



Análise de Macronutrientes do solo e avaliação do seu potencial para o plantio de sementes

Raul Bordignon Gomes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP),
Catanduva, SP, Brasil

Caio Augusto de Carvalho Pena

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP),
Catanduva, SP, Brasil

Gabriela Salvador de Amo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP),
Catanduva, SP, Brasil,

Marcelo Fabiano Andre

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)

D.O.I.:

Resumo: Este trabalho propõe uma análise química dos macronutrientes cálcio e magnésio em um sistema integrado agroflorestal do Instituto Federal Campus Catanduva. A esquematização do projeto fundamenta-se na Química Analítica, estabelecendo uma interface entre essa área e as Ciências do Solo, com foco específico na Química do Solo. A abordagem metodológica adotará métodos volumétricos para a quantificação dos macronutrientes estudados. A partir dos resultados analíticos, propriedades importantes desses macronutrientes serão avaliadas, visando indicar a semente mais adequada para o plantio em um solo do sistema integrado.

Palavras-chave: *Análise Química; Ciências do solo; Macronutrientes; pH; plantio de sementes.*

Abstract: This study proposes a chemical analysis of the macronutrients calcium and magnesium in an integrated agroforestry system at the Federal Institute, Catanduva Campus. The project design is grounded in Analytical Chemistry, establishing an interface between this field and Soil Science, with a specific focus on Soil Chemistry. The methodological approach will employ volumetric methods for the quantification of the macronutrients under investigation. Based on the analytical results, important properties of these

macronutrients will be evaluated, with the aim of identifying the most suitable seed for cultivation in the soil of the integrated system.

Keywords: *Chemical Analysis; Soil Science; Macronutrients; pH; Seed Planting.*

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as manchetes sobre impactos climáticos têm se tornado cada vez mais frequentes. Desde o século XX, a ação humana, por meio de modelos de produção convencionais, tem causado danos severos aos ecossistemas, reduzindo a resiliência e a proteção oferecida pelos ecossistemas contra desequilíbrios ambientais (Mota et al., 2009). Diante desse cenário, sistemas agrícolas alternativos, como a agrofloresta, surgem como uma resposta, buscando restabelecer a complexidade e as funções dos ecossistemas naturais.

O acelerado crescimento populacional reforçou a demanda por modelos de produção rápida, uma realidade que consolidou a agricultura intensiva como padrão dominante (Campos et al., 2021). Esse modelo, no entanto, contrasta profundamente com a lógica da agrofloresta, que entende o solo como um organismo vivo e dinâmico. Enquanto o sistema convencional está associado a riscos pela dependência de insumos externos e degradação (Costa, Heilmann; 2021), o sistema agroflorestal propõe a construção da fertilidade de forma biológica e sustentável, resgatando a conexão entre sociedade e processos naturais.

Nesse contexto, analisar as propriedades do solo em sistemas agroflorestais torna-se uma etapa fundamental. Compreender sua dinâmica química, especialmente em relação aos macronutrientes, é essencial para quantificar os benefícios dessa transição, e, de forma prática, orientar o manejo e a escolha de espécies que potencializem a saúde do ecossistema e a qualidade da produção.

O solo constitui um sistema dinâmico e multifuncional, essencial à manutenção da vida terrestre. Ele atua como um reator natural no qual se processam complexas interações físicas, biológicas e químicas com o ambiente, regulando fluxos de água e nutrientes, estabilizando temperaturas e

filtrando substâncias (Salomão et al., 2020). Especificamente, a Química do Solo dedica-se a investigar a natureza e a dinâmica dessas transformações, com foco na composição elementar e nos processos que governam a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Barros et al., 2010). Compreender essas propriedades químicas, portanto, oferece uma ferramenta analítica poderosa. Ela permite avaliar a fertilidade e a aptidão de um solo, fornecendo, por exemplo, critérios objetivos para orientar a seleção de sementes e práticas de manejo adequadas a diferentes sistemas, como os agroflorestais (Teixeira et al., 2018).

A análise química de macronutrientes no solo, como cálcio (Ca) e magnésio (Mg), fornece indicadores essenciais para avaliar a fertilidade e o funcionamento de um sistema. O cálcio, além de ser um componente estrutural fundamental das paredes celulares vegetais, desempenha um papel crucial na química do solo: ele contribui para a agregação de partículas, melhorando a estrutura física, o que, por sua vez, favorece a aeração, a infiltração e a retenção de água (De Sá et al., 2024). Já o magnésio, por ser o íon central da molécula de clorofila, é indispensável para o processo fotossintético. Sua presença adequada no solo também influencia propriedades físicas, como a porosidade, facilitando o desenvolvimento radicular e a drenagem (Oliveira et al., 2024). Portanto, a quantificação desses elementos por métodos volumétricos não apenas caracteriza o estado nutricional do sistema agroflorestal, mas também revela inter-relações entre a química do solo, sua física e a fisiologia vegetal, oferecendo um critério científico robusto para a seleção de espécies adaptadas às condições específicas do ambiente estudado.

A seleção de sementes para um sistema produtivo deve ser guiada pelo diagnóstico químico do solo, em que o pH é uma variável fundamental. Ele regula diretamente a disponibilidade de nutrientes e define a aptidão do ambiente para diferentes espécies (Veloso et al., 1992). O feijão, por exemplo, é uma cultura tipicamente adaptada a solos com pH ligeiramente ácido a neutro. Outras espécies, como salsinha, ruibarbo e soja, também se desenvolvem melhor em condições ácidas, enquanto aspargo, beterraba e couve-flor são mais adaptadas a solos neutros ou alcalinos (Corrigan et al., 2021). Essa relação não é unidirecional; a própria dinâmica do pH é

influenciada pela concentração e equilíbrio de cátions como o cálcio (Ca^{2+}) e o magnésio (Mg^{2+}), os quais podem modular a acidez ao ocuparem os sítios de troca do solo (Antunes et al., 2009). Portanto, a análise quantitativa desses macronutrientes em um sistema agroflorestal oferece um duplo benefício: avalia a fertilidade disponível para culturas específicas e auxilia na interpretação do pH, fornecendo um diagnóstico integrado para uma seleção de sementes tecnicamente fundamentada.

O método da volumetria por complexação mantém-se como uma técnica analítica relevante e amplamente utilizada. Seu princípio fundamenta-se na formação de um complexo estável entre um íon metálico, presente na amostra, e um agente complexante (ligante) adicionado. A grande versatilidade deste método reside em sua capacidade de quantificar com precisão uma variedade de elementos, incluindo macronutrientes essenciais ao solo, como o cálcio e o magnésio (PEREIRA et al., 2011, p. 1332). Assim, a aplicação da volumetria de complexação é fundamental para pesquisas que buscam elucidar a dinâmica nutricional no sistema solo-planta, gerando dados precisos que corroboram tanto o avanço do conhecimento científico quanto o aprimoramento de práticas agrícolas sustentáveis (RODRIGUES et al., 2020).

METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido seguindo as etapas metodológicas descritas a seguir (Fluxograma 01):

FLUXOGRAMA 01- Determinação de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Dureza Total em solo



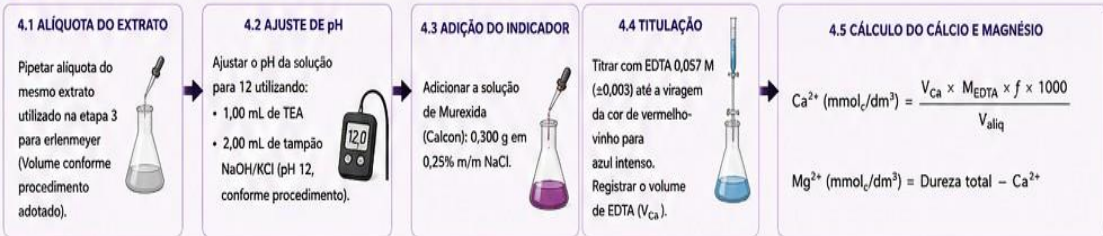
2 OTIMIZAÇÃO DO PROCEDIMENTO ANALÍTICO – PLANEJAMENTO FATORIAL 2²



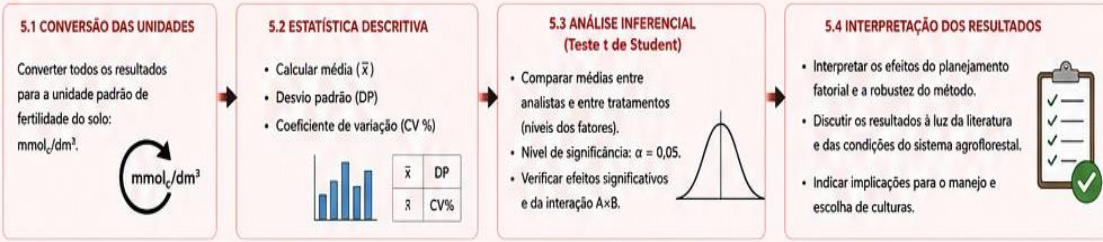
3 DETERMINAÇÃO DA DUREZA TOTAL (Ca²⁺ + Mg²⁺) – TITULAÇÃO COMPLEXOMÉTRICA EM pH 10



4 DETERMINAÇÃO ESPECÍFICA DE CÁLCIO (Ca²⁺) – TITULAÇÃO EM pH 12



5 PROCESSAMENTO DE DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA



Fonte: Autoria Própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização preliminar do solo agroflorestal

A análise de solo realizada pelo laboratório especializado (AFCAT) forneceu um diagnóstico inicial da área de estudo (Tabela 1). Os teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis foram de 19,0 mmolc/dm³ e 16,0 mmolc/dm³, respectivamente. O pH em CaCl_2 de 5,3 caracteriza o solo como moderadamente ácido, condição frequentemente observada em solos cultivados e compatível com o desenvolvimento de diversas culturas agrícolas. A saturação por bases (V%) de 64,5% indica boa disponibilidade de cátions básicos e fertilidade química satisfatória. A textura foi classificada como média, com predominância de areia (754 g/kg), conferindo elevada permeabilidade e drenagem, e teor de argila de 198 g/kg, contribuindo para a retenção de água e nutrientes. Este perfil, identificado como Solo Tipo 2, constitui a linha de base para a avaliação da fertilidade do sistema agroflorestal.

Tabela 1. Caracterização química e física inicial do solo agroflorestal

Parâmetro	Unidade	Valor
pH (CaCl ₂)	-	5,3
Fósforo (P-resina)	mg/dm ³	9
Matéria Orgânica (MO)	g/dm ³	31
Carbono Org. Total (COT)	g/dm ³	18
Enxofre (S)	mg/dm ³	4
Potássio (K ⁺)	mmolc/dm ³	1,3
Cálcio (Ca ²⁺)	mmolc/dm ³	19
Magnésio (Mg ²⁺)	mmolc/dm ³	16
Alumínio (Al ³⁺)	mmolc/dm ³	0
Acidez Potencial (H+Al)	mmolc/dm ³	20
Soma de Bases (SB)	mmolc/dm ³	36,3
CTC Efetiva (t)	mmolc/dm ³	36,3
CTC a pH 7,0 (T)	mmolc/dm ³	56,3
Saturação por Bases (V%)	%	64,5
Argila	g/kg	198
Areia Fina	g/kg	475
Areia Grossa	g/kg	280
Areia Total	g/kg	754
Silte	g/kg	47,5
Classificação Textural	-	Média
Tipificação de Solo	-	Tipo 2

Fonte: Laboratório de Análise de Solo AFCAT (2025).

Método analítico: precisão e concordância entre analistas

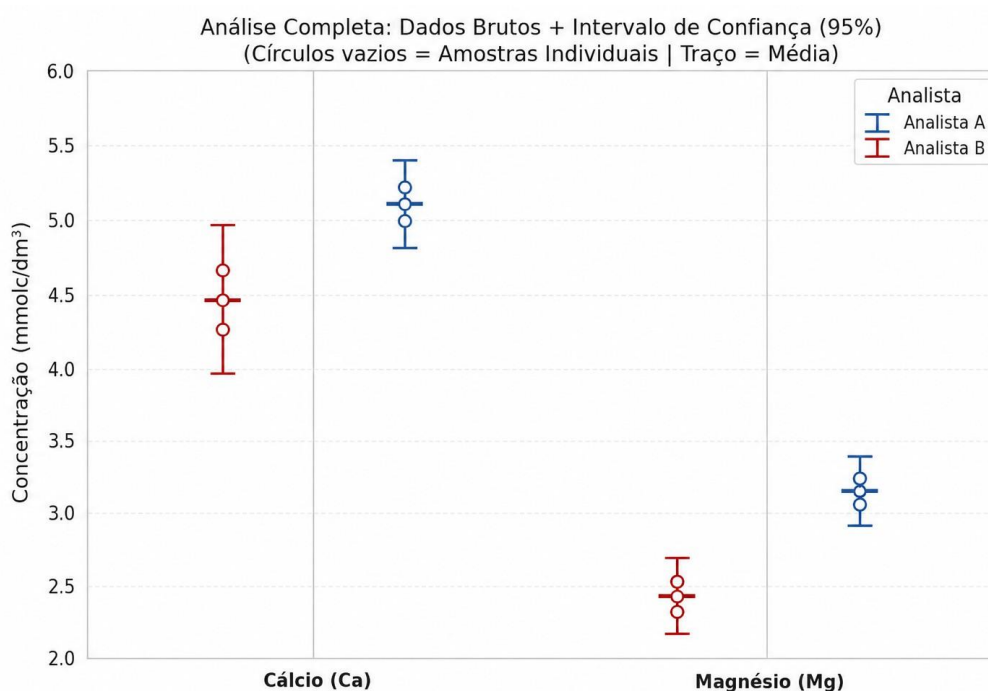
Como metodologia utilizou-se princípios da titulação complexométrica adotada, foi conduzido um estudo de precisão e comparação entre dois analistas (Tabela 2). Os resultados demonstraram uma elevada precisão intra-analista, especialmente para o analista de referência (A), que obteve Coeficientes de Variação (CV) inferiores a 3% para ambos os nutrientes. O analista em treinamento (B) também apresentou boa precisão, com CVs próximos a 4,5%. No entanto, o Teste T de Student aplicado revelou uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre as médias obtidas pelos dois analistas para Ca^{+2} e Mg^{+2} . Esta diferença, visualizada no Gráfico de Dispersão (Figura 1), não indica falta de acurácia, mas evidencia a sensibilidade do método volumétrico a nuances na técnica operacional, como a identificação do ponto final da titulação.

Tabela 2. Tabela 2. Estatísticas descritivas, precisão e intervalo de confiança (95%) para os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} determinados por dois analistas, com três repetições independentes por analista ($n = 3$).

Elemento	Analista	Média (mmolc/dm ³)	Desvio Padrão	CV (%)	IC 95% (Inferior)	IC 95% (Superior)
Ca^{2+}	A	5,1	0,1	2,3	4,8	5,4
	B	4,4	0,2	4,5	3,9	4,9
Mg^{2+}	A	3,12	0,09	2,80	2,90	3,34
	B	2,4	0,1	4,2	2,2	2,7

Fonte: Autoria Própria.

Figura 1. Gráfico de Dispersão dos Resultados Individuais de Ca^{2+} e Mg^{2+} por Analista



Fonte: Autoria Própria.

Teores de cálcio e magnésio determinados por volumetria

Os dados quantitativos apresentados foram obtidos por titulação complexométrica. A Figura 2 documenta o momento crucial da análise: o ponto final da titulação para a determinação da dureza total ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$). A imagem registra a viragem nítida da coloração de vermelho-arroxeadado (complexo do indicador Negro de Eriocromo com os íons metálicos) para um azul puro e estável, sinal de que todo o cálcio e magnésio presente na alíquota foi complexado pelo EDTA. Este registro visual é uma evidência direta do rigor analítico aplicado, corroborando a confiabilidade dos procedimentos que geraram os resultados numéricos apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Figura 2. ponto final da titulação para a determinação da dureza total ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$).



Fonte: Autoria Própria.

Os teores de macronutrientes determinados experimentalmente no solo agroflorestal via titulação complexométrica, após conversão para a unidade padrão de fertilidade do solo (mmolc/dm^3), estão consolidados na Tabela 3. Para o cálcio (Ca^{2+}), os resultados dos analistas convergiram para médias de $5,1 \pm 0,1 \text{ mmolc/dm}^3$ (A) e $4,4 \pm 0,2 \text{ mmolc/dm}^3$ (B). Para o magnésio (Mg^{2+}), as médias foram de $3,1 \pm 0,1 \text{ mmolc/dm}^3$ (A) e $2,4 \pm 0,1 \text{ mmolc/dm}^3$ (B). A precisão intra-analista, indicada pelos baixos desvios padrão, foi elevada. No entanto, a diferença significativa entre os analistas, já comprovada pelo Teste T, permanece evidente. É crucial destacar que, mesmo após a conversão, persiste uma discrepância considerável entre esses valores e os do laudo laboratorial (19 e 16 mmolc/dm^3).

Tabela 3. Resultados das análises volumétricas de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo agroflorestal.

Analista	Ensaio	[Ca] (mmolc/dm^3)	[Mg] (mmolc/dm^3)
Analista A	1	5,24	3,03
	2	5,01	3,14
	3	5,12	3,2
	Média $\pm$ DP	$5,1 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,1$
Analista B	1	4,64	2,42
	2	4,44	2,32
	3	4,24	2,52
	Média $\pm$ DP	$4,4 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,1$

Fonte: Autoria Própria.

Esta diferença pode ser atribuída a diversos fatores. (i) Diferença metodológica: o laudo laboratorial utilizou resina trocadora de íons, método

amplamente empregado em análises de fertilidade do solo, enquanto neste trabalho foi utilizada a extração com KCl 1 mol L⁻¹ seguida de titulação complexométrica com EDTA. Embora ambos os métodos sejam empregados para determinação de cátions trocáveis, diferenças na eficiência de extração podem ocorrer em função das características físico-químicas do solo, especialmente em solos de textura média a arenosa, como o avaliado neste estudo. (ii) Calibração e padronização: a solução de EDTA utilizada nas titulações foi previamente padronizada, apresentando concentração de 0,057 mol L⁻¹. Todas as determinações foram realizadas utilizando a mesma solução titulante e os fatores de correção obtidos durante a etapa de padronização, garantindo a consistência interna das análises. Entretanto, diferenças nos procedimentos analíticos adotados em relação ao laboratório de referência podem contribuir para parte da discrepância observada entre os resultados. (iii) Escala de trabalho e homogeneidade da amostra: o laudo laboratorial representa a média obtida a partir de uma amostra composta submetida a procedimentos rigorosos de secagem, preparo e homogeneização. Em contraste, as análises volumétricas realizadas neste estudo foram conduzidas em alíquotas do extrato de KCl obtido a partir das amostras coletadas, estando mais sujeitas aos efeitos da variabilidade espacial natural do solo. Dessa forma, pequenas diferenças na distribuição dos constituintes do solo podem influenciar os valores determinados experimentalmente. Apesar das diferenças observadas em relação ao laudo de referência, os resultados obtidos apresentaram boa repetibilidade analítica, evidenciada pelos baixos desvios padrão registrados para as determinações de Ca²⁺ e Mg²⁺.

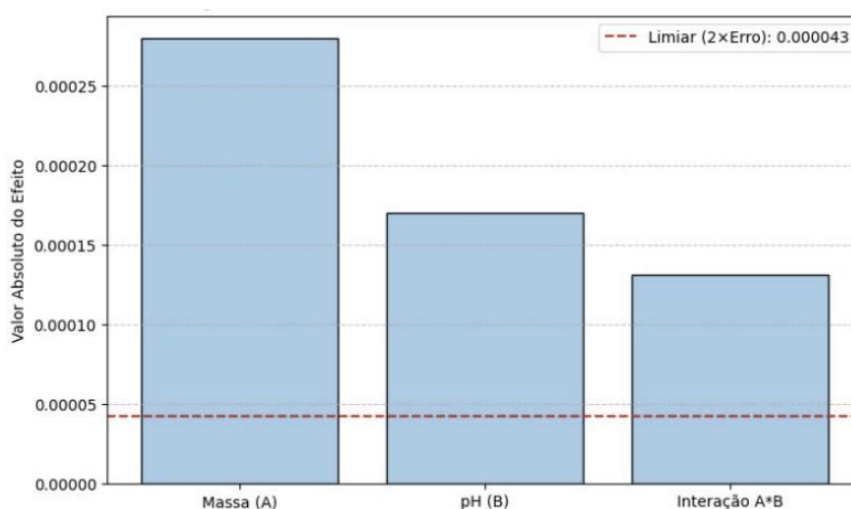
Otimização experimental e seu impacto nos resultados

O planejamento fatorial 2² realizado para otimizar o processo de titulação, avaliando massa de solo e pH, indicou que a massa foi o fator estatisticamente mais significativo para a resposta analítica (Gráfico 1). Este resultado corrobora a importância da etapa de pesagem e homogeneização da amostra, um ponto crítico identificado também na comparação entre analistas. A otimização conduziu à padronização do uso de 10,00 g de solo para todas as análises, garantindo maior robustez ao procedimento. Contudo, a discrepância com o laudo sugere que outros parâmetros, como a eficiência de extração com

KCl e a completa padronização dos reagentes, podem ser variáveis-chave a serem controladas em estudos futuros para melhorar a exatidão do método.

Os dados experimentais foram processados utilizando a linguagem de programação Python, com auxílio das bibliotecas Pandas para organização dos dados, NumPy para os cálculos estatísticos e Matplotlib para a elaboração dos gráficos. Os efeitos principais e de interação do planejamento fatorial 2^2 foram calculados a partir das médias experimentais e representados graficamente para avaliação da significância dos fatores estudados.

Gráfico 1 .Efeitos com linear de significância (5%).



Fonte: Autoria Própria.

Implicações Práticas: O Caso do Plantio de Feijão

A interpretação integrada dos dados têm implicações diretas para o manejo do sistema. Com base no diagnóstico inicial do laudo, que apontou um pH igual a 5,3 e teores consideráveis de cálcio e magnésio, optou-se pelo plantio de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em parte da área agroflorestal. Esta cultura é classicamente adaptada a solos com pH na faixa de ligeiramente ácido a neutro (5,5 a 7,0) e responde bem à presença de cálcio para o desenvolvimento da estrutura da planta e de magnésio para a fotossíntese a textura média do solo, com boa drenagem, é igualmente favorável ao desenvolvimento do sistema radicular do feijão. Portanto, a análise química funcionou como uma ferramenta de decisão prática, fundamentando a escolha

de uma cultura compatível com as condições edáficas identificadas (NETTO, 1967, p. 45) (Figura 2).

Figura 3. Plantio do Feijão em um ambiente controlado.



Fonte: Autoria Própria.

Síntese da Fertilidade e Perspectivas para a Agrofloresta

Apesar da divergência quantitativa entre os métodos, uma conclusão qualitativa importante emerge da análise integrada: ambas as metodologias confirmam a presença e disponibilidade de cálcio e magnésio no solo agroflorestal. Os valores do laudo (Ca: 19, Mg: 16 mmolc/dm³) indicam uma condição inicial de fertilidade considerada adequada para diversas culturas. Já os resultados experimentais do presente trabalho, mesmo com médias mais baixas (Ca: 4,75; Mg: 2,75 mmolc/dm³), não invalidam essa conclusão, mas sim refinam a interpretação. Eles sugerem que, em uma escala de trabalho laboratorial mais controlada e com um método (extração com KCl + titulação) que pode ter eficiência diferente da resina, os teores extraíveis desses cátions são significativos, porém em uma magnitude distinta.

Esta diferença de magnitude, longe de ser apenas uma discrepância, oferece uma visão prática para o manejo. A textura arenosa do solo, confirmada por ambos os conjuntos de dados, é um fator crítico. Solos arenosos possuem baixa capacidade de Troca Catiônica (CTC). Portanto, os valores mais conservadores obtidos em nossa análise volumétrica podem

servir como um indicador mais sensível do risco de lixiviação desses nutrientes ((WU; SHINZATO; ANDRADE, 2011). Enquanto o laudo aponta uma reserva total considerável, nossos resultados refletem a fração prontamente disponível e potencialmente mais móvel. Isso desloca o foco da simples quantidade para a dinâmica da disponibilidade.

Consequentemente, as estratégias de manejo devem transcender a interpretação estática dos teores. A relação $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ próxima de 1:1, inferida de ambos os dados, é equilibrada e não impõe restrições imediatas. O desafio central, evidenciado por esta pesquisa, é construir e manter a capacidade do solo de reter esses nutrientes. A prioridade absoluta deve ser o incremento contínuo da matéria orgânica através da incorporação de adubos verdes, cobertura permanente do solo e cultivo de leguminosas diversificadas. Esta prática é a alavanca para aumentar a CTC efetiva, transformando o solo arenoso em um reservatório mais eficiente, onde tanto os nutrientes medidos pelo laudo quanto aqueles quantificados em nossa análise possam ser efetivamente aproveitados pelas plantas, garantindo a sustentabilidade produtiva do sistema agroflorestal (MAIA et al., 2022).

CONCLUSÃO

O presente trabalho alcançou seu objetivo de analisar os teores dos macronutrientes cálcio e magnésio em um solo de sistema agroflorestal, empregando a metodologia da titulação complexométrica como ferramenta da Química Analítica aplicada às Ciências do Solo.

A execução do método demonstrou ser precisa e reprodutível em mãos de um mesmo operador, conforme atestado pelos baixos coeficientes de variação obtidos. No entanto, a diferença significativa observada entre analistas e, sobretudo, a discrepância de magnitude em relação ao laudo laboratorial de referência, destacam a sensibilidade da técnica a detalhes operacionais e a críticas etapas de padronização. Essas divergências não invalidam os resultados, mas revelam as limitações inerentes ao método escolhido em

relação à eficiência de extração (KCl vs. resina) e apontam para a necessidade de rigoroso controle analítico.

Do ponto de vista agronômico, a análise integrada dos dados permitiu concluir que o solo do sistema estudado apresenta teores adequados e detectáveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} , constituindo uma base favorável para o cultivo, como comprovado pelo estabelecimento satisfatório do feijão. Contudo, a textura arenosa identificada é um fator limitante de ordem física. Portanto, os resultados reforçam que o sucesso e a sustentabilidade a longo prazo deste sistema agroflorestal dependem menos da quantidade inicial de nutrientes e mais da implementação de práticas de manejo que aumentem a matéria orgânica e, conseqüentemente, a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo.

Dessa forma, a pesquisa cumpriu um duplo papel: validou o uso da volumetria de complexação como técnica analítica aplicável à caracterização de solos em sistemas integrados e, ao mesmo tempo, gerou um diagnóstico químico útil que, além de indicar a viabilidade do plantio de espécies específicas, orienta a adoção de práticas de manejo conservacionistas essenciais para a perenidade da fertilidade no sistema agroflorestal.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Márcjore et al. PH do Solo: Determinação com Indicadores Ácido-Base no Ensino Médio. Experimentação no ensino de química, [s. l.], 31 jul. 2009. Disponível em: https://cabecadepapel.com/sites/colecaoaiq2011/QNEsc31_4/11-EEQ-3808.pdf. Acesso em: 12 jun. 2024.
- BARROS, R. P. de; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L. da; SOUZA, R. M. de; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. de V.; MELO, A. S. de. ALTERAÇÕES EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR E ADIÇÃO DE VINHAÇA. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 341–346, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/6422>. Acesso em: 6 mar. 2025.
- CAMPOS, A. L.; IGNÁCIO, Á. R. A.; OLIVEIRA JUNIOR, E. S.; LÁZARO, W. L.. O avanço do agrotóxico no Brasil e seus impactos na saúde e no ambiente. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 191–204, 2021. DOI: 10.17765/2176-9168.2021v14n1e007934. Disponível em:

<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/7934>. Acesso em: 25 jul. 2025.

COSTA, A. O. da C.; HEILMANN, M. de J. R. A. SEGURANÇA ALIMENTAR E O DIREITO AMBIENTAL BRASILEIRO: A PRODUÇÃO E A OFERTA DE ALIMENTOS TRANSGÊNICOS. *International Contemporary Management Review*, [S. l.], v. 6, n. 2, p. e351, 2025. DOI: 10.54033/icmr6n2-032. Disponível em: <https://www.icmreview.com/icmr/article/view/351>. Acesso em: 31 jul. 2025.

CORRIGAN, Richard et al. Lista de vegetais que adoram ácido. EHow brasil, [s. l.], 20 2021. Disponível em: https://www.ehow.com.br/lista-vegetais-adoram-acido-info_16607/. Acesso em: 12 jun. 2024.

DE SÁ, Amanda Aciely Serafim; OLIVEIRA, Gustavo Henrique de; SILVA, Ramon Pereira da; ASSIS, Valeska Cristina Souza Silva de; OLIVEIRA, Cintia da Silva de; OLIVEIRA, Jaiara Almeida de; CASAMASSA, Maurício Tayar; BERTI, Mariana Pina da Silva. A importância do cálcio para a nutrição de plantas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 17, n. 2, 2024. DOI: 10.36560/17220241873. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1873>. Acesso em: 6 mar. 2025.

OLIVEIRA, Cintia da Silva; OLIVEIRA, Jaiara Almeida de; ASSIS, Valeska Cristina Souza Silva de; OLIVEIRA, Gustavo Henrique de; SÁ, Amanda Aciely Serafim de; SILVA, Ramon Pereira da; CASAMASSA, Maurício Tayar; BERTI, Mariana Pina da Silva. Dinâmica do magnésio no sistema solo-planta e sua participação no metabolismo e nutrição de plantas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 17, n. 4, 2024. DOI: 10.36560/17420241898. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1898>. Acesso em: 6 mar. 2025.

MAIA, João Carlos de Souza et al. Effects of different coverage plants and organic extract on chemical attributes of a loaded arenos clay soil. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 14, p. e158111435994, 2022. DOI:

10.33448/rsd-v11i14.35994.

Disponível

em:

<https://rsdjournal.org/rsd/article/view/35994>. Acesso em: 19 dez. 2025.

MOTA, J. C.; ALMEIDA, M. M.; ALENCAR, V. C.; CURI, W. F.. CARACTERÍSTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA VISÃO CONCEITUAL. *Águas Subterrâneas*, [S. l.], v. 1, 2009. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/21942>. Acesso em: 25 jul. 2025.

NETTO, Antonio Cobra. Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var roxinho). 1967. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1967. DOI: 10.11606/T.11.1900.tde-20240301-143234. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20240301-143234/>. Acesso em: 19 dez. 2025.

PEREIRA, C. M. et al. Titulação complexométrica com indicador potenciométrico para determinação de cálcio e magnésio em extratos de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1331–1336, jul. 2011.

RODRIGUES, Matheus Barros et al. Análises de rotina em laboratório de fertilidade do solo. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, [S. l.], v. 4, p. e9003, 2020. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/9003>. Acesso em: 13 mar. 2025.

SALOMÃO, P. E. A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A. A. dos; MARTINS, A. C. E. The Importance of Straw No-Tillage System for Soil Restructuring and Organic Matter Restoration. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. e154911870, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i1.1870. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1870>. Acesso em: 2 jul. 2025.

TEIXEIRA, Danilo Missias; MACHADO, Fábio Braz; SILVA, Josilaine Santana da. O lúdico e o ensino de Geociências no Brasil: principais tendências das publicações na área de Ciências da Natureza. **Terrae Didatica**, Campinas, SP, v. 13, n. 3, p. 286–294, 2018. DOI: 10.20396/td.v13i3.8651223. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8651223>. Acesso em: 5 mar. 2025.



VELOSO, C. A. C. et al.. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, v. 49, n. spe, p. 123–128, 1992.

WU, Luis Fernando; SHINZATO, Mirian Chieko; ANDRADE, Sandra. Capacidade de fixação de potássio no solo pela zeólita e vermiculita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 13., 2011, Gramado. Anais [...]. Gramado: UFRGS, 2011. p. 1575-1578. Disponível em: <https://www.sbgq.org.br/anais-dos-congressos>. Acesso em: 19 dez. 2025.