TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALTERAÇÕES NA FERTILIDADE DO SOLO DO CERRADO SOB DIFERENTES USOS DA TERRA

Gabriela Rodrigues de Matos

Brasília, 21 de novembro de 2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ALTERAÇÕES NA FERTILIDADE DO SOLO DO CERRADO SOB DIFERENTES USOS DA TERRA

Gabriela Rodrigues de Matos

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador(a): Prof. Dr. Alcides Gatto

Brasília-DF, 21 de novembro de 2025

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal – EFL

ALTERAÇÕES NA FERTILIDADE DO SOLO DO CERRADO SOB DIFERENTES USOS DA TERRA

Estudante: Gabriela Rodrigues de Matos

Matrícula: 18/0120891

Orientador(a): Prof. Dr. Alcides Gatto

Menção: _____

_____

Prof. Dr. Alcides Gatto

Universidade de Brasília – UnB

Departamento de Engenharia Florestal

Orientador (EFL)

_____

Kennedy Nunes Oliveira

Universidade de Brasília - UnB

Departamento de Engenharia Florestal - EFL

Membro da Banca

_____

Wylker Cruz de Castro

Universidade de Brasília - UnB

Departamento de Engenharia Florestal - EFL

Membro da Banca

Brasília-DF, 21 de novembro de 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Aos meus pais, Antonio Pedro e Joana, por todo o amor e incentivo ao longo da minha vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por me fortalecer e conceder sabedoria ao longo de toda a caminhada acadêmica, permitindo a conclusão desta importante etapa da minha vida.

Aos meus pais, Joana e Antonio Pedro, expresso minha profunda gratidão por todo o sacrifício, amor, incentivo e confiança depositados em mim.

Ao meu professor e orientador, Alcides Gatto, minha profunda gratidão pela paciência, disponibilidade e pelas valiosas orientações que tornaram possível a realização deste trabalho.

Agradeço à Universidade de Brasília, em especial aos professores do Departamento de Engenharia Florestal, que contribuíram de forma significativa para minha formação acadêmica.

E a todos, que direta ou indiretamente contribuíram com meu aprendizado. Minha gratidão eterna a todos!

"A natureza não tem pressa, no entanto tudo se realiza". (Lao Tzu)

RESUMO

Matos, Gabriela Rodrigues (MATOS, G. R.) **ALTERAÇÕES NA FERTILIDADE DO SOLO DO CERRADO SOB DIFERENTES USOS DA TERRA**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar comparativamente os atributos químicos do solo em três diferentes usos da terra na Fazenda Água Limpa (FAL), Brasília-DF: Cerrado nativo, plantio de eucalipto e monocultivo de milho. As amostras de solo foram coletadas em três camadas de profundidade (0 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm), analisando-se parâmetros como acidez ativa (pH), alumínio trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V), fósforo (P) e matéria orgânica (MO). Os resultados demonstraram que o solo sob cultivo de milho apresentou pH mais elevado, ausência de Al^{3+} e maior V, evidenciando a eficiência das práticas de correção da acidez. Em contrapartida, o solo sob eucalipto apresentou maior acidez potencial e acidez trocável, indicando tendência de acidificação em sistemas sem manejo corretivo. O Cerrado nativo apresentou menores valores de fertilidade, como baixos teores de P e bases trocáveis, mas manteve um equilíbrio natural em relação à matéria orgânica. Concluiu-se que o uso e manejo do solo influenciaram diretamente seus atributos químicos, sendo o manejo agrícola mais eficiente na melhoria da fertilidade, enquanto o eucalipto, sem correção, contribuiu para a acidificação gradual do solo.

Palavras-chave: uso do solo; atributos químicos do solo; Latossolo Vermelho-Amarelo; acidez do solo.

ABSTRACT

Matos, Gabriela Rodrigues (MATOS, G. R.) **CHANGES IN SOIL FERTILITY OF THE CERRADO UNDER DIFFERENT LAND USES.** Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Forest Engineering) – University of Brasília, Brasília, DF.

The present study aimed to comparatively evaluate the soil chemical attributes under three different land uses at the Fazenda Água Limpa (FAL) in Brasília, Federal District (DF): native Cerrado, eucalyptus plantation, and maize monoculture. Soil samples were collected at three depth layers (0 – 20, 20 – 40, and 40 – 60 cm), analyzing parameters such as active acidity (pH), exchangeable aluminum (Al^{3+}), potential acidity (H+Al), cation exchange capacity (CEC), base saturation (V), phosphorus (P), and organic matter (OM). The results demonstrated that the soil under maize cultivation showed a higher pH, absence of Al^{3+}, and higher V, evidencing the efficiency of acidity correction practices. In contrast, the soil under eucalyptus presented higher potential acidity and exchangeable acidity, indicating a tendency towards acidification in systems without corrective management. The native Cerrado showed lower fertility values, such as low P and exchangeable base contents, but maintained a natural equilibrium concerning organic matter. It was concluded that land use and management directly influenced the soil's chemical attributes, with agricultural management being the most efficient in improving fertility, while eucalyptus, without correction, contributed to the gradual acidification of the soil.

Keywords: land use; soil chemical attributes; red-yellow latosol; soil acidity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Atributos químicos do solo: SB, CTC a pH 7 e saturação por bases em diferentes usos do solo.....25

Figura 2. Teores de P, K e MO em diferentes usos do solo.....26

Figura 3. Acidez Ativa (pH), Potencial (H+Al) e Alumínio trocável ($Al^{3}+$) em diferentes usos do solo.....27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados analíticos da química do solo em área de Cerrado nativo.....19

Tabela 2. Resultados analíticos da química do solo em área de eucalipto.....21

Tabela 3. Resultados analíticos da química do solo em área de monocultivo de milho..... 23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al^{3+}	Acidez Trocável
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
FAL	Fazenda Água Limpa
H+Al	Acidez Potencial
K	Potássio Trocável
m	Saturação por Alumínio
MO	Matéria Orgânica
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
P	Fósforo Disponível
pH	Acidez Ativa
V	Saturação por Bases

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....14

2. OBJETIVOS.....16

2.1 Objetivo geral.....16

2.2 Objetivos específicos..... 16

3. MATERIAIS E MÉTODOS.....16

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....17

4.1 Cerrado nativo.....17

4.2 Floresta plantada de eucalipto.....19

4.3 Monocultura de milho.....21

4.4 Análise comparativa dos atributos químicos do solo em diferentes usos.....24

5. CONCLUSÕES.....28

6. REFERÊNCIAS.....29

1. INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais recursos naturais para a manutenção da vida terrestre, desempenhando funções essenciais como a ciclagem de nutrientes, a regulação hídrica, a conservação da biodiversidade e a segurança alimentar das futuras gerações. Trata-se de um recurso natural multifuncional que oferece uma variedade de serviços ambientais que podem ser classificados nas categorias de suporte, provisão e regulação (PARRON; RACHWAL; MAIA, 2015). No contexto brasileiro, esses serviços vêm sendo cada vez mais discutidos pela literatura científica, que destaca a necessidade de compreender como diferentes usos da terra podem comprometer ou potencializar essas funções (PRADO *et al.,* 2022; TURETTA *et al.,* 2017). Entre os biomas nacionais, o Cerrado merece destaque, tanto por sua extensão territorial quanto por suas particularidades edáficas, que influenciam diretamente sua fertilidade natural.

Os solos de maior ocorrência no Cerrado são Latossolos, cobrindo aproximadamente 46% da área. Com destaque para os Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelhos-Amarelos (BARBOSA, 2007). Esses solos apresentam elevada profundidade e boa drenagem, porém são altamente intemperizados, ácidos e caracterizados por baixa fertilidade natural, além de elevada saturação por alumínio (SANZONOWICZ, 2021). Tais condições edáficas impõem limitações ao desenvolvimento das espécies vegetais e à produção agrícola, tornando as práticas de manejo e conservação do solo fundamentais para assegurar a manutenção de suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Dessa forma, compreender como os diferentes usos da terra podem alterar essas características torna-se essencial para avaliar os impactos ambientais no bioma.

Diversos sistemas de uso da terra, como áreas de vegetação nativa, pastagens, agricultura intensiva e reflorestamento promovem alterações significativas nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Os indicadores de qualidade do solo são atributos mensuráveis, ou seja, podem se apresentar de forma quantitativa ou qualitativa (SILVA, 2019). O estudo destes atributos ao longo do tempo permite quantificar a magnitude e a duração das alterações provocadas por diferentes sistemas de manejo no solo (FREITAS *et al.,* 2017). Segundo Niero *et al.* (2010), os aspectos químicos (pH, capacidade de troca catiônica, teor de matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes e elementos tóxicos), físicos (densidade, porosidade, profundidade, estrutura, textura e agregação) e biológicos (biomassa,

atividades enzimáticas e respiração microbiana) do solo são modificados pelas práticas de seu manejo e a produtividade agrícola.

No que se refere às características físicas, há uma relação direta com o crescimento vegetal, pois uma camada compactada do solo pode limitar o desenvolvimento das raízes, seja pelo impedimento mecânico ou pela deficiência de aeração (SOUZA *et al.,* 2019). As características físicas também influenciam o escoamento superficial e, consequentemente, a perda de água e solo (CASTRO *et al.,* 2012). O revolvimento excessivo e a ausência de práticas conservacionistas favorecem o aumento da densidade, a desagregação, a perda de matéria orgânica e a redução da macroporosidade e da porosidade total, fatores diretamente ligados à disponibilidade de água para as plantas (FONTANA *et al.,* 2016).

A fertilidade é inferida, principalmente, da soma de bases (S), da saturação por bases (V), da capacidade total de troca de cátions (T ou CTC), saturação por alumínio (m) e do grau de acidez (pH) (CORREIA *et al.,* 2004). Os atributos químicos auxiliam na identificação da capacidade do solo na sustentabilidade dos biomas, por meio da ciclagem de nutrientes. Além disso, estão diretamente relacionados ao rendimento das culturas, permitindo analisar e definir ações de correção, como a adubação e a calagem, para prover condições para a produção (CARDOSO *et al.,* 2013). As alterações químicas dependem de vários fatores, como a cultura implantada e o manejo utilizado, a classe e a fertilidade inicial do solo, o comportamento físico-químico de cada nutriente e suas interações com o meio (MARCHIORI; MELO, 2000).

A avaliação dos atributos do solo em diferentes momentos torna possível mensurar a dimensão e a persistência das alterações causadas por distintos sistemas de manejo. Pelo fato de serem sensíveis, esses atributos são importantes para estabelecer se houve degradação ou melhoria da qualidade do solo em um determinado sistema de manejo (REICHERT *et al.,* 2010). Segundo Melo Filho *et al.* (2004), para identificar o potencial ou as limitações de funcionamento de um tipo de solo, é preciso estabelecer um referencial relacionado ao seu estado natural. Dessa forma, compreender como diferentes usos do solo influenciam seus atributos de fertilidade é essencial para inferir sobre a qualidade do solo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo comparar a fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo em três diferentes usos do solo: Cerrado nativo, floresta plantada de *Eucalyptus urophylla* e monocultura de milho. A fim de verificar as alterações químicas decorrentes do manejo em relação à condição natural do Cerrado.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes usos do solo: Cerrado sentido restrito, floresta plantada de *Eucalyptus urophylla* e monocultura de milho;
- Comparar a disponibilidade de nutrientes e a acidez do solo entre os três sistemas de uso;
- Avaliar as alterações na fertilidade do solo decorrentes do cultivo de eucalipto e da monocultura de milho em relação à condição natural do Cerrado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa (FAL), pertencente à Universidade de Brasília (UnB), localizada a 32 km de Brasília, DF. As parcelas encontram-se nas coordenadas 15°56'S e 47°55' e 15°59'S e 47°58'W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (tropical sazonal), com precipitação média anual de aproximadamente 1.500 mm e temperaturas médias extremas 12°C (mínima) e 28,5°C (máxima). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, predominantemente de textura argilosa. A vegetação primária é de Cerrado *sensu stricto* (RIBEIRO; WALTER 2008).

A amostragem de solo foi realizada em três ambientes de uso da terra distintos i) Cerrado nativo (área de referência); ii) floresta plantada de Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*); e iii) Monocultivo anual de Milho (*Zea Mays*). O plantio de eucalipto foi instalado em 2010, no período chuvoso, sem aplicação de corretivos ou fertilizantes. A área de agricultura é conduzida sob plantio anual de milho e, quatro anos antes da coleta, recebeu adubação

mineral com N, P e K, baseada nas recomendações de Minas Gerais (RIBEIRO *et al*., 1999). Em cada um dos três, foram coletadas amostras de solo, em quatro pontos distintos, em três profundidades: 0 – 20, 20 – 40 e 40 – 60. O delineamento resultou em um total de 20 unidades amostrais.

As amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas para a determinação dos seguintes atributos químicos: potencial hidrogeniônico (pH), Matéria Orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Alumínio Trocável (Al^{3+}), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Acidez Potencial (H+Al), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Soma de Bases (SB), Saturação por Bases (V) e Saturação por Alumínio (m). Para a análise dos dados, foi empregada a estatística descritiva, com o cálculo da média aritmética e desvio padrão para cada atributo em função dos ambientes e das profundidades. Todos os cálculos de média e desvio padrão foram realizados no *software* Microsoft Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cerrado nativo

Os atributos de fertilidade do solo sob Cerrado nativo (Tabela 1) confirmaram o caráter distrófico e ácido típico do Latossolo Vermelho-Amarelo estudado. Os solos predominantes dos Cerrados enquadram-se historicamente nessas características, apresentando originalmente severas deficiências nutricionais. São classificados como Latossolos distróficos, notadamente pela baixa saturação por bases ($V \leq 50\%$) e pela alta saturação por Al^{3+}, fatores que restringem naturalmente a fertilidade (INKOTTE et al., 2019). O pH em H_2O variou de 5,0 a 5,2 nas diferentes camadas, um pH de 5,0 é considerado o limite superior para o grupo de alta acidez (ANDA, 1994).

A acidez acentuada, associada à baixa saturação por bases ($V \leq 2\%$) e aos elevados valores de acidez potencial (H+Al = 7,43 cmolc/dm³) caracteriza solos fortemente intemperizados e de baixa fertilidade natural. Esta condição é comum nos Latossolos do Cerrado, dos quais mais de 95% são distróficos, com pH tipicamente entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponíveis frequentemente inferiores a 1 mg/dm³ (CORREIA *et al.,* 2004). A deficiência de Ca^{2+} e Mg^{2+} é um fator chave dessa baixa saturação, reforçando que os Latossolos em condição nativa possuem teores insuficientes desses cátions essenciais para o desenvolvimento de culturas, tornando a correção obrigatória (OLIVEIRA, 2024).

A toxicidade de alumínio foi identificada como um fator limitante na camada superficial do solo. Os resultados mostraram Al^{3+} de 0,5 cmolc/dm³ e saturação por alumínio (m) de 86% na profundidade 0 – 20 cm. Esses resultados corroboram os achados de Campos *et al.* (2019), que ao avaliarem um Latossolo Amarelo no Piauí, constataram maiores valores de alumínio trocável. O teor de fósforo foi extremamente baixo (0,2 mg/dm³) e fixo nas três profundidades, um padrão que pode ser atribuído ao baixo teor de matéria orgânica e elevado teor de argila, que contribuem para o aumento da adsorção de P em solos do Cerrado (MOURA *et al.,* 2015).

A capacidade de troca catiônica de 7,51 cmolc/dm³ demonstrou a baixa capacidade do solo em reter nutrientes catiônicos. Conforme Alovisi *et al.* (2021), variáveis como CTC, SB e V reforçam que, embora quimicamente pobres, os solos do Cerrado podem apresentar alta estabilidade estrutural e boa resposta produtiva quando submetidos a manejo e correção adequados (SOUSA; LOBATO, 2004). O maior acúmulo de MO na camada superficial (0 – 20 cm) reflete o constante aporte de serapilheira e o intenso ciclo de nutrientes característicos da vegetação do Cerrado. A redução gradual dos teores de MO com a profundidade (4,12→ 3,22→2,63 dag/kg) é esperada em solos sob vegetação natural, pois a maior parte da biomassa e da atividade microbiana se concentra na camada mais próxima à superfície.

Apesar da baixa disponibilidade de nutrientes e da acidez, o teor de MO desempenha um papel fundamental na manutenção da fertilidade do solo, é um atributo determinante devido a sua influência na fertilidade, estrutura e por atuar em atributos químicos como pH e CTC (NASCIMENTO *et al.,* 2010). As áreas nativas de Cerrado geralmente exibem maiores valores de carbono total (e, consequentemente, MO) quando comparados a sistemas de uso intensivo como monocultivo de milho ou sistemas florestais como o eucalipto. Esse acúmulo atua como fator estabilizador do sistema, sendo responsável por 75% a 85% da CTC, além de contribuir para a ciclagem de nutrientes e a capacidade de troca catiônica (SIQUEIRA NETO *et al.*, 2009). Resultados semelhantes foram observados por Cassol *et al.* (2023), que verificaram ampla variação nos teores de pH, MO e CTC em solos sob vegetação nativa, evidenciando a heterogeneidade natural em função da textura e do grau de intemperismo.

Tabela 1. Resultados analíticos da química do solo em área de Cerrado nativo.

Atributo	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
pH (H_2O)	5,00	5,20	5,20
P (mg/dm³)	0,20	0,20	0,20
K (mg/dm³)	31,00	17,00	15,00
Ca^{2+} (cmolc/dm³)	0,09	0,01	0,06
Mg^{2+} (cmolc/dm³)	0,06	0,04	0,03
Al^{3+} (cmolc/dm³)	0,50	0,20	< 0,05
H+Al (cmolc/dm³)	7,43	5,61	4,13
SB (cmolc/dm³)	0,08	0,14	0,04
CTC (t)	0,58	0,34	0,04
CTC (T)	7,51	5,75	4,17
V (%)	1,00	2,00	1,00
m (%)	86,00	59,00	< 0,05
MO (dag/kg)	4,12	3,22	2,63

4.2 Floresta plantada de eucalipto

Os resultados obtidos sob sistema de *Eucalyptus urophylla* demonstraram que o pH médio na camada 0 – 20 cm (Tabela 2) indicou uma acidez mais acentuada em comparação ao Cerrado nativo (Tabela 1) evidenciando a intensificação da acidez na zona superficial do solo. Na profundidade de 20 – 40 cm houve leve aumento do pH e redução do alumínio trocável, sugerindo migração parcial da acidez para camadas mais profundas. Já em 40 – 60 cm, o pH se aproximou dos valores observados no Cerrado, o que indica menor impacto químico em profundidade.

A ausência de práticas corretivas, como calagem e adubação, resultou em maior acidez potencial (H+Al) e menor saturação por bases (V) entre todos os usos avaliados, demonstrando que o solo sob eucalipto permanece quimicamente empobrecido. A capacidade de troca de cátions (CTC) apresentou valores baixos em todas as profundidades,

especialmente em 0 – 20 cm (0,67 cmolc/dm³), tais valores indicaram a reduzida reserva de nutrientes e baixa disponibilidade de cargas de troca. A saturação por bases também permaneceu muito abaixo dos níveis críticos, reforçando a característica distrófica do solo (SOUSA; LOBATO, 2004). A análise química da área sob eucalipto apontou teores de Ca e Mg de 0,00 cmolc/dm³ em todas as profundidades, um resultado que confirma o esgotamento extremo de bases no perfil. Como o eucalipto demanda altos teores de Mg, a ausência desse macronutriente no solo se torna uma preocupação para a cultura (BARBOSA *et al.,* 2019).

Os teores de P foram baixos em todas as profundidades do eucalipto, evidenciando o alto poder de fixação desse elemento nos Latossolos do Cerrado, ricos em óxidos de ferro e alumínio. Contudo, na camada superficial o P sob eucalipto foi superior ao encontrado no Cerrado nativo. Essa diferença, apesar de ambos os valores estarem em níveis de deficiência, pode ser explicada pelo ciclo biogeoquímico promovido pela floresta de eucalipto. O sistema de eucalipto é caracterizado pela alta produção e acúmulo de serapilheira na superfície, um processo que favorece a mineralização e o retorno de P à camada superficial do solo (VALADÃO, 2019). Esse mecanismo de deposição constante de biomassa contribui para a manutenção ou pequeno incremento de nutrientes, o que justifica a pequena elevação do P em comparação com a área de controle. De fato a limitação de P é um dos principais fatores que restringem a produtividade do eucalipto em solos tropicais não corrigidos (STAPE *et al.,* 2004; McMAHON *et al.,* 2019).

Por outro lado, os teores de matéria orgânica se mantiveram semelhantes na camada superficial sob eucalipto em comparação ao Cerrado nativo, sugerindo um efeito positivo do sistema perene na ciclagem e no acúmulo de carbono. A maior deposição de serapilheira (composta por folhas, galhos e raízes finas) contribui para a manutenção e o incremento do teor de MO no horizonte superficial, conforme relatado por Almeida e Soares (2003) e Cassol *et al.* (2023).

A análise do K reforça a baixa fertilidade do Latossolo, mas com um diferencial importante. Na área de Cerrado, o teor de K na camada superficial foi de 31 mg/dm³, com decréscimo em profundidade. Em contrapartida, a área de eucalipto apresentou teores de K mais baixos em todo o perfil. A forte redução nos teores de K em profundidade observada tanto no Cerrado quanto no eucalipto, pode estar relacionada à baixa capacidade de retenção do Latossolo distrófico. O K é um cátion com boa mobilidade vertical no perfil (ERNANI *et al.,* 2007), sobretudo em solos com baixa CTC e textura argilosa ou média. Em sistemas sem manejo, essa mobilidade, somada à alta absorção radicular e à lixiviação natural, explica

porque o nutriente se encontra em níveis críticos e com tendência decrescente ao longo do perfil amostrado.

Tabela 2. Resultados analíticos da química do solo em área de eucalipto.

Atributo	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
pH (H_2O)	4,23 ± 0,04	4,75 ± 0,05	5,15 ± 0,21
P (mg/dm³)	0,60 ± 0,12	0,30 ± 0,10	0,25 ± 0,09
K (mg/dm³)	16,50 ± 1,50	11,00 ± 1,22	9,75 ± 2,05
Ca^{2+} (cmolc/dm³)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Mg^{2+} (cmolc/dm³)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Al^{3+} (cmolc/dm³)	0,63 ± 0,08	0,15 ± 0,11	< 0,05
H + Al (cmolc/dm³)	8,13 ± 0,70	4,99 ± 0,14	4,33 ± 0,07
SB (cmolc/dm³)	0,04 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,01
CTC efetiva (cmolc/dm³)	0,67 ± 0,08	0,18 ± 0,11	0,02 ± 0,01
CTC Total (cmolc/dm³)	8,17 ± 0,71	5,02 ± 0,14	4,35 ± 0,08
V (%)	0,50 ± 0,50	1,00 ± 0,00	0,50 ± 0,50
m (%)	93,75 ± 1,30	63,75 ± 37,16	< 0,05
MO (dag/kg)	4,09 ± 0,17	3,07 ± 0,05	2,66 ± 0,12

Valores apresentados como média ± Desvio Padrão.

4.3 Monocultura de milho

O solo sob cultivo de milho apresentou pH médio de 5,68 na camada superficial (Tabela 3) situando-se em faixa de acidez média a baixa, considerada adequada para a disponibilidade de nutrientes e para o desenvolvimento da microbiota edáfica. Em comparação às áreas de Cerrado nativo e eucalipto, observou-se aumento expressivo na soma de bases (SB), reflexo direto da prática de manejo. Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram elevados, sendo o fornecimento destes cátions essencial para a construção da fertilidade em Latossolos. O alumínio trocável foi completamente neutralizado (0,00 cmolc/dm³), e a saturação por bases (V) elevou-se expressivamente, demonstrando que o solo, originalmente distrófico, evoluiu para uma condição de maior fertilidade. Resultados semelhantes foram relatados por Carvalho

et al. (2024), que verificaram incremento na fertilidade de Latossolos sob cultivo de milho em sistema de plantio direto no Cerrado, e por Campos *et al.* (2011), que destacaram o efeito positivo da calagem e adubação na melhoria da acidez e na disponibilidade de nutrientes em solos tropicais.

A matéria orgânica (MO) apresentou teores semelhantes aos observados nas áreas de eucalipto e Cerrado. Segundo Baldotto *et al.* (2015), a MO é um indicador sensível das alterações do solo, refletindo diretamente o uso e o manejo adotado, além de ser essencial para a manutenção da CTC e retenção de nutrientes. A CTC_{total} nas camadas superficiais do milho (8,45 cmolc/dm³) e do eucalipto (8,17 cmolc/dm³) foi superior à do Cerrado nativo (7,51 cmolc/dm³), reforçando o papel da MO na capacidade de troca catiônica e na estabilidade dos agregados, conforme observado também por Valadares *et al.* (2012) em sistemas agrícolas com adubação verde. As recomendações agronômicas indicam que o milho apresenta melhor desempenho em solos com teores de argila superiores a 15% e boa drenagem, conforme descrito por Gianluppi (2002), condições que favorecem a retenção de nutrientes e a estabilidade estrutural do solo cultivado.

Apesar dos avanços, o teor de fósforo (P) manteve-se baixo em todas as profundidades (Tabela 3), o que demonstra o elevado poder de fixação desse nutriente pelos oxi-hidróxidos de ferro e alumínio característicos dos Latossolos. Essa limitação é amplamente relatada na literatura, sendo apontada por Baldotto *et al.* (2015) e pela Embrapa (2022) como um dos principais fatores limitantes à produtividade do milho em solos tropicais altamente intemperizados. Carvalho *et al.* (2024) também observaram que, mesmo sob manejo conservacionista e com adubação nitrogenada, o fósforo disponível tende a se restringir às camadas mais superficiais. Tais resultados reforçam a necessidade de práticas complementares, como a adubação fosfatada parcelada ou o uso de fontes menos suscetíveis à fixação, visando maior eficiência no aproveitamento do nutriente.

Nas camadas mais profundas, observou-se redução acentuada no teor de K, passando de 43,50 mg/dm³ na superfície para 20,00 mg/dm³ e 23,25 mg/dm³. Essa diminuição é esperada, visto que o K é um elemento de alta mobilidade e frequentemente redistribuído com o uso contínuo. O pH subsuperficial (5,48 e 5,60), embora ligeiramente menor que o superficial, mantém-se superior ao observado na área de eucalipto (4,75 e 5,15) e comparável ao Cerrado nativo, o que sugere menor acidificação em profundidade. A saturação por bases (V), entretanto, reduziu-se para 16,25% (20–40 cm) e 21,50% (40–60 cm), valores ainda acima do Cerrado (1 %), mas potencialmente limitantes para o crescimento radicular do milho, especialmente em condições de déficit hídrico. Esses resultados indicam que, embora o

manejo agrícola promova ganhos expressivos na camada superficial, ainda há necessidade de estratégias que ampliem a fertilidade em profundidade, favorecendo maior exploração radicular e resiliência hídrica da cultura.

De modo geral, os resultados indicaram que o manejo agrícola promoveu melhoria química significativa na camada superficial do solo, principalmente pelo aumento da saturação por bases e neutralização do alumínio, porém persistem limitações de fósforo e potássio em profundidade, o que pode restringir o aproveitamento do perfil radicular do milho. A adubação periódica na área de agricultura contribuiu para as médias mais elevadas de soma de bases e menores teores de Al^{3+} em relação ao eucalipto e ao Cerrado, reforçando a importância das práticas de manejo sustentado para manutenção da produtividade agrícola e conservação da qualidade do solo.

Tabela 3. Resultados analítcos da química do solo em área de monocultivo de milho.

Atributo	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
pH (H_2O)	5,68 ± 0,19	5,48 ± 0,04	5,60 ± 0,07
P (mg/dm³)	3,03 ± 0,93	0,53 ± 0,19	0,63 ± 0,13
K (mg/dm³)	43,50 ± 6,54	20,00 ± 5,24	23,25 ± 5,31
Ca^{2+} (cmolc/dm³)	1,80 ± 0,37	0,60 ± 0,00	0,83 ± 0,13
Mg^{2+} (cmolc/dm³)	0,90 ± 0,29	0,25 ± 0,05	0,38 ± 0,08
Al^{3+} (cmolc/dm³)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
H + Al (cmolc/dm³)	5,61 ± 0,40	4,58 ± 0,54	4,42 ± 0,21
SB (cmolc/dm³)	2,84 ± 0,67	0,90 ± 0,06	1,23 ± 0,22
CTC efetiva (cmolc/dm³)	2,84 ± 0,67	0,90 ± 0,06	1,23 ± 0,22
CTC Total (cmolc/dm³)	8,45 ± 0,26	5,48 ± 0,63	5,65 ± 0,36
V (%)	33,25 ± 6,53	16,25 ± 1,09	21,50 ± 2,69
m (%)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
MO (dag/kg)	4,19 ± 0,15	2,90 ± 0,22	3,10 ± 0,21

Valores apresentados como média ± Desvio Padrão.

4.4 Análise comparativa dos atributos químicos do solo em diferentes usos

Os resultados (Figura 1) demonstraram claramente o impacto direto das práticas de manejo na fertilidade química, com a área de monocultivo de milho destacando-se. Este ambiente exibiu os maiores valores de saturação por bases e de soma de bases na camada superficial. Tais valores evidenciam o sucesso das práticas de manejo na construção da fertilidade do solo, neutralizando a acidez potencial e elevando a disponibilidade de nutrientes (SOUSA; LOBATO, 2004). Para a maioria das culturas a saturação por bases deve estar idealmente entre 60% e 70% (TOMÉ JÚNIOR, 1997). O valor de 33,25% no milho, embora ainda abaixo do ideal, representa uma mudança drástica em relação aos demais usos.

Em forte contraste, as áreas de Cerrado nativo e Eucalipto exibiram os menores indicadores de fertilidade: a saturação por bases foi de apenas 1% e 0,50% respectivamente, e os valores de SB foram extremamente reduzidos. Essa condição química do Cerrado nativo reflete sua característica natural de solo distrófico, com baixíssima saturação por bases e predominância da acidez potencial (H+Al), uma limitação que se mantém no sistema de eucalipto pela ausência de correção.

No entanto, a CTC_{total} apresentou valores superiores nas áreas de milho e eucalipto em comparação ao Cerrado. Uma alta CTC é um indicativo de maior capacidade do solo em reter cátions e nutrientes, o que é crucial para o sistema produtivo. Essa elevação está associada ao maior teor de MO presente nesses sistemas de uso (resultado do aporte de palhada de milho e da serapilheira no eucalipto). Em solos de Cerrado, a MO desempenha um papel determinante na CTC, e sua manutenção ou incremento representa uma melhoria na capacidade de tamponamento e na qualidade geral do solo. A MO auxilia no incremento da capacidade de troca catiônica (CTC) e soma de bases, causando assim, maior liberação de cátions e ânions trocáveis que são adsorvidos pelos coloides do solo (Da Ros *et al.,* 2017). Portanto, enquanto a SB e a V demonstram o sucesso da correção do milho, a CTC sugere um efeito positivo de ambos os sistemas de manejo na capacidade natural de nutrientes do Latossolo.

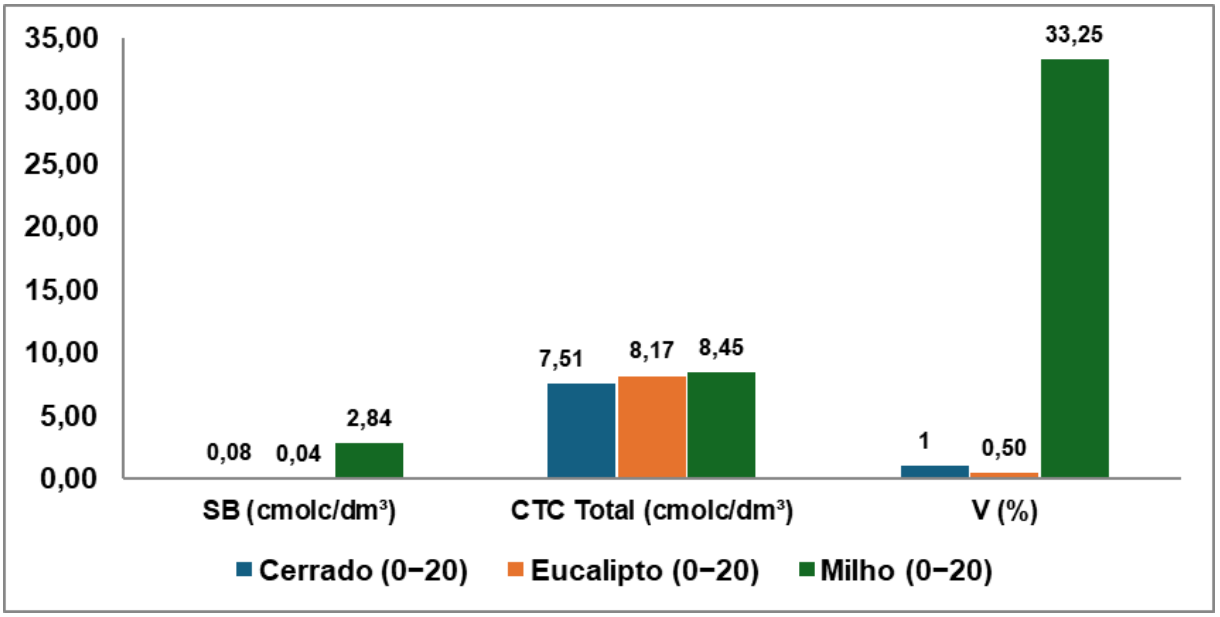


Figura 1. Atributos químicos do solo: SB, CTC a pH 7 e saturação por bases em diferentes usos do solo.

Em relação à disponibilidade de macronutrientes e à matéria orgânica (Figura 2) o contraste entre os manejos foi nítido, o monocultivo de milho apresentou os maiores valores de P e K. Este elevado nível de disponibilidade é um reflexo da adubação mineral com NPK aplicado na área, prática essencial para garantir o aporte e a manutenção de nutrientes em solos de baixa fertilidade. Em contraste, as áreas sem correção revelaram as limitações naturais do Latossolo: os teores de P sob Cerrado nativo e eucalipto foram classificados como muitos baixos, evidenciando a limitação primária do Cerrado, onde os teores de fósforo na solução são geralmente muito baixos (SOUSA *et al.*, 2004)

Para o Potássio, o monocultivo de milho apresentou os maiores teores, posicionando-se na faixa de classificação média, porém no limite inferior de suficiência agronômica. Solos com teor inferior a 40 mg/dm³ são geralmente considerados baixos, reforçando que, apesar do manejo corretivo, o K ainda é um nutriente de atenção. Por outro lado, o Cerrado e o eucalipto caíram claramente nas faixas de baixo a muito baixo.

Em termos de matéria orgânica, as três áreas não apresentaram diferença expressiva na camada 0 – 20 cm, apresentando valores que variaram de 4,09 a 4,19 dag/kg. Valores de MO > 4,1 dag/kg são usualmente considerados bons para a camada superficial em solos do Cerrado (TOMÉ JÚNIOR, 1997). A existência e manutenção desses teores demonstram a ação contínua de agentes biológicos, o que é de grande relevância para a produtividade agrícola, a reciclagem de nutrientes e a qualidade ambiental (GIASSON, 2004). Esses resultados reforçam a importância da MO como indicador de qualidade e sustentabilidade do

solo, por influenciar diretamente na retenção de nutrientes e na estrutura física do perfil. A estabilidade desses teores deve-se também ao fato de que a MO está diretamente associada à baixa interferência antrópica, especialmente sem o uso intenso de implementos agrícolas e tratos culturais (NOVAK *et al*., 2021).

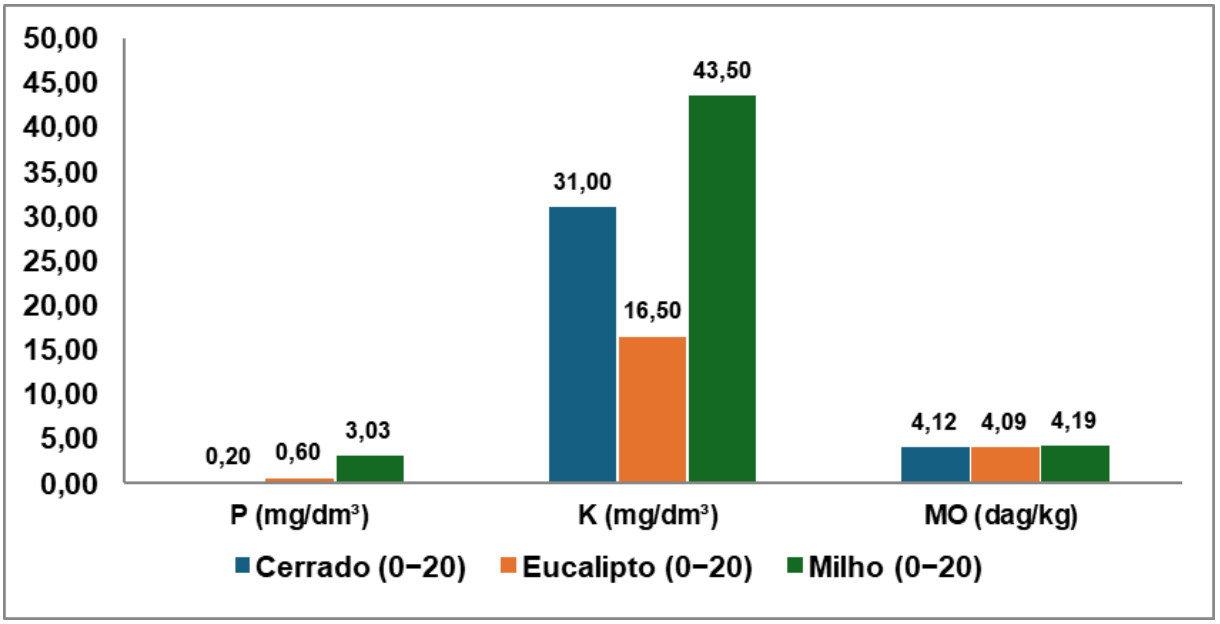


Figura 2. Teores de P, K e MO em diferentes usos do solo.

A área cultivada com milho apresentou pH mais elevado (Figura 3), evidenciando a menor acidez do solo em comparação com o Cerrado nativo e o eucalipto. Este resultado demonstrou a alta eficiência do manejo corretivo na área. O Al^{3+} foi completamente neutralizado, apresentando valor nulo, eliminando a toxicidade para a cultura. A neutralização do Al^{3+} é fundamental, visto que o crescimento das raízes das plantas é severamente reduzido na presença de excesso de alumínio, sendo a toxicidade igualmente agravada pela deficiência de Ca^{2+} (SOUSA; LOBATO, 2004).

Em contrapartida, o solo sob eucalipto apresentou maior teor de Al^{3+} e de H+Al, indicando também elevada saturação por alumínio (Tabela 2) e o pH mais baixo do estudo. Essa condição extrema reflete a natureza mais ácida e menos fértil desse ambiente quando conduzido sem correção. Os valores de acidez potencial expressam o potencial contínuo que o solo possui para acidificar-se, todos os usos apresentaram H+Al superior a 5,0 cmolc/dm³, confirmando que o Latossolo, mesmo sob manejo corretivo, ainda possui alto potencial de acidificação. O Al^{3+} é amplamente encontrado nos solos brasileiros, pois é um dos materiais encontrados nas rochas intemperizadas, sendo um elemento tóxico para a maioria das plantas

cultivadas (OLIVEIRA; FRANÇA, 2018). Contudo, essa situação não se aplica às plantas nativas do bioma Cerrado, pois as espécies desenvolveram tolerância aos solos ácidos e a presença de Al^{3+} (HARIDASSAN, 2008).

Esses resultados evidenciam o efeito oposto dos manejos sobre a química do solo, o milho através da correção, reduz a acidez e favorece a disponibilidade de nutrientes, ao passo que o eucalipto, quando conduzido sem a devida correção, tende a intensificar o processo de acidificação do solo. A intensificação da acidez sob eucalipto pode ser explicada pela absorção preferencial de cátions básicos pelas raízes, deposição de serapilheira e à lixiviação de bases, comprometendo gradualmente a fertilidade e a sustentabilidade do ambiente edáfico. A manutenção de uma cobertura florestal sem reposição de bases tende a esgotar o estoque inicial de Ca^{2+} e Mg^{2+}, acelerando a pedogênese ácida característica do Latossolo. O que é um fator crítico para a sustentabilidade da produção em solos intemperizados do Brasil (CANTARELLA et al., 2022).

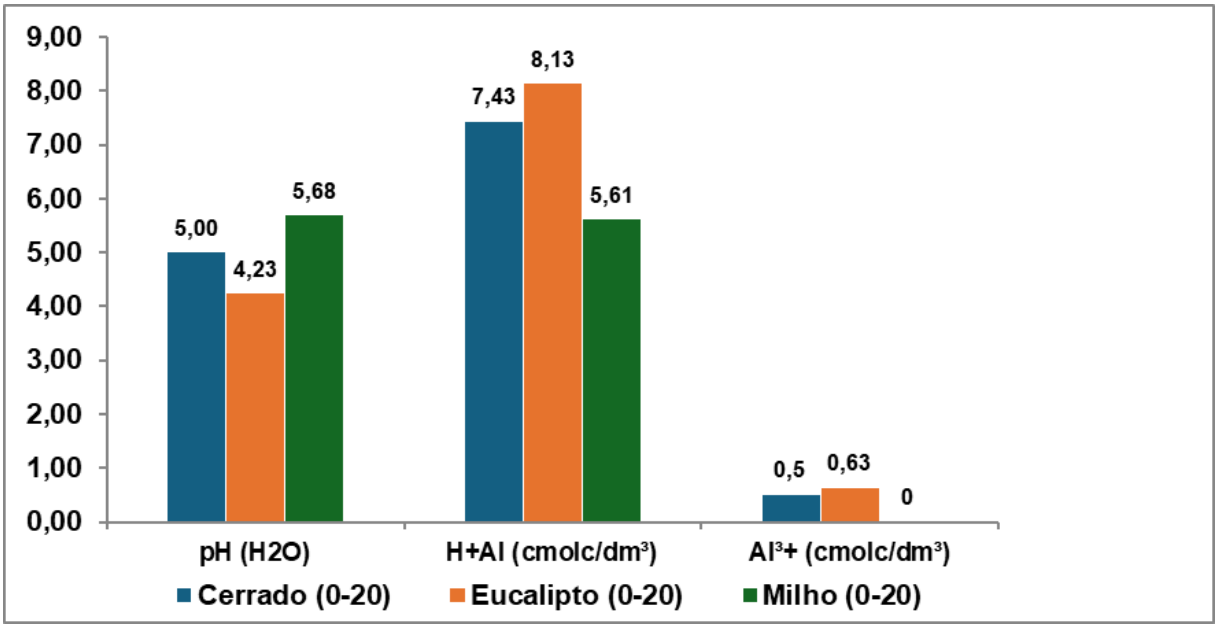


Figura 3. Acidez Ativa (pH), Potencial (H+Al) e Alumínio trocável (Al^{3+}) em diferentes usos do solo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados evidenciaram que o manejo sob Cerrado, eucalipto e monocultura de milho promoveram alterações químicas distintas na fertilidade do solo. O manejo sob monocultura de milho foi altamente eficaz na superação das limitações químicas naturais de Cerrado nativo, com pH mais elevado, ausência de Al^{3+} e maiores teores de nutrientes disponíveis, em comparação aos demais usos. A adubação periódica realizada no cultivo de milho contribuiu diretamente para esse comportamento, corroborando para a melhoria dos atributos químicos observados.

Em contrapartida, o cultivo de eucalipto, conduzido sem manejo corretivo, intensificou o processo de degradação química em relação à condição natural, apresentando o pH mais baixo do estudo e a maior toxicidade por Al^{3+}. Apesar das diferenças acentuadas na acidez e disponibilidade de bases, a matéria orgânica e a CTC_{total} foram mantidas em níveis similares.

Em síntese, o trabalho evidenciou que a fertilidade do Latossolo do Cerrado é drasticamente responsiva ao manejo, elevada pela agricultura com correção e intensificada em sua acidez pela condução florestal sem manejo, reafirmando o caráter distrófico do solo nativo como ponto de partida para qualquer intervenção.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. R.; SOARES, J. V. Efeito da idade e do espaçamento sobre a produtividade e a biomassa de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 99–107, 2003.

ALOVISI, A. M. T.; SAMPAIO, R. A.; LANA, R. M. Q.; LANA, Â. M. Q. Indicadores de fertilidade de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos e manejos no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 25, n. 7, p. 458–465, 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. São Paulo: ANDA, 1994. 62 p. (Boletim Técnico, n. 5).

BALDOTTO, M. A.; VIEIRA, E. M.; SOUZA, D. O.; BALDOTTO, L. E. B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade do solo sob floresta, agricultura e pecuária em Florestal-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo***,* Viçosa, v. 39, n. 2, p. 514–525, 2015.

BARBOSA, I. O. **Distribuição dos solos nas chapadas elevadas do Distrito Federal, com emprego de geoprocessamento.** 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BARBOSA, R. P.; CAIRO, P. A. R.; LACERDA, J. D. J.; BOTELHO, V. V. Os efeitos da deficiência de magnésio na partição de açúcares não restringem o crescimento de raízes em plantas jovens de eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 29, n.2, p. 622-631, 2019.

CAMPOS, L. P.; SOUZA, M. A.; SILVA, P. R. et al. **Atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado piauiense.** 2011. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/144a/b0560d8fe93500595e0990cd0b956f8c9486.pdf. Acesso em: 9 out. 2025.

CAMPOS, M. C. C.; SANTOS, L. A. C.; CAVALCANTE, I. H. L.; NUNES, J. A. R. Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, e0180173, 2019.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.** ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2022. (Boletim Técnico, 100).

CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M. Y. H.; SANTOS, C. A.; ALVES, P. R. L.; PAULA, A. M.; NAKATANI, A. S.; PEREIRA, J. M.; NOGUEIRA, M. A. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 274–287, 2013.

CARVALHO, A. M.; RAMOS, M. L. G.; SILVA, V. G.; SOUSA, T. R.; MALAQUIAS, J. V.; RIBEIRO, F. P.; OLIVEIRA, A. D. de; MARCHÃO, R. L.; FONSECA, A. C. P.; DANTAS, R. A. Cover crops affect soil mineral nitrogen and N fertilizer use efficiency of maize no-tillage system in the Brazilian Cerrado. **Land**, Basel, v. 13, n. 5, art. 693, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-445X/13/5/693. Acesso em: 9 out. 2025.

CASSOL, P. C.; PAVINATO, P. S.; SANTOS, F. R.; CORRÊA, J. C. Caracterização físico-química e variação espacial de atributos do solo em áreas sob vegetação nativa do Cerrado. **Scientia Agraria,** v. 24, n. 1, p. 55–66, 2023.

CASTRO, M. C.; CUNHA, F. F.; LIMA, S. F.; PAIVA NETO, V. B.; LEITE, A. P. Atributos físico-hídricos do solo ocupado com pastagem degradada e floresta nativa no Cerrado Sul-Mato-Grossense. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 3, n. 2, p. 498-512, 2012.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 33–39.

DA ROS, C. O.; DA SILVA, V. R.; SILVESTRIN, T. B.; DA SILVA, R. F.; PESSOTTO, P. P. Disponibilidade de nutrientes e acidez do solo após aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 35-44, 2017.

EMBRAPA. **Milho - Fertilidade de solos e adubação.** Brasília, DF: Embrapa, 2022. Disponível em:

https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/749175/1/Milho-Fertilidade-de-solos-e-adubacao.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G.; BALIEIRO, F. C.; MOURA, T.P.A.; DE MENEZES, A.R.; SANTANA, C.I. Características e atributos de Latossolos sob diferentes usos na região Oeste do Estado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1457-1465, 2016.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A .; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Unimar Ciências**, Marília, v. 26, (1-2), p. 08-25, 2017.

GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V.; SMIDERLE, O. J. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho nos cerrados de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2002. 26 p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/694968/1/0052002milhodaniel.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.

GIASSON, E. Introdução aos estudos dos solos. In: MEURER, Egon José (Ed.). **Fundamentos de química do solo.** 2. ed., rev. e ampl. Porto Alegre: Gênesis, 2004.

HARIDASSAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 183-195, 2008.

INKOTTE, J.; MARTINS, R. C. C.; SCARDUA, F. P.; PEREIRA, R. S. Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma Cerrado: uma revisão sistemática. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 988-1003, abr./jun. 2019.

MARCHIORI JUNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1177–1182, jun. 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/tKMkG3QrNMj3KjQnyD9GjNk/?lang=pt. Acesso em: 21 set. 2025.

McMAHON, S. M.; SILVA, J. R.; GONÇALVES, J. L. M. Soil nutrient stocks are maintained

over multiple rotations of *Eucalyptus* plantations in Brazil. ***Forest Ecology and Management***, v. 449, p. 117466, 2019.

MELO FILHO, J. F.; DEMATTÊ, J. A. M.; LIBARDI, P. L.; PORTELA, J. C. Comportamento espectral de um Latossolo Amarelo coeso argissólico em função de seu uso e manejo. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 16, n. 2, p. 105–112, 2004.

MOURA, J.B.; VENTURA, M.V.A.; CABRAL, J.S.R.; AZEVEDO, W.R. Adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho Distrófico sob vegetação de Cerrado em Rio Verde GO. **Fronteiras: journal of social, technological and environmental science**, Anápolis, v. 3. 1-15 2015.

NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S.; ZOFFOLI, H. J. O. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 339-348, 2010.

NIERO, L. A. C.; DECHEN, S. C. F.; COELHO, R. M.; DE MARIA, I. C. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférrico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1271–1282, 2010.

NOVAK, E.; CARVALHO, L. A.; SANTIAGO, E. F.; FERREIRA, F. S.; MAESTRE, M. R. Composição química do solo em diferentes condições ambientais. Ciência Florestal, *[S. l.]*, v. 31, n. 3, p. 1063–1085, 2021. DOI: 10.5902/1980509828995. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/28995 . Acesso em: 26 nov. 2025.

OLIVEIRA, D. B. **Necessidade de Calcário e Gesso para o Cultivo de Soja em Novas Áreas Agrícolas de Latossolo no Cerrado Matopiba, Brasil.** 2024. 69 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2024. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1170319/1/NecessidadeCalcarioGessoCultivoSojaTeseDoutorado2024.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

OLIVEIRA, H.; FRANÇA, F. Relação entre espécies de *Vochysiaceae* e a presença de alumínio no solo. In: **anais de iniciação científica da universidade estadual de feira de santana** (UEFS), 2018. p. 1-4. Disponível em: https://periodicos.uefs.br/index.php/semic/article/view/3059/2451. Acesso em: 26 nov. 2025.

PARRON, L. M.; RACHWAL, M. F. G.; MAIA, C. M. B. de F. Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. In: PARRON, L. M. [et al.] (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 92-100.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; PARRON, L. M.; TURETTA, A. P. D.; BALIEIRO, F. C. Oportunidades e desafios relacionados aos serviços ecossistêmicos de solo e água na paisagem rural. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 39, n. 2, e26955, 2022. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2022.v39.26955. Disponível em: https://apct.sede.embrapa.br/cct/article/view/26955/15078. Acesso em: 10 set. 2025.

REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 310–319, 2010. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2009.v44.1316. Disponível em: https://apct.sede.embrapa.br/pab/article/view/1316. Acesso em: 23 set. 2025.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. ln: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2008. p. 151-212.

SANZONOWICZ, C. **Solos do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. Disponívelem:https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo. Acesso em: 10 set. 2025.

SILVA, T. A. P. **Indicadores da qualidade de solo na avaliação da condição ambiental de área de lixão desativado em Ouro Fino – MG**. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Itajubá, Ouro Fino, 2019 Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1934/dissertacao_2019053.pdf?sequence=3. Acesso em: 16 set. 2025.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 709–717, 2009. DOI: 10.4025/actasciagron.v31i4.792.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUSA, D. M. G. de.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, Djalma M. G. de; LOBATO, Edson (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 147-183.

SOUZA, L. S.; MAFRA, Á. L.; SOUZA, L. D.; SILVA, I. F.; KLEIN, V. A. Inter-relação entre manejo e atributos físicos do solo. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C. de; SOUZA, L. S. de (Ed.). **Manejo e Conservação do Solo e da Água.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. cap. 8, p. 193–250.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, n. 1–2, p. 17–31, 2004. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.01.020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222521734_Eucalyptus_production_and_the_supply_use_and_efficiency_of_use_of_water_light_and_nitrogen_across_a_geographic_gradient_in_Brazil. Acesso em: 7 out. 2025.

TOMÉ JUNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise do solo.** Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 247 p.

TURETTA, A. P. D.; CASTRO, S. S.; POLIDORO, J. C. Solos, sustentabilidade e provisão de serviços ecossistêmicos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, n. mai–ago, p. 26–31, 2017. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1080522/1/2017040.pdf. Acesso em: 10 set. 2025.

VALADÃO, M. B. X. **Ciclagem Biogeoquímica e modelagem de biomassa e nutrientes em povoamento de eucalipto em solo do Cerrado.** 2019. xv, 78f., il. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

VALADARES, R. V.; DUARTE, R. F.; MENEZES, J. B. C.; FERNANDES, L. A.; SANTOS, L. D. T.; SAMPAIO, R. A.; MOTA, T. C.; ALMEIDA, R. M. Fertilidade do solo e produtividade de milho em sistemas de adubação verde no norte de Minas Gerais. **Planta**

Daninha, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 505–516, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pd/a/FCXR68kvjW4xxWKrGhCHRmR/. Acesso em: 9 out. 2025.