipulação do genoma das culturas agrícolas afim de gerar plantas geneticamente mais produtivas é profundamente dependente de aplicações de fertilizantes e agrotóxicos e que segundo Pinto et al. (2013) geram os mesmos problemas de saúde humana e impactos ambientais apontados anteriormente.

4.2 Pastagens

A monocultura em conjunto com maquinários agrícolas inseridos de maneira inadequada, compõem um conjunto de fatores que evidenciam um acelerado desgaste do solo. Pastagens de grandes tamanhos e com presença de forrageiras que demandam maior aporte de nutrientes buscam como outra opção de alimentação aos animais a *Brachiara* (MOREIRA et al., 2005).

Kichel, Miranda e Zimmer (1997), colocam a “degradação de pastagem” como um termo utilizado para conceituar a evolução da perda de potencial produtivo, baixa atribuição de regeneração natural da pastagem, incapacitando a mesma de fornecer a qualidade de produção necessária ao gado, se blindar dos efeitos de pragas, enfermidades e plantas agressivas. Schaefer et al. (2002) associa o conceito de degradação com a queda dos índices de M.O no solo e carência de nutrientes importantes como fosforo, potássio, cálcio e magnésio.

Em áreas com estado de degradação na região amazônica, Müller et al. (2001) atestaram que a produção da pastagem é reduzida proporcionalmente à redução do gradiente de raízes no perfil do solo, colocando a planta em uma situação de vulnerabilidade hídrica e com difícil capacidade de absorção de nutrientes nas camadas subsuperficiais.

O uso de práticas conservacionista de manejo de solo está recebendo grande destaque da comunidade dos cientistas agrários e empresários do agronegócio atualmente devido às evidentes melhorias de propriedade físicas, químicas e biológicas. Solos com maior cobertura de plantas e/ou de seus resíduos contribuem para maior capacidade de retenção de água no solo e diminuição da evaporação (CAMPOS et al., 1994).

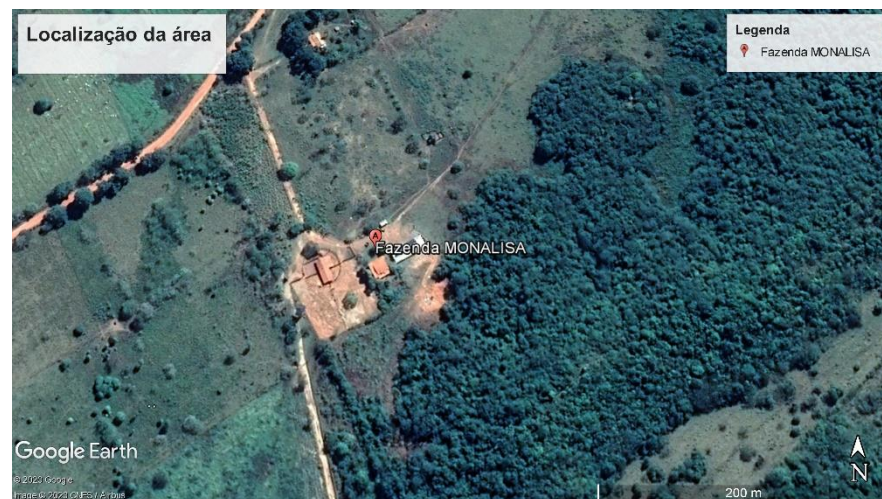
Para buscar métodos alternativos para a reconstituição próxima ou semelhante da condição original em áreas de pastagens, encontramos as opções: uso de espécies forrageiras que são adaptadas ao clima e vegetação da área a ser recuperada e manejo adequado e efetivo do solo. O resultado de tais escolhas são alterações de impacto positivo nas propriedades químicas e aumento da relação da produtividade com a qualidade do solo (SANCHÊS et al., 2013; CARVALHO et al., 2017).

Com maior índice de umidade na terra e temperaturas reduzidas em solos com cobertura vegetal (SALTON; MIELNICZUK, 2008), a germinação de sementes e o desenvolvimento do estágio primórdio das plantas são favorecidos (ARGENTON et al., 2005). Os sistemas conservacionistas aumentam o carbono orgânico em conjunto com o aumento de nitrogênio e a produtividade da principal cultura é acompanhada positivamente (SPAGNOLLO et al., 2002; GIACOMINI et al., 2003). A qualidade do solo é beneficiada e observada em culturas intercalares nos sistemas conservacionistas. Tais culturas se destacam no aporte de um maior número de nutrientes, resistência à erosão, controle de plantas maléficas, direcionando para a melhoria da estrutura do solo (ARGENTON et al., 2005).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Monalisa, que apresenta área de 153 alqueires, no município de São Francisco do Brejão. A Fazenda está localizada no Sudoeste do Estado do Maranhão (05° 07' 22" S, 47° 23' 09" O), no ecótono Cerrado-Floresta Amazônica (Figura 1). O clima é caracterizado como AW', segundo classificação de Köppen, com duas estações bem definidas, uma estação chuvosa que se estende de novembro a maio e uma estação seca, de junho a outubro. Quanto ao relevo, este é caracterizado como suave e ondulado. O solo apresenta características de LATOSSOLO VERMELHO Amarelo (SANTOS et al., 2018).

Figura 1: Foto de satélite da sede da Fazenda Monalisa.



Fonte: Google Earth Pro (2021)

A fazenda apresenta áreas caracterizadas como ilhas de matas nativas e extensões de solos cobertos por pastagem com presença de árvores de grande porte em pontos isolados.

Para avaliar o manejo do solo, foram coletadas amostras de solo na área coberta por pastagem (Figura 2), onde o produtor não insere maquinário e não exerce práticas arcaicas que impactam negativamente nas propriedades do solo.

O esforço amostral consistiu na seleção de uma parcela homogênea de 100 metros quadrados na pastagem, onde 10 amostras na profundidade de até 20 cm e distantes entre si em ziguezague foram coletadas para a determinação dos parâmetros químicos. As coletas foram realizadas nos meses de agosto e setembro.

Os materiais utilizados em campo foram o trado holandês para a extração das amostras, enxada para a limpeza das gramíneas no ponto de coleta e sacos plásticos para a catalogação das amostras. As amostras simples foram divididas em duas amostras compostas (com cinco

amostras simples cada) com uso de um balde limpo para a mistura das amostras simples.

Figura 2: Área coberta por pastagem na Fazenda Monalisa



Fonte: Autor (2022)

Os parâmetros químicos fazem parte do complexo sortivo do solo e estes após análises no laboratório Solos & Plantas, localizado em Paragominas-PA, foram baseados nas seguintes variáveis com suas equações determinadas abaixo

- Cálculo somatório dos teores das bases cálcio, magnésio, potássio e sódio, em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ conforme metodologia de Donagema et al. (2011) e por Cantarella et al. (2001) determinado com a Equação 1 apresentada abaixo:

$$\text{SB} = \text{Ca}^+ + \text{Mg}^+ + \text{Na}^+ + \text{K}^+ \quad (\text{Equação 1})$$

em que,

SB é a soma de bases trocáveis, em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$;

Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ representam o teor de cálcio, magnésio, sódio e potássio trocáveis no solo, respectivamente, em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$

- Cálculo da CTC efetiva (representada por t), conforme metodologia de Donagema et al. (2011) e por Cantarella et al. (2001), corresponde à CTC determinada ao pH natural do solo, foi determinada com a Equação 2:

$$t = \text{Valor S} + \text{Al}^{3+} \quad (\text{Equação 2})$$

em que,

t – Capacidade de troca de cátions efetiva, em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Valor S é a soma de bases trocáveis, em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Al^{3+} é a concentração de alumínio trocável no solo, em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$

- Cálculo Capacidade de Troca de Cátions Total a pH 7,0 conforme metodologia de Donagema et al. (2011) e por Cantarella et al. (2001), foi determinado com a Equação 3 apresentada abaixo:

$$\text{Valor T} = \text{Valor SB} (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}) \quad (\text{Equação 3})$$

em que:

Valor T é a capacidade de troca de cátions total, em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Valor S é a soma de bases trocáveis, em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

$(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$ representam a acidez potencial do solo, em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de solo obtidas para este estudo foram encaminhadas para um laboratório particular, especializado em análises dessa natureza, na cidade de Paragominas-PA, evidenciando macronutrientes, micronutrientes e acidez do solo de pastagem coberta com os extratores químicos utilizados.

As amostras ficaram separadas em “Composta A” e “Composta B” evidenciando que foram analisadas duas amostras compostas, cada uma contendo cinco amostras simples. Ambas as amostras foram coletadas na mesma área no período de estiagem e com apenas um mês de intervalo entre coletas.

Buscou-se estudar e discutir os resultados, analisar a eficiência do sistema de manejo e apontar deficiências e potenciais de recuperação na área. As Tabelas 1, 2 3 e 4, apresentam os resultados das análises dos parâmetros químicos das amostras analisadas.

Solos do bioma Cerrado são em sua maioria intemperizados, levando a matéria orgânica (M.O), a ser um componente importante para indicar pontos de carga negativa em quantidade maior comparados aos pontos que são disponibilizados por hidróxidos de ferro, alumínio e caulinita. A justificativa está nos valores de pH das camadas superiores que acarreta uma carga líquida negativa da M.O.

A M.O é responsável por permitir uma estrutura de solo mais aliviada, solta e com menor volume de suportar cargas (Leite et al., 2015) O solo analisado não sofre intensivo pisoteio de animais de grande porte e nem tráfego de maquinário agrícola o que reflete nesta menor capacidade do solo de suporte de cargas.

Em menor proporção, a ligeira acidez do solo, tendo 6,1 de valor máximo se explica pela lenta mineralização da M.O na superfície e na profundidade contribuindo para a liberação de ácidos orgânicos. Os dados de acidez medidos em cloreto de cálcio (CaCl_2) indicam acidez de média a alta, como se observa na Tabela 1 atingiu-se valores superiores a 5,2.

Os teores de alumínio (Al) em solução estão relacionados com o material que origina o solo e a atuação da M.O que apresenta a função de complexar o Al, reduzindo a sua toxicidade ao material vegetal. Quando o potencial hidrogeniônico, pH, atinge valores acima de 5,5, praticamente, todo o alumínio fica precipitado, não oferecendo toxidez às plantas. Conforme demonstra os resultados apresentados na Tabela 2, a concentração do íon Al^{3+} foi nula em todas as amostras, já a combinação $\text{H} + \text{Al}$ obteve média de $2,94 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Tabela 1- Resultados da análise química descritiva dos parâmetros nas amostras de solo avaliadas – Parte I

ID	PRF	pH	pH	P	P	P
		H ₂ O	CaCl ₂	MEHL	REM	RES
		(1:2,5)			mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³
Composta "A" 1	0 - 20	5,7	4,8	3,0	ns	ns
Composta "A" 2	0 - 20	5,7	4,8	3,0	ns	ns
Composta "A" 3	0 - 20	5,7	4,8	3,0	ns	ns
Composta "A" 4	0 - 20	5,7	4,8	3,0	ns	ns
Composta "A" 5	0 - 20	5,7	4,8	3,0	ns	Ns
Composta "B" 1	0 - 20	6,1	5,2	20,0	ns	Ns
Composta "B" 2	0 - 20	6,1	5,3	22,0	ns	Ns
Composta "B" 3	0 - 20	6,2	5,3	20,0	ns	Ns
Composta "B" 4	0 - 20	6,1	5,2	23,0	ns	Ns
Composta "B" 5	0 - 20	6,1	5,3	2,5	ns	Ns

P res- fósforo resina, P rem- fósforo remanescente, P meh- fósforo extraído pelo método Mehlich

Tabela 2- Resultados da análise química descritiva dos parâmetros nas amostras de solo avaliadas – Parte II

ID	K ⁺	S	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³
Composta "A" 1	63,0	3,0	0,16	1,51	0,81	0,0	3,7
Composta "A" 2	66,0	3,0	0,17	1,72	0,87	0,0	3,5
Composta "A" 3	73,0	2,0	0,19	1,65	0,83	0,0	3,7
Composta "A" 4	71,0	2,0	0,18	1,66	0,85	0,0	3,4
Composta "A" 5	71,0	3,0	0,18	1,76	0,9	0,0	3,9
Composta "B" 1	93,0	2,0	0,24	2,51	1,4	0,0	2,3
Composta "B" 2	94,0	1,0	0,24	2,61	1,54	0,0	2,3
Composta "B" 3	93,0	1,0	0,24	2,76	1,73	0,0	2,2
Composta "B" 4	96,0	1,0	0,25	2,15	1,21	0,0	2,0
Composta "B" 5	96,0	1,0	0,24	2,4	1,41	0,0	2,4

A presença de potássio, K, no solo analisado, evidenciado na Tabela 3, obteve uma média de 81,6 mg dm⁻³. O K é inversamente proporcional à quantidade de areia pois relaciona-se com processos de lixiviação e se mostra corroborado com a textura arenosa do solo analisado neste trabalho. Melo et al. (2004) sustentam que, em solos intemperizados como os Latossolos, que frequentemente são desvalidos em materiais de origem, os teores totais mais irrelevantes de K estão relacionados com a fração areia. Há trabalhos como o de Castilhos (1999) que reitera que a areia é a fração do solo que libera quantidade ínfimas de potássio, o que pode ser explicado pela sua mineralogia, pois esta é mais pobre em minerais potássicos, constituída predominantemente pelo mineral quartzo.

Os valores de pH adequada para o desenvolvimento das culturas ($> 5,30$) em solos do Cerrado (Souza & Lobato, 2004). Os valores de pH em H_2O podem ser classificados como de acidez média à fraca (Ribeiro et al., 2019).

Os demais parâmetros analisados como cobre, boro, ferro, manganês e zinco são representantes de nutrientes essenciais para as plantas e fazem parte do arranjo químico do solo, tais concentrações são importantes de serem apontadas pois podem compor uma série de medidas que podem ser decisivas para uma possível restauração da área e qual cultura escolher e se a mesma será exigente em nutrientes.

Tabela 3- Resultados da análise química descritiva dos parâmetros nas amostras de solo avaliadas – Parte III

ID	PROF	M.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	SB	T	t
		g/kg			mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³	
Composta "A" 1	0 - 20	2,5	0,15	0,5	120,7	8,9	0,9	2,5	6,2	2,5
Composta "A" 2	0 - 20	2,55	0,1	0,5	117,8	9,0	0,9	2,8	6,3	2,8
Composta "A" 3	0 - 20	2,45	0,15	0,6	118,6	9,1	1,1	2,7	6,4	2,7
Composta "A" 4	0 - 20	2,6	0,16	0,5	116,6	8,4	1,1	2,7	6,1	2,7
Composta "A" 5	0 - 20	2,7	0,14	0,5	119,3	9,9	0,9	2,8	6,7	2,8
Composta "B" 1	0 - 20	2,69	0,14	0,5	123,9	11,0	1,9	4,1	6,4	4,1
Composta "B" 2	0 - 20	2,87	0,15	0,5	130,5	10,9	2,0	4,4	6,7	4,4
Composta "B" 3	0 - 20	2,9	0,11	0,5	120,4	10,2	2,3	4,7	6,9	4,7
Composta "B" 4	0 - 20	2,8	0,28	0,6	135,8	12,0	2,5	4,0	6,4	4,0
Composta "B" 5	0 - 20	2,8	0,28	0,6	135,8	12,0	2,5	4,0	6,4	4,0

SB- soma de bases, T- capacidade de troca de cátions total, t - CTC efetiva

Tabela 4 – Relações e porcentagens das análises químicas

ID	PROF	V	M	Ca/Mg	Ca /K	Mg /K	Ca /CTC	Mg /CTC	K/CTC
		%			Relações			%	
Composta "A" 1	0 - 20	40,0	0,0	1,86	9,44	5,06	24,35	13,06	2,58
Composta "A" 2	0 - 20	43,8	0,0	1,98	10,12	5,12	27,3	13,81	2,7
Composta "A" 3	0 - 20	41,7	0,0	1,99	8,68	4,37	25,78	12,97	2,97
Composta "A" 4	0 - 20	44,1	0,0	1,95	9,22	4,72	27,21	13,93	2,95
Composta "A" 5	0 - 20	42,4	0,0	1,96	9,78	5,0	26,27	13,43	2,69
Composta "B" 1	0 - 20	64,8	0,0	1,79	10,46	5,83	39,22	21,88	3,75
Composta "B" 2	0 - 20	65,5	0,0	1,69	10,88	6,42	38,96	22,99	3,58
Composta "B" 3	0 - 20	68,6	0,0	1,6	11,5	7,21	40,0	25,07	3,48
Composta "B" 4	0 - 20	64,5	0,0	1,78	8,6	4,84	38,39	21,61	4,46
Composta "B" 5	0 - 20	63,3	0,0	1,7	10,0	5,88	37,5	22,03	3,75

v – saturação por bases, m – saturação por alumínio

7 CONCLUSÃO

Considerando a metodologia utilizada nesse trabalho e apoiando-se na discussão dos resultados aqui obtidos, foi possível estabelecer as seguintes conclusões:

Tal área não apresentaria grandes problemas se culturas mais exigentes e de grande porte fossem inseridas, um projeto de manejo mais conservante e sintrópico seria de grande valor ambiental e rentável financeiramente.

Os sistemas mais conservacionistas melhoraram a estrutura do solo, e podem, em médio e longo prazos, serem adotadas como importantes estratégias de manejo para as áreas de cerrado do nordeste maranhense bem como instrumentos de recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

- ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 425- 435, 2005.
- AZEVEDO, D. M. P.; Leite, L. F. C.; Teixeira Neto, M. L.; Dantas, J. S. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, p.32-40, 2007
- BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Portal da Legislação: Leis ordinárias**. 2014.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining developing. **Restoration Ecology**, v.2, p.97-111, 1994.
- CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **PubVet**, v.11, p.1036- 1045, 2017
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; NICOLODI, R. Avaliação temporal da umidade do solo como consequência do tipo e percentagem de cobertura vegetal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 459-463, 1994.
- CANELLAS, L. P.; et al. Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhço e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa-MG, v. 27, n. 5, p. 935-944, 2003.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; VAN RAIJ, B. Em. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001.
- CASTILHOS RMV (1999) **Suprimento de potássio em solos cultivados com arroz irrigado e sua relação com mineralogia, formas e cinética de liberação**. Tese de Doutorado. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 175p
- DIAS, Moacyr Bernardino. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2014.
- DONAGEMA, Guilherme Kangussú et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E), 2011
- DUARTE, Rose Mary Reis; CASAGRANDE, José Carlos. Interação do solo-vegetação na recuperação de áreas degradadas. BARBOSA, LM **Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, p. 60-77, 2006.

EMBRAPA. (2008). **Curso de Recuperação de Áreas Degradadas**. (p. 238). Rio de Janeiro-rj: Embrapa. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/analiseambiental/>>.

FONSECA, Sebastião et al. Alterações em um latossolo sob eucalipto, mata natural e pastagem. ii. propriedades orgânicas e microbiológicas¹. **Revista arvore**, v. 17, n. 3, p. 289, 1993.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em mistura de plantas de cobertura de solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimento.html?localidade=0

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; ZIMMER, A. H. **Fatores de degradação de pastagem sob pastejo rotacionado com ênfase na fase de implantação**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. p. 193-211.

LEITE, Luiz FC et al. Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 394-401, 2015.

LIMA JSS, Leite AMP. Mecanização. In: Machado, C. C. Colheita Florestal. 3 ed. Viçosa, MG: Lima, E. de S.; Montanari. R. **Correlação linear e espacial da produtividade de forragem com atributos físicos e químicos de um Argissolo em Aquidauana-MS**. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2, 2011, Dourados. Anais... Dourados: EPEX, 2011. CD-Rom

MARCHIORI JÚNIOR, MILTON; MELO, WANDERLEY JOSÉ DE. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1177-1182, 2000.

MELO, G. W.; MEURER, Evandro Jair; PINTO, Luiz Fernando Spinelli. Fontes de potássio em solos distroféricos cauliniticos originados de basalto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 597-603, 2004.

MITCHELL, C. C.; Tu, S. Nutrient accumulation and movement from poultry litter. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.2146-2153, 2006

MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P. DE; GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.3, p.155- 151, 2005.

MÜLLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. S. Degradação das pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento das raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1409-1418. 2001.

NICOLAU, R.F. Vulnerabilidade da paisagem a perda de solos da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe/Goiás. In: **Caminhos de Geografia**, Uberlândia/MG, v.19, n.66, p.285–296, 2018.

PINTO, N. G. M. et al. (2013). A Degradação Ambiental no Brasil: **Uma Análise das Evidências Empíricas. (p. 1-16)**. In: SEMINÁRIO DE JOVENS PESQUISADORES EM ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO, 1., Santa Maria-rs. Anais... . Santa Maria-rs: Ufsm..

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Minas Gerais, v.31. p.1609-1623. 2007

RIBEIRO, D. O.; CASTOLDI, G.; RODRIGUES, C. R.; SILVA, A. J.; PEREIRA, R. M.; KUSS, G. M. **Atributos físicos e químicos de um Latossolo submetido a aplicações sucessivas de cama de peru em pastejo rotacionado**. Colloquium Agrariae, v.15,n.5, p. 11-23, 2019

RODRIGUES, S. J. D. Dinâmicas territoriais da expansão da fronteira da soja e da organização do trabalho no sul do maranhão. **Revista Campo-Território**, Uberlândia, v. 9, n. 17, p. 86-110, abr. 2014

SALMAN, A. K. D. **Conceitos de manejo de pastagem ecológica**. Embrapa Rondônia, 2007

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, MG, v.32, n. 1, p. 11-21, 2008

SALVADOR, Fábio Leonardo Ramos et al. **Análise das etapas de um plano de recuperação de área degradada (prad) aplicada para um antigo lixão no município de Garopaba**. Trabalho de conclusão de curso- Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Engenharia Sanitária e Ambiental.Forianópolis, p.81. 2012

SANCHÊS, S. S. C.; GALVÃO C. M. L.; RODRIGUES, R. C.; SIQUEIRA, J. C.; JESUS A. P. R.; ARAÚJO, J. S.; SOUSA, T. V. R.; SILVA-JUNIOR, A. L. Produção de forragem e características morfofisiológicas do capim-mulato cultivado em latossolo do cerrado em função de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.1, p.81-89, 2013

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. EMBRAPA soils, 2018

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, v. 37, n. 5, p. 669-678. 2002.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do Solo e Adubação**. EMBRAPA Cerrados, 2004. 416p.

SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A.; PROENÇA, M. M. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho, no sul do Brasil. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n.2, p. 417-423, 2003.

ZIMMER, A.H.; ARAÚJO, A.R.; MONTAGNER, D.B.; COSTA, F.P.; MACEDO, M.C.M.; PEREIRA, M.A.; BARBOSA, R.A.; EUCLIDES, V.P. **Manejo de pastagens**. 2018

ANEXO

ANEXO A - laudo do laboratório- Macros e micronutrientes determinados com os respectivos métodos e extratores

Elementos Determinados	Método	Extrator	Elementos Determinados	Método	Extrator	Legenda	
P-Resina	IAC	Resina Trocadora de Íons	Boro	IAC	BaCl ₂ 0,125% a quente	SB = soma de bases	ns = não solicitado
P, K, Cu, Fe, Mn, Zn, Na	Embrapa	DTIPA em pH 7,3	pH em água	Embrapa	H ₂ O 2,5 : 1 de solo	T = CTC a pH 7,0	mmol _c / 10 = cmol _c
Ca, Mg, Al	Embrapa	KCl 1,0 M em pH 5,0	pH CaCl ₂	Embrapa	CaCl ₂ 0,01 M 2,5: 1 de solo	t = CTC efetiva	cmol _c . 10 = mmol _c
M.O.	Embrapa	Na ₂ Cr ₂ O ₇ .2H ₂ O + H ₂ SO ₄	Acidez Potencial (H+Al)	Embrapa	Acetato de Cálcio a pH 7	V% = Saturação por Bases	dag.kg ⁻¹ = %
S	IAC	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ 0,01 M	Areia, Silte e Argila	IAC	NaOH 0,1 M	m = Saturação por Alumínio	g.Kg ⁻¹ . 10 = %

Fonte: Laboratório Solos & Plantas (2022)