



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
CURSO DE AGRONOMIA

JOÃO MENDES RODRIGUES

ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DE ROTINA DE LABORATÓRIO DE
ANÁLISE DE SOLO DA EMBRAPA CERRADOS, PLANALTINA - DF

GURUPI – TO
ABRIL - 2021

JOÃO MENDES RODRIGUES

**ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DE ROTINA DE LABORATÓRIO DE
ANÁLISE DE SOLO DA EMBRAPA CERRADOS, PLANALTINA - DF**

Monografia apresentada à Fundação Universidade Federal do Tocantins UFT, Campus Universitário de Gurupi, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: D Sc. Prof. Dr. Ildon Rodrigues do Nascimento

GURUPI - TO

ABRIL - 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- R696a Rodrigues, João Mendes .
Acompanhamento das atividades de rotina de um Laboratório de análise de Solo da Embrapa Cerrados, Planaltina - DF. / João Mendes Rodrigues. – Gurupi, TO, 2021.
38 f.
- Relatório de Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Agronomia, 2021.
Orientador: Ildon Rodrigues do Nascimento
1. Macronutrientes. 2. Micronutrientes. 3. Fertilidade do solo. 4. Estágio. I.
Título

CDD 630

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JOÃO MENDES RODRIGUES

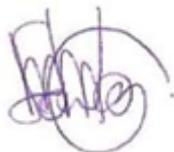
Acompanhamento das atividades de rotina no laboratório de análises solo – da
Embrapa Cerrados, - Planaltina – DF

Está monografia foi aprovada em 16/04/2021, como parte das exigências para a
obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

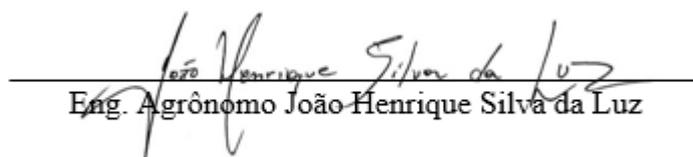
BANCA EXAMINADORA



D Sc. Ildon Rodrigues do Nascimento
Professor da Universidade Federal do Tocantins
Orientador (presidente da banca)



D Sc. Manoel Mota dos Santos
Professor da Universidade Federal do Tocantins
(Avaliador)



Eng. Agrônomo João Henrique Silva da Luz

Universidade de São Paulo
(Avaliador)

INFORMAÇÕES GERAIS

DADOS DO ALUNO

João Mendes Rodrigues

Matricula: 2015111474

E-mail: jmrgues@mail.uft.edu.br

DADOS DA EMPRESA

Laboratório de análises química do solo Embrapa Cerrados, - Planaltina - DF

Localização: Embrapa Cerrados está localizada a 30 km, localizada na parte centro-norte do Distrito Federal, Planaltina, à altura do km 18, da Rodovia BR 020, CEP 73310 -970, Planaltina DF.

PERÍODO DE REALIZAÇÃO

Relatório referente ao período de 07/01/2019 a 06/03/2019.

ORIENTAÇÃO E SUPERVISÃO

Orientador: Ildon Rodrigues do Nascimento

Supervisor: Djalma Martinhão G. Sousa (*in memoriam*)

*Dedico ao meu avô Bertoldo Mendes
Rodrigues, mãe Geralda Vaz Rodrigues,
Romualdo Mendes Rodrigues (in memoriam),
que junto a Deus, estão felizes por essa
conquista e assim ter realizado esse sonho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo dom da vida e pela realização do sonho de graduar em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Tocantins.

Agradeço à Embrapa Cerrados, - Planaltina – DF, por oportunizar o estágio, e participação nos experimentos desenvolvidos a campo de pesquisa.

Agradeço ao Dr. Djalma Martinhão G. Sousa (*In memoriam*) pela oportunidade de crescer e aprender.

Agradeço meu núcleo familiar e amigos pelo apoio e incentivo.

Agradeço aos pesquisadores de Fertilidade do Solo e Análise Foliar da Embrapa Cerrado Planaltina - DF. Aos professores incentivadores como Prof. Dr. Ildon Rodrigues do Nascimento, Prof. Dr. Julcemar Didonet, Prof. Dr. Manoel Mota dos Santos, Prof.^a Dr^a Susana Cristine Siebeneichler, Prof. Dr. Tarcísio Castro Alves de Barros Leal, Prof.^a Dr. Ana Cláudia Fernandes, Prof.^a Dr^a Niléia Cristina da Silva, Prof.^a Dr^a Keile Aparecida Beraldo, Prof. Dr. Rubens Ribeiro da Silva, Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis entre outros.

Por fim, agradeço a todos que de uma maneira direta e/ou indiretamente, que contribuíram para realização de mais uma etapa concluída no percurso da minha vida

Acompanhamento das atividades de rotina de um Laboratório de análise de Solo da Embrapa Cerrados, Planaltina - DF

João Mendes Rodrigues¹, Ildon Rodrigues do Nascimento²

¹Discente de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO

²Professor de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO.

Resumo

O estágio curricular supervisionado é importante para a formação de qualquer acadêmico, pois permite unir o conhecimento teórico obtido no decorrer do curso à prática, proporcionando aprimorar os conhecimentos técnicos, sociais e econômicos de forma positiva para o futuro profissional. O objetivo deste relatório é descrever as atividades realizadas durante o período de estágio no Laboratório da Embrapa Cerrados Planaltina - DF. Durante o decorrer do estágio foram acompanhadas avaliação de macro e micronutrientes, o recebimento do solo para análise identificado com as recomendações e profundidades estabelecidas de 0 - 10; 10 - 20; 20 - 30 e 30 - 40 cm. A determinação da matéria orgânica, calibração e qualificação alinhada a metodologia multicliente do laboratório. Foram acompanhadas também as análises para qualificação do pH, matéria orgânica e análises de nitrogênio total do solo. O estágio proporcionou aprimorar os conhecimentos técnicos, práticos, sociais e econômicos de forma positiva para atuação profissional.

Palavras – chave: Determinação; macronutrientes, micronutrientes; fertilidade do solo.

Monitoring the routine activities of a Soil Analysis Laboratory at the Embrapa Cerrados, Planaltina – DF

João Mendes Rodrigues¹, Ildon Rodrigues do Nascimento²

¹Student of Agronomy, Federal University of Tocantins, Gurupi-TO

²Teacher of Agronomy, Federal University of Tocantins, Gurupi-TO.

Abstract

The supervised curricular internship is important for the foundation of any academic student, as it allows the merge of the theoretical knowledge obtained during the course into hands-on practice, enabling the improvement of technical, social and economic knowledge in a positive way for a professional future. The purpose of this report is to describe the activities carried out during the internship period at the Embrapa Cerrados Planaltina Laboratory - DF. During the internship, macronutrients and micronutrients were monitored according to the analysis of the soil received and the identified recommendations established depths of 0 - 10; 10 - 20; 20 - 30 and 30 - 40 cm. The determination of organic matter, calibration, and qualification aligned with the laboratory's multiclient methodology. The analyzes for the qualification of pH, organic matter, and analyzes of total nitrogen of the soil were also monitored. The internship provided a positive uplift in technical, practical, social and economic knowledge for professional performance.

Keywords: Determination; macronutrients; micronutrients; soil fertility

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	CARACTERIZAÇÃO DA EMBRAPA CERRADOS, PLANALTINA-DF.....	14
3.	LABORATÓRIO DE QUÍMICA ANALÍTICA DE SOLOS	15
4.	CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES	16
4.1	Análise de solo	16
4.2	Importância da análise de solo.....	16
4.3	Análise Química do solo	17
4.4	Por que fazer análise de solo?.....	19
5.	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO.....	20
5.1	Análise de solo	20
5.2	Análise física	20
5.3	Procedimento para realização das análises física e química ·	20
5.4	Finalidade e Procedimento de Amostragem	21
5.5	Análise em Laboratório	22
5.6	Interpretação dos Resultados	22
5.7	Análise de tecido foliar.....	23
5.7.1	Amostragem para cana-de-açúcar.....	23
5.7.2	A folha diagnóstica – procedimentos de coleta para a cultura da cana-de-açúcar	24
5.8	Determinação do Fósforo (P)	25
5.9	Determinação de Cálcio e Magnésio “trocável” do Solo.	28
5.9.1	Procedimento adotado	28
5.10	Capacidade de troca de cátions (CTC) e bases trocáveis.	32
5.10.1	Como é feito	33
5.10.2	Método do acetato de cálcio a pH 7,0.....	35
5.10.3	Método do acetato de amônio a pH 7,0	35
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Amostras separadas e identificadas (A) e Cachimbagem do solo (B), enviadas ao Laboratório de Química Analítica do solo da Embrapa Cerrados Planaltina DF, 2019..... 18
- Figura 2. Amostras identificadas e dispostas na mesa de rotina no Laboratório de Análise química do solo da Embrapa Cerrados Planaltina DF, 2019..... 18
- Figura 3. Mesa de rotina solo (A), Erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de solução de NaOH (B) e Agitador mecânico digital com aquecimento e sensor externo (C). 21
- Figura 4. Coleta das folhas de cana de açúcar (A), esquema de numeração de folhas pelo sistema de Kuikiper (B) segundo Dillewijn (1852), secagem das folhas para análise (C), e Armazenamento das folhas trituradas em potes plásticos com identificação (D). 24
- Figura 5. Aparelho medidor de pH digital..... 26
- Figura 6. Laboratório de Espectrometria Atômica (A) e equipamento de absorção atômica (B) da central analítica da Embrapa Cerrados, Planaltina – DF. 28
- Figura 7. Cloreto de amônio densidade alta para diluir completou com água destilada (A) e homogeneizações da solução com alíquota de 50 mL (B). 29
- Figura 8. Sala com medidor de pH bancada (A) e pipetagem das alíquotas de absorção (B).. 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cronograma das atividades realizadas durante o estágio, no Laboratório de análises química do solo na Embrapa Cerrados Planaltina – DF.....	16
Tabela 2. Denominações das frações granulométricas segundo seus diâmetros.....	18
Tabela 3. Classes de interpretação de resultados de análise do solo.	22

1. INTRODUÇÃO

A análise de solo para fins de recomendação de fertilizantes é um processo no qual são utilizados métodos rápidos para estimar a disponibilidade de nutrientes, simulando a capacidade de extração dos nutrientes do solo pelas raízes das plantas. O estabelecimento da análise de solo em uma região ou estado deve ser precedido de pesquisa para seleção dos métodos, como acontece nas pesquisas de campo que através de estudos de correlação e de calibração quando analisam a extração dos nutrientes pelas plantas. A avaliação da disponibilidade dos nutrientes no solo é feita através de métodos (Mehlich 1 ou resina), que são selecionados com base na correlação existente entre as quantidades do nutriente extraídos do solo e as quantidades do nutriente absorvidas por plantas indicadoras.

Esses métodos simulam a ação das raízes das plantas, ou seja, extraem as formas químicas dos nutrientes que seriam absorvidas pelas plantas. Um resultado de análise de solo, mesmo obtido por um método Mehlich 1 no caso do fósforo que é limitante e que se correlacione com o crescimento da planta, tem sua interpretação limitada caso não se disponha dos padrões de comparação. Os padrões de comparação são obtidos em experimentos de campo, nos quais se avalia, altura da planta, desenvolvimento, folhas, grãos por fileiras, espigas, produtividade prioritariamente, a produção das culturas em relação aos teores do nutriente medidos no solo. Este procedimento denomina-se calibração uma tecnologia que associa os microrganismos do solo, a relação CN, CO₂.

O objetivo dessa contextualização é apresentar de forma simples e direta, os conceitos que norteiam a interpretação dos resultados de análise de solo para fins de recomendação de fertilizantes. Os conceitos aqui apresentados tiveram como fonte: (BRADY; WEIL, 2009; LOPES; GUIMARÃES GUILHERME, 2016; NOVAIS et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2017)

2. CARACTERIZAÇÃO DA EMBRAPA CERRADOS, PLANALTINA-DF

A Embrapa Cerrados é uma das 42 unidades da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Foi criada em 1975 com o desafio de viabilizar a produção agrícola no Cerrado brasileiro. A Unidade é um centro de pesquisa eco regional cujo foco é o desenvolvimento sustentável na agricultura no Bioma Cerrado.

A Unidade atua em atividades de pesquisa e desenvolvimento que buscam ampliar o conhecimento, a preservação e a utilização racional dos recursos naturais do Bioma Cerrado, além de desenvolver sistemas de produção sustentáveis em equilíbrio com a oferta ambiental da região. Ao longo de sua existência, a Unidade desenvolveu tecnologias para soluções simples a fim de minimizar problemas considerados complexos. Dessa forma, contribuiu para transformar a região numa das maiores fronteiras agrícolas do mundo e referência internacional em produtividade (SOUSA; LOBATO, 2004).

3. LABORATÓRIO DE QUÍMICA ANALÍTICA DE SOLOS

As atividades desenvolvidas pelo Laboratório de Química Analítica de Solos, laboratório multicliente, vão desde a recepção e processamento de solos (peneiramento e identificação) até as análises fertilidade do solo, incluindo pH, macro e micronutrientes, matéria orgânica e acidez potencial. Análises de Nitrogênio total em solo também são realizadas.

No Laboratório de Análises de Rotina de Solos da Embrapa cerrados as atividades iniciam-se com o recebimento, cadastramento e identificação das amostras pelo laboratório. As amostras são secas e peneiradas em malha de 2 mm para separação da Terra Fina Seca ao ar (TFSA). Os resultados obtidos para as amostras são multiplicados pelos respectivos fatores de unidade para expressar os valores a 105^a C (terra fina seca em estufa – TFSE).

A expressão dos resultados está de conformidade com o sistema internacional de unidade (SI). Por se tratar de relações entre expressões de resultados, relações como C/N, Ki, Kr não sofreram quaisquer alterações quando confrontadas com os resultados apresentados.

A água utilizada é destilada e, em casos de determinações de elementos residuais e micronutrientes, a água, além de destilada, é deionizada.

A vidraria não está listada, visto que é normalmente utilizada em todos os laboratórios do gênero. Os equipamentos listados em cada método representam as opções e disponibilidades instrumentais dos laboratórios do Embrapa Cerrado.

Os procedimentos de análise são: peneiramento e identificação, análise granulométrica (com determinação dos percentuais de areia fina, areia grossa, argila e silte), análise de fertilidade do solo, incluindo pH, macro e micronutrientes matéria orgânica e acidez potencial. Análise de nitrogênio total.

Os procedimentos contextualizados requerem medidas de segurança que devem ser observadas. O manuseio de reagentes tóxicos e voláteis deve ser realizado em capela. Ao realizar a impregnação da amostra na confecção de lâminas delgadas de solo, além da capela, o operador deve trabalhar com máscara e luvas de proteção.

O controle de qualidade dos dados analíticos obtidos pela equipe laboratorial é feito através de supervisão permanente de técnicas de nível superior.

4. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES

Conforme mostra a tabela 1, as atividades foram realizadas no período de 7 de janeiro a 6 de março de 2019.

Tabela 1. Cronograma das atividades realizadas durante o estágio, no Laboratório de análises química do solo na Embrapa Cerrados Planaltina – DF.

Datas	Atividades desenvolvidas
	Recebimento das amostras TSFA para análise química do solo
07 a 18 de janeiro	Avaliação do solo segundo análise via granulometria (cachimbagem)
20 a 31 de janeiro	Avaliação do solo segundo as profundidades de amostragem Análise física do solo
02 a 14 de fevereiro	Determinação do pH no solo
16 a 24 de fevereiro	Determinação de P e uso do extrator Mehlich-1 e resina
25 de fevereiro a 6 de março	Recebimento das amostras foliar no laboratório de armazenamento

4.1 Análise de solo

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), o solo é uma coleção de corpos naturais constituído por partes sólidas, líquidas e gasosas. Tridimensionais e dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupa a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta. Contém matéria viva e pode ser vegetado na natureza onde ocorrem e eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (SANTOS; JACOMINE; ANJOS, 2018).

4.2 Importância da análise de solo

A análise de solo, na agricultura moderna, é dividida em análise química e física do solo. Onde a parte química, corresponde à avaliação da reação do solo e da disponibilidade de nutrientes para as plantas, tendo utilidade na prescrição de corretivos e fertilizantes. O uso desses corretivos é comumente importante para a elevação do pH do solo e a neutralização do Alumínio, onde poderá interferir de forma direta na produção. Para a maioria das culturas o pH ideal gira em torno de 5,5 – 6,0 (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

Assim sendo, o uso dos fertilizantes se trata do aspecto nutricional da planta e avaliando a fertilidade do solo quantificando os macros e micro-nutrientes existentes.

A parte física do solo está relacionada à textura do solo, sendo a proporção das partículas de areia, silte e argila. Podendo ser dividida em arenoso (0 a 15% de argila), textura média (15 a 35% de argila), argiloso (35 a 60% de argila) e muito argiloso (60 a 100% de argila). A análise de solo é praticada em quase todas as regiões do mundo, com graus de sucesso que dependem da quantidade e da qualidade da pesquisa sobre os métodos utilizados, de suas calibrações e interpretações (BRADY; WEIL, 2009).

No Brasil, a análise de solo permitiu o entendimento da dinâmica dos nutrientes dos solos de diversas regiões contribuindo para desenvolvimento das plantas de forma satisfatória.

4.3 Análise Química do solo

As metodologias utilizadas pelo laboratório são sugeridas por Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa e Solos e do IAC – Instituto Agrônômico de Campinas (TEIXEIRA et al., 2017).

Para a obtenção das amostras, o solo é preciso ser heterogêneo, por essa razão deve-se dividir a propriedade em glebas uniformes. Levando em consideração: cor do solo, posição no relevo, textura, histórico da área (culturas, calagens, adubações, etc.), erosão e drenagem, cultura atual ou cobertura vegetal. Manchas no terreno não devem fazer parte da amostra, ou devem ser amostradas separadamente. Logo após é feita a subdivisão de cada uma, de forma que seu tamanho máximo não ultrapasse 10 hectares.

Na amostragem de solos para análise química e física trabalha-se com amostras simples (é o volume de solo coletado em um único ponto da gleba) e amostra composta (é a mistura homogênea das várias amostras simples). Para que as amostras compostas sejam representativas da gleba devem ser coletadas de 20 a 30 amostras simples/gleba. O maior número de amostras simples deve ser coletado em glebas sujeita a heterogeneidade do solo, como exemplos estão os solos de baixadas (aluviais), muito argilosos, sob pastagens e intensamente cultivados (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

As amostras ao chegar no laboratório são devidamente identificadas com etiquetas, contendo informações do cliente, o que pretende analisar, camada de perfil do solo coletada e código de identificação da amostra depois de separadas são separados pelo cachimbo instrumento utilizado para dosar, o solo para análise em laboratório. (Figuras 1 A).

Figura 1. Amostras separadas e identificadas (A) e Cachimbagem do solo (B), enviadas ao Laboratório de Química Analítica do solo da Embrapa Cerrados Planaltina DF, 2019



Fonte: Rodrigues, 2019.

Caso as amostras chegassem com alto teor de umidade eram colocadas para secar ao ar em ambiente ventilado sobre bandejas de isopor e/ou em estufa em circulação forçada a temperatura de 40 °C “período chuvoso” (Figura 2-A). Em seguida foi distribuído em sacos plásticos identificados dentro da bandeja. Transferido para um recipiente identificado e levadas a mesa de rotina (Figura 2-B).

Figura 2. Amostras identificadas e dispostas na mesa de rotina no Laboratório de Análise química do solo da Embrapa Cerrados Planaltina DF, 2019.



Fonte: Rodrigues, 2019.

A 1ª leitura se obtém a quantificação de silte e a 2ª leitura a quantificação de argila e a quantidade de areia será: $100 - (1^a + 2^a \text{ leitura})$, ou seja, $100 - (\text{silte} + \text{argila})$. A densidade está diretamente relacionada ao tamanho da partícula (Tabela 2)

Tabela 2. Denominações das frações granulométricas segundo seus diâmetros.

Frações	Intervalo de granulometria
Areia	2 a 0,02 mm
Silte	0,02 a 0,002 mm
Argila	< 0,002 mm

Fonte: Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999); 1/ subdividido em areia grossa (2,00 a 0,20 mm) e areia fina (0,20 a 0,02 mm).

4.4 Por que fazer análise de solo?

A análise de solo é uma técnica de suma importância na agricultura, sendo a mais importante e confiável para o conhecimento do estado nutricional e o grau de fertilidade em que se encontra determinada área. A análise de solo representa também parte importante do planejamento da instalação e manutenção de culturas agrícolas.

A análise do solo é fundamental para conhecer o solo a ser manejado. Será justamente através deste conhecimento que se torna possível o uso de práticas de manejo com o uso de corretivos e fertilizantes, de forma racional e mais direcionadas para a real necessidade da área. Dessa forma, a análise de solos é destinada para contribuir com: indicação dos níveis de nutrientes presentes no solo.

Possibilitando o desenvolvimento de um programa de calagem e adubação mais eficientes; proporcionar de forma regular o monitoramento e a avaliação de mudanças dos nutrientes no solo, possibilitando, por consequência, aumentar a intensidade de cultivo de forma sustentável. Além disso, uma boa análise do solo tem relação direta com a economia, pois evita gastos exorbitantes, muitas vezes desnecessários, ajudando a manter a boa produtividade das culturas ao longo dos anos.

Um solo produtivo é o recurso mais importante para qualquer atividade realizada no campo. No entanto, há ocorrências na qual a falta ou a insuficiências de alguns nutrientes debilitam e atrasam do desenvolvimento das plantas.

Para que isso não ocorra é imprescindível que todo agricultor demande cuidados especiais com a qualidade, mantendo o solo produtivo em sua propriedade, sempre nos padrões nutricionais exigidos pelas plantas.

São várias técnicas agronômicas que compõe sistemas de produção que visam tornar o solo produtivo. SPD sistema de plantio direto, SSD sistema de semeadura direta e a integração lavoura pecuária ILP. A recuperação do solo e a construção da fertilidade não acontecerão do dia para a noite, isso é fato a recuperação pode demorar anos.

Para correção química do solo, no momento da instalação do sistema de manejo é recomendado que se faça calagem, gessagem e fosfatagem. Essa correção de formação é essencial e funcionará como base para implantação do sistema de produção. Essa correção é essencial e funcionará como uma base para implantação do sistema de produção. Se não for realizada a correção de manutenção do solo, a sua fertilidade tende a reduzir a tal ponto de ser novamente necessário a replantação do sistema.

5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO

5.1 Análise de solo

No Brasil, a maior parte dos solos não apresenta condições químicas naturais para o desenvolvimento das culturas. E mesmo que o solo possua grande quantidade de nutrientes, com o tempo e com sucessivos plantios, pode ocorrer o exaurimento da fertilidade. Para determinar a quantidade de nutrientes no solo da sua propriedade, você precisa realizar a análise de solo. Ela é de extrema importância para identificar a fertilidade do solo. E, com os resultados dessa análise, você consegue repor o que falta de nutriente para a produção da cultura pretendida.

5.2 Análise física

Já a análise física (granulométrica) determina os teores de areia, silte e argila no solo. Para caracterizar a textura do solo da sua propriedade, a análise física deve ser realizada apenas uma vez na área. Separação das frações do solo seco ao ar ou estufa a 40 °C por tamisação, para determinação da proporção destas frações e seu encaminhamento para fins de análises físicas, químicas e mineralógicas.

5.3 Procedimento para realização das análises física e química

Colocou-se as amostras depois de protocolada em tabuleiro de madeira de 40 x 60 x 8 cm, espalhou-se as mesmas e destorroou-se os torrões existentes manualmente. Após isso, é aconselhável deixar as amostras em um local ventilado e seco até completa dessecação ao ar. Pesar e anotar o peso amostra que vai ser preparada. Após o destorroamento colocou-se a amostra sobre peça de couro de 60 x 60 cm 4 a 5mm de espessura, separando para um lado a fração grosseira. Pressionar manualmente um rolo de madeira até desfazer os torrões maiores. Ter o cuidado para não quebrar pedras ou concreções.

Verter a amostra destorroada para um conjunto de 2 peneiras, uma em cima de malha de 20 mm e outra em baixo com malha de 2mm. Mesa de rotina com solo sendo pesado contendo 20 g de amostras TSFA posterior transferência para as provetas de 500 mL. (Figura 3-A).

O material retido na peneira de 20 mm (calhaus) e na de 2 mm (cascalho) deve ser colocado em cápsula de porcelana com água, mais 10ml de NaOH 1N, agitando com auxílio de um bastão várias vezes durante o dia e mantido por uma noite nesta solução.

Lavar bem estes materiais sobre peneira com malha de 2 mm.

Deixar secar em estufa, esfriar e pesar cada fração. Colocar o material em sacos plásticos com etiquetas identificadoras das amostras e enviar para a análise mineralógica.

Reagentes: Hidróxido de sódio 1N - pesar 40 g de hidróxido de sódio e dissolver em 1 L de água.

Equipamentos: Peneiras de 20 e 2 mm; balança de precisão, estufa de secagem.

Figura 3. Mesa de rotina solo (A), Erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de solução de NaOH (B) e Agitador mecânico digital com aquecimento e sensor externo (C).



Fonte: Rodrigues, 2019.

A coleta das amostras deverá ser coletada meses antes do plantio, o ideal é realizar a coleta no início da estação da seca (outono/inverno), caso abrange a maioria dos solos de cerrado onde situa a área de coletada geralmente entre os meses de maio – setembro, onde apresentam menores médias de precipitações (ALVARES et al., 2013).

Após coleta dessas subamostras (amostras simples), elas devem ser misturadas para obtenção da amostra composta e retirada de uma porção para a amostra final que será enviada para o laboratório.

A análise química do solo deve ser realizada antes da implantação da lavoura. Assim há tempo de planejar e executar as operações de preparo do solo como: calagem, gessagem e adubação, conforme os dados obtidos na análise. Um período ideal para realizar a análise de solo é na entressafra, cerca de 3 meses antes de iniciar o plantio da cultura (NOVAIS et al., 2007).

5.4 Finalidade e Procedimento de Amostragem

A análise de solos é o único método que permite, antes do plantio, conhecer a capacidade de um determinado solo suprir nutrientes para as plantas é a forma mais simples, econômica e eficiente de diagnose da fertilidade das terras e constitui base imprescindível para a recomendação de quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes para aumentar a produtividade das culturas e, com consequência a produção e a lucratividade das lavouras.

Destacam-se ainda como aspectos favoráveis à sua utilização: baixo custo e rapidez na

obtenção dos resultados; o adequado planejamento na compra de corretivos e fertilizantes; evita gastos desnecessários com insumos e mão-de-obra; evita desequilíbrios nutricionais; minimiza danos ao meio ambiente, notadamente a contaminação das águas por excesso de fertilizantes.

Em geral, para maioria das culturas anuais a profundidade de coleta deve ser de 0-20 cm, enquanto para as culturas perenes de 0-20, 20-40 e 40-60 cm (na projeção da copa). Para o sistema de plantio direto, pastagens ou integração lavoura-pecuária, onde não há revolvimento do solo e a adubação é em superfície, a amostragem deve ser feita nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm (NOVAIS et al., 2007; SOUSA; LOBATO, 2004).

5.5 Análise em Laboratório

Existem no país diversos laboratórios, públicos e privados, capacitados para realizar análises de solos, devendo ser dada preferência por aqueles ligados a um Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade.

Uma análise completa para avaliação da fertilidade do solo deve incluir as seguintes determinações: pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, manganês, cobre, ferro, boro, alumínio, hidrogênio mais alumínio, teor de matéria orgânica e granulometria (textura) (TEIXEIRA et al., 2017).

5.6 Interpretação dos Resultados

As tabelas com as classes de interpretação de resultados podem variar em função dos métodos de extração utilizados pelos laboratórios. Portanto os critérios de interpretação não são únicos e variam, notadamente entre estados.

Contudo, desde que o método de análise seja o mesmo, a interpretação dos resultados pode ser realizada com base na consulta a tabelas de diferentes estados (NOVAIS et al., 2007; SOUSA; LOBATO, 2004).

A seguir são apresentadas algumas classes de interpretação de resultados de análise de solo (Tabela 3).

Tabela 3. Classes de interpretação de resultados de análise do solo.

Classificação						
Acidez muito elevada	Acidez elevada	Acidez média	Acidez média	Acidez Neutra	Acidez Neutra	Alcalinidade elevada
< 4,5	4,5 - 5,0	5,1 - 6,0	6,1 - 6,1	Alcalinidade fraca	Alcalinidade fraca	> 7,8
Muito baixo	Baixo		Bom		Muito alto	

< 4,5	4,5- 5,4	5,5 - 6,0	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0
-------	----------	-----------	-----------	-----------	-------

pH em H₂O, relação 2:2.5. TSFA: H₂O a qualificação indica adequado (bom) ou inadequado (muito baixo, baixo ou alto e muito alto). Fonte: Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999).

O custo de uma análise de solos é expressivamente baixo diante dos benefícios que pode proporcionar, principalmente tendo em vista o elevado custo dos corretivos e fertilizantes, os quais consomem parcela significativa dos recursos destinados aos sistemas de produção agrícolas. Embora os procedimentos para amostragem do solo sejam amplamente divulgados no meio rural e de fácil compreensão, dada a sua importância em todo o processo, recomenda-se que antes da coleta o produtor busque apoio da assistência técnica local, de forma que o resultado final seja realmente aquele que possa contribuir para o adequado manejo da fertilidade do solo e, conseqüentemente, aumento de produtividade e lucratividade.

5.7 Análise de tecido foliar

A análise química das plantas identifica possíveis deficiências, toxicidades e ainda distingue sintomas provocados por doenças devido a problemas nutricionais. Assim com esta análise é possível verificar a interação solo-planta-clima.

Laboratório de Química Analítica de Plantas, um Laboratório Multicliente, realiza a preparação, moagem e identificação das amostras de tecido vegetal; atende às análises de macro e micronutrientes, Nitrogênio usando método de Kjeldahl e Nesler, matéria seca e matéria orgânica; extrato etéreo, cinzas, análises de digestibilidade in vitro - DIV, além de análises bromatológicas, incluindo fibras em detergente ácido e fibra em detergente neutro- FDA e FDN.

5.7.1 Amostragem para cana-de-açúcar

A amostragem de folhas em cana-planta é feita entre quatro e seis meses após a germinação, ao passo que em cana-soca é feita aos quatro meses após a brotação. Recomenda-se coletar entre 20 e 30 folhas por talhão uniforme, sendo a folha dividida em três partes, selecionando-se o terço médio com aproximadamente 30 cm.

Para cana-de-açúcar, a folha-diagnóstico é a primeira lâmina da haste ou barbeta da bainha conhecida como TVD (Top Visible Dewlap), ou folha +1 (Kuijper).

As folhas da cana-de-açúcar amostradas foram transportadas para o laboratório de química analítica e preparadas de acordo os procedimentos indicados, após os resultados obtidos por meio das determinações realizadas, decisões serão tomadas com relação à nutrição foliar da cultura.

Os resultados da diagnose foliar raramente conseguem corrigir os problemas durante a mesma safra. Uma única folha retirada precocemente, para que se tenha tempo de corrigir os prováveis problemas, deve representar o estado nutricional de todo o do ciclo.

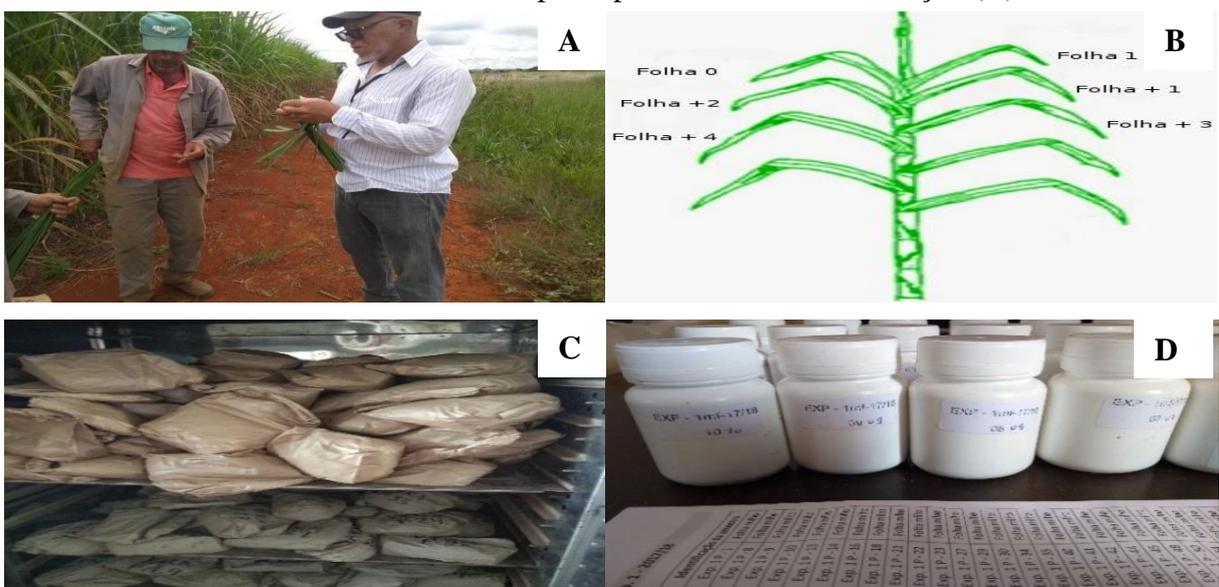
5.7.2 A folha diagnóstica – procedimentos de coleta para a cultura da cana-de-açúcar

Realizou-se os seguintes procedimentos, para a coleta das folhas de cana-de-açúcar, na estação experimental da Embrapa:

1. Coletou-se, aproximadamente, 40 folhas ao acaso dentro do talhão;
2. Se a área a ser amostrada apresenta diferenças visuais de desenvolvimento, coletar amostras separadas mesmo que a área tenha sido adubada uniformemente;
3. Dividir a folha em três partes, cortando a parte central em aproximadamente 30 centímetros;
4. Retirar a nervura central, destacando-a manualmente; (Figura 4-A);
5. Secar a amostra em estufa ou ao ar livre; Estufa de secagem das folhas (Figura 4-C);
6. Identificar a amostra pelo sistema Kuijper (Figura 4-B).

No laboratório, as amostras foram lavadas com água destilada para retirar as partículas do solo e de poeira e serão secas em estufa, moídas e enviadas para análise.

Figura 4. Coleta das folhas de cana de açúcar (A), esquema de numeração de folhas pelo sistema de Kuikiper (B) segundo Dillewijn (1852), secagem das folhas para análise (C), e Armazenamento das folhas trituradas em potes plásticos com identificação (D).



Fonte: Rodrigues, 2019.

5.8 Determinação do Fósforo (P)

Para quantificar o fósforo no solo, podem ser utilizados os métodos de *Mehlich 1* e Resina de troca aniônica e mista (aniônica + catiônica). O extrator de *Mehlich 1* vem se apresentando razoavelmente adequado como indicador da disponibilidade de P em solos sem adubação e com aplicação de adubos fosfatados solúveis. O método da Resina trocadora de ânions é uma tentativa de reproduzir em laboratório o processo de absorção de P pelas plantas no campo.

Segundo Teixeira et al. (2017) a resina apresenta maior sensibilidade as variações de solos, portanto sendo mais adequado para estimar o P disponível independentemente da fonte utilizada e do tipo de solo, podendo ser utilizado tanto em solos ácidos como em alcalinos, diferentemente do extrator *Mehlich 1*. Além disso, esse método revela adequadamente, o efeito da calagem em aumentar a disponibilidade de P para as plantas, o que não acontece com o método de *Mehlich 1*.

O método de *Mehlich 1* (ácido clorídrico + ácido sulfúrico) utiliza um extrator fortemente ácido, dessa forma, esse método pode extrair o fósforo ligado ao cálcio, que não está disponível para as plantas. Por isso, solos adubados com fosfatos de baixa solubilidade, como fosfatos naturais, e com a utilização desses extratores ácidos pode extrair quantidade de fósforo superiores àquelas consideradas disponíveis, não apresentando boas correlações com rendimentos das culturas (LOPES; GUIMARÃES GUILHERME, 2016).

Por outro lado, em solos argilosos, esse mesmo extrator, pode subestimar os valores de P disponível, apresentando valores menores devido ao fato dos extratores serem mais desgastados nesses solos, quando comparados aos solos arenosos (BOWLING; MENGEL; KIRKBY, 2006).

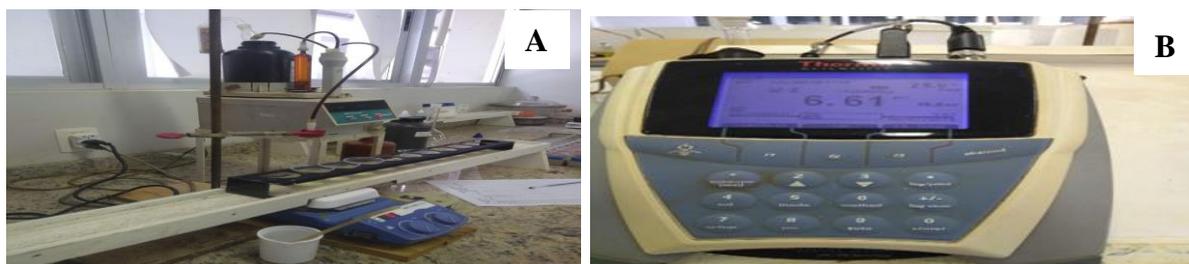
A Resina de troca aniônica, fundamenta-se na premissa de simular o comportamento do sistema radicular das plantas na absorção de fósforo do solo (Raj, 1978). Esse processo gera a adsorção de P na solução nas cargas positivas da resina aniônica, como consequência, há a remoção do P adsorvido na superfície das partículas do solo, dessa forma, a resina não superestima a disponibilidade de P em solos tratados com fosfatos naturais, como ocorre com os extratores ácidos.

Métodos de extração de fósforo do solo Mehlich e resina. Níveis críticos definidos como 80% e 90% do rendimento, potencial para os sistemas de sequeiro e irrigado respectivamente. Capacidade tampão do fósforo – dose de P_2O_5 a ser aplicada no solo para elevar em 1mg/dm^3 o teor de fósforo no solo pelos métodos Mehlich e resina com base na análise na camada de 0 a

20 cm. A avaliação da recomendação da adubação fosfatada pelo procedimento proposto foi feita em 32 amostras de solo na região do cerrado coletadas de 0 a 20 cm.

Fração do teor total de fósforo no solo, correspondente ao teor utilizado pelas plantas. Formação de complexo fósforo-molibdico de cor azul obtido após redução do molibdato com ácido ascórbico e determinação por EAM. Espectrofotômetro digital ou anatômico (Figura 5 A medidor de pH de bancada, 5B) mostra o espectrofotômetro digital

Figura 5 Medidor de pH de bancada (A). Medidor de pH digital (B).



Fonte: Rodrigues, 2019.

Procedimento

1. Colocar 5 g de solo em erlenmeyer de 125ml. Adicionar 50 mL de solução extratora (HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N).
2. Agitar durante 5 minutos em agitador circular horizontal.
3. Deixar decantar durante uma noite, tendo antes o cuidado de desfazer os montículos que se formam no fundo dos erlenmeyers.
4. Pipetar, sem filtrar, 25 mL do extrato e passar para recipiente plástico.
5. Pipetar 5ml desse extrato e colocar em erlenmeyer de 125 mL; deixar o restante para determinação de K⁺ e Na⁺.
6. Adicionar 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída e aproximadamente 30mg de ácido ascórbico em pó, como redutor.
7. Agitar durante 1 a 2 minutos no agitador circular horizontal.
8. Deixar desenvolver a cor durante uma hora. Em seguida, fazer a leitura da densidade ótica no fotocolorímetro, usando filtro vermelho (comprimento de onda de 660 mμ).

Observação: No caso de a amostra possuir elevada concentração de fósforo, diluir a solução até que seja possível a leitura no aparelho; para maior facilidade operacional, essa diluição pode ser realizada adicionando-se quantidades iguais a 15 mL de água, ou seus múltiplos.

Cálculo

$$P = (\text{mg/kg}) = L \times F_p \times 10$$

Onde: L= leitura da amostra

Determinação do fator Fp: Colocou-se 10 mL de cada solução padrão diluída em erlenmeyers de 125 mL. Logo em seguida adicionar 20 mL da solução ácida de molibdato de amônio diluída e uma “pitada” de ácido ascórbico. Proceder da mesma forma indicada para a determinação do fósforo no extrato de solo; anotar as leituras (em absorvância) correspondentes a cada padrão. O fator Fp é o coeficiente angular da reta que se obtém, cruzando-se os valores de concentração de fósforo (mg/kg) dos padrões no eixo das abcissas e as respectivas leituras no eixo das ordenadas.

Para a obtenção direta da concentração de P (mg/kg) no solo, o fator Fp deve ser multiplicado por 10, considerando que a concentração de fósforo na amostra sofreu diluição de 1:10 na extração.

Reagentes

Soluções extratoras - HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N - adicionar 40 mL de ácido clorídrico p.a. (d = 1,19) e 7,6 mL de ácido sulfúrico p.a. (d = 1,84) em aproximadamente 5 litros de água, contidos em balão aferido de 10 litros; agitar e completar o volume com água. Pode-se usar baldes plásticos previamente aferidos.

Solução ácida de molibdato de amônio (concentrada) - colocar 2 g de subcarbonato de bismuto em aproximadamente 250 mL de água contida em balão aferido de 1 litro; juntar, rapidamente, 150 mL de ácido sulfúrico concentrado p.a. Verificar se todo o sal de bismuto foi dissolvido. Deixar esfriar e adicionar solução recém-preparada de molibdato de amônio (20 g para 200 mL de água). Agitar e completar o volume com água. Solução ácida de molibdato de amônio (diluída) - colocar 300 mL de solução concentrada em balão aferido de 1 litro e adicionar água até completar o volume. Homogeneizar e guardar em frasco escuro.

Solução padrão de fósforo (50 mg/L de P) - pesar 0,2195g de KH₂PO₄ p.a., previamente seco em estufa a 105°C e dissolver em 3 mL de H₂SO₄ concentrado e completar o volume com água.

Soluções padrão de fósforo (diluídas) - pipetar 10, 20, 30 e 40 mL de solução padrão de 25 mg/L para balões aferidos de 250 mL e completar o volume com a solução extratora; as quatro soluções possuem concentrações de 0,5 e 2 mg/L de P; guardar em frascos tampados, com indicação das concentrações nos rótulos.

Para a leitura dos teores de nutrientes foi utilizado o espectômetro de absorção atômica e espectrômetro de massa (Figura 6-A-B).

Figura 6. Laboratório de Espectrometria Atômica (A) e equipamento de absorção atômica (B) da central analítica da Embrapa Cerrados, Planaltina – DF.



Fonte: Rodrigues, 2019.

5.9 Determinação de Cálcio e Magnésio “trocável” do Solo.

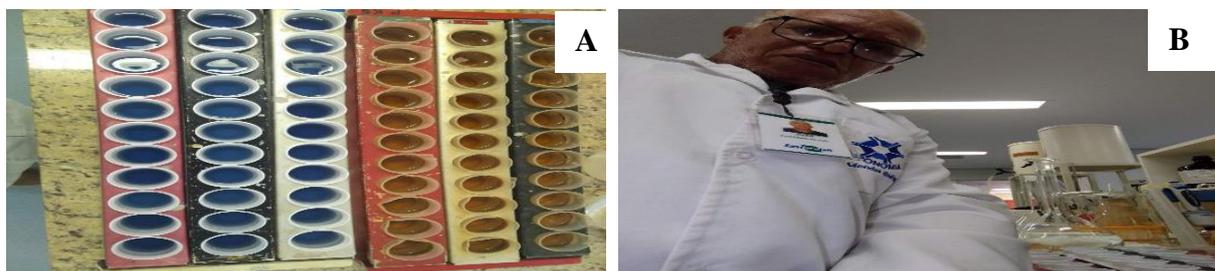
A determinação do teor "trocável" de cálcio e magnésio do solo é executada na maioria dos laboratórios que se dedicam à análise de solos, em virtude da importância que esses dois elementos apresentam tanto para a nutrição vegetal, como para o conhecimento de determinadas propriedades químicas do solo.

5.9.1 Procedimento adotado

Reativos dos reativos utilizados, merecem menção especial os seguintes: Solução de EDTA dissódico 0,01 M. O sal dissódico dihidratado EDTA p.a. foi seco a 70-80°C durante 2 horas e deixado esfriar em dessecador transferidos para balão volumétrico de 1000 mL e o volume foi completado com água destilada. Solução de sulfeto de amônio \pm 6N. Duzentos mililitros de NH₄OH densidade 0,91 (conservado no gelo) foram saturados com H₂S, a seguir acrescentados mais 200 mL de NH₄OH sendo o volume completado a 1000 ml com água destilada. Solução "tampão" pH 10.

Foram adicionados 70 g. de cloreto de amônio a 580 mL de NH₄OH densidade 0,91 e completado o volume a 1000 mL com água destilada. Solução de Eriocromo Azul Negro, (Figura 7-A) R (CALCON) a 1%. Foram dissolvidos 0,100 g do sal em 10 mL de álcool metílico.

Figura 7. Cloreto de amônio densidade alta para diluir completou com água destilada (A) e homogeneizações da solução com alíquota de 50 mL (B).



Fonte: Rodrigues, 2019.

Solução padrão de magnésio. Preparada a partir de $MgCO_3$ p.a., dissolvido em ácido clorídrico. A concentração da solução "estoque" contendo aproximadamente 1 mg por mL, foi determinada mediante titulação com EDTA 0,01 M.

Analisar o método analítico mais empregado para determinação do cálcio é permanganométrico, que apesar de ser preciso e exato, é moroso. A determinação do Magnésio pelos métodos utilizados são: (volumétrico baseado no uso da 8 hidroxiquinolina; colorimétrico que emprega tiazole amarelo; fotometria de chama, etc.).

A extração do cálcio e magnésio foi feita na proporção de 10 g de solo para 100 mL de HNO_3 0,05 N, com agitação durante 15 minutos (TEIXEIRA et al., 2017).

O material foi filtrado e retirada uma alíquota de 50 mL, que foi transferida para Erlenmeyer de 250 mL. A seguir acrescentadas 2 gotas de solução alcoólica de vermelho de metila a 0,1% e NH_4OH (1+3) até viragem do indicador.

A solução assim preparada foi aquecida até permanecer em ebulição durante 5 minutos. À solução, depois de fria, foi juntado 1 mL de solução de sulfeto de amônio 6 N e transcorridos 10 minutos da adição desse reativo, o material foi filtrado para balão volumétrico de 100 mL, através de papel de filtro Whatman nº 1, sendo o Erlenmeyer e filtro, lavados com água destilada. O volume foi completado, e após homogeneização da solução foi tomada uma alíquota de 50 mL transferida para outro Erlenmeyer de 250 mL (Figura 7-B).

A seguir foi adicionado água destilada até obter-se um volume de aproximadamente 100 mL e foram acrescentados pela ordem e seguidos de agitação os seguintes reativos: 2 mL de solução de NaOH a 20%, 10 gotas de trietanolamina, 2 mL de solução de KCN a 5 % e 5 gotas de solução de calcon a 1 %. A seguir foi feita a titulação com solução de EDTA dissódico 0,01 M até obtenção de uma cor. azul puro estável.

Para o estudo comparativo entre os resultados fornecidos pelo método quelatométrico, conforme é proposto e o método permanganométrico de acordo com o descrito por Teixeira et

al. (2017), foram realizadas 10 pesagens da mesma amostra de cada um dos solos analisados sendo que, cinco delas foram utilizadas para a determinação de cálcio e magnésio pelo método do EDTA e as outras cinco para a determinação pelo método permanganométrico.

Quando foi realizado o estudo da recuperação oferecida pelo método quelatométrico de determinação do magnésio, procedeu-se de forma similar ao que já foi descrito, somente que foram tomados outros 25 mL do extrato do solo, tratados com Ntt,0H e $(\text{NH}_4) 2\text{S}$, da forma já mencionada e o material foi filtrado. A solução assim obtida, foi acrescentada uma quantidade de solução padrão de magnésio equivalente a 0,6 mg do elemento e a seguir procedeu-se à adição dos reativos conforme já descrito e afinal procedida a titulação com solução de EDTA dissódio 0,01 M.

Convém frizar que o método quelatométrico se equivale ao método permanganométrico quanto à precisão dos resultados, porém supera-o quanto à rapidez e simplicidade da técnica de análise. Os inconvenientes dos métodos já preconizados para a determinação do magnésio "trocável" do solo, fizeram com que não fosse procedida a uma comparação de resultados, de maneira similar ao que foi feito na determinação do cálcio.

Para servir de fundamento na avaliação da precisão oferecida pelo método de determinação do magnésio, foi feito um estudo da recuperação fornecida pelo método conforme a técnica proposta. Com essa finalidade, foi feita a determinação da maneira já descrita, tendo sido adicionada solução de magnésio às soluções a serem titulares, conforme anteriormente foi esclarecido.

O método de determinação do cálcio e magnésio "trocável" do solo, mediante titulação desses íons com solução de EDTA, pode ser empregado desde que se faça a eliminação dos interferentes, fazendo o tratamento da solução com NH_4OH e $\text{NH}_4\text{O}_2\text{S}$, conforme o descrito.

A determinação do magnésio "trocável" pode ser feita, procedendo-se a uma titulação dos íons cálcio e magnésio da alíquota do extrato e subtraindo-se a quantidade de cálcio existente nessa alíquota e previamente determinado. Essa técnica é rápida, possibilita a análise conjunta dos dois íons em apreço e fornece ainda resultados satisfatórios quanto à precisão dos resultados.

A determinação do cálcio "trocável", de acordo com o método conforme é proposto, é rápida, simples e de precisão equivalente ao método permanganométrico.

Cálcio trocável foi determinado por complexometria, com a extração com solução KCl 1 mol L^{-1} e determinação complexométrica em presença do indicador ácido calconcarbônico + sulfato de sódio (calcon).

Material e Equipamentos para a extração do Ca e Mg

- Balão volumétrico de 1 L.
- Pipeta volumétrica de 25 mL.
- Pipeta graduada ou proveta de 10 mL.
- Erlenmeyer de 125 mL.
- Gral de porcelana.
- Bureta volumétrica ou digital.
- Balança analítica utilizada na calibração do sulfato de sódio anidro, sulfato de sódio, ácido calconcarbônico, ou seja, os compostos para padronização da solução de EDTA.

Reagentes e Soluções

Ácido ascórbico

- Solução de EDTA $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ – pesar 4,653 g de EDTA p.a. previamente seco em estufa e dissolver em água destilada ou deionizada contida em balão volumétrico de 1 L, completando o volume. Padronizar a solução conforme item
- Solução de KOH 10% – pesar 100 g de KOH. Passar para balão volumétrico de 1 L, adicionar água destilada ou deionizada, homogeneizar e completar o volume com água.
- Indicador ácido calconcarbônico + sulfato de sódio – pesar 99,0 g de d p.a. e colocar em gral de porcelana. Adicionar 1 g de ácido calconcarbônico ($\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7\text{S}$). Triturar bem a mistura até obter um pó fino e homogêneo. Guardar em frasco escuro.

Procedimento

- Em uma das alíquotas de 25,00 mL obtida na extração com KCl 1 mol L^{-1} , adicionou-se 3 mL de KOH a 10% e uma “pitada” de ácido ascórbico (aproximadamente 30 mg) e uma “pitada” do indicador ácido calconcarbônico + sulfato de sódio.
- Titular com solução padronizada de EDTA $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ até viragem da cor de vermelho intenso para azul intenso.
- Anotar o volume de EDTA gasto.

Cálculo

$$\text{Ca} = V \times f$$

Em que: Ca = concentração de cálcio trocável no solo, em cmolc kg^{-1} .

V = Volume da solução padronizada de EDTA gasto na titulação, em mL.

f = fator de correção considerando a padronização da solução de EDTA $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$.

$f = [\text{EDTApad}] \times 80$.

$[\text{EDTApad}]$ = concentração da solução padronizada de EDTA, em mol L^{-1} .

Valor 80 – equivale a $4 \times 100 \times 2 / 10$, sendo o 4 vindo da divisão de 100 mL da solução extratora por 25 mL pipetado, 100 vindo da mudança de 10 g para 1 kg de solo, 2 da carga do cátion e 10 da mudança de mmolc kg^{-1} para cmolc kg^{-1} .

Observações: Caso a concentração da solução padronizada de EDTA seja a mesma concentração teórica preparada, ou seja, $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$, o fator f será igual a 1 e concentração de Ca^{2+} no solo será igual ao volume gasto da solução de EDTA na titulação da amostra.

5.10 Capacidade de troca de cátions (CTC) e bases trocáveis.

A reposição dos nutrientes é feita com fertilizantes químicos minerais, matéria orgânica, minerais retirados de jazidas ou do ar (no caso da fixação biológica do nitrogênio). A matéria orgânica contém praticamente os macros e micronutrientes e, além disso, confere melhor estrutura ao terreno, aumentando sua fertilidade. Os fertilizantes minerais (ao contrário da matéria orgânica) apresentam nutrientes em alta concentração que são altamente solúveis, podendo ser absorvidos rapidamente pelas plantas e ou lixiviados com maior facilidade.

Os fertilizantes minerais comercializados para a adubação das culturas podem ser simples (contêm um ou mais microelementos) ou compostos (mistura de adubos simples). Os fertilizantes compostos são conhecidos por suas “fórmulas” pó (exemplo de formulados: 4-14-8, 10-10-10, 20-5-20). Esses números indicam a porcentagem de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K, respectivamente) no fertilizante químico. O importante no manejo dos nutrientes é que eles precisam estar em equilíbrio no solo; a adição de um deles, sem que se considere a situação dos outros e as características da cultura, pode levar a fracassos na colheita. Nas regiões tropicais, a matéria orgânica em quantidades suficientes no solo é fator decisivo para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes.

Em razão da superfície eletricamente carregada que apresentam as argilas coloidais, as substâncias húmicas e os sesquióxidos de ferro e alumínio (principais componentes da fração mineral dos solos sob condições tropicais), os íons e moléculas polarizadas são atraídos ligando-se a estes componentes de forma reversível.

As argilas minerais, as substâncias húmicas e os óxidos de ferro e alumínio possuem determinada superfície de troca e são os principais coloides responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos sob condições tropicais. Em razão do maior número de cargas negativas do que positivas desses coloides, a adsorção é principalmente de cátions. No entanto, há alguns sítios nestes coloides com cargas positivas que podem atrair ânions (principalmente nos óxidos de ferro e alumínio).

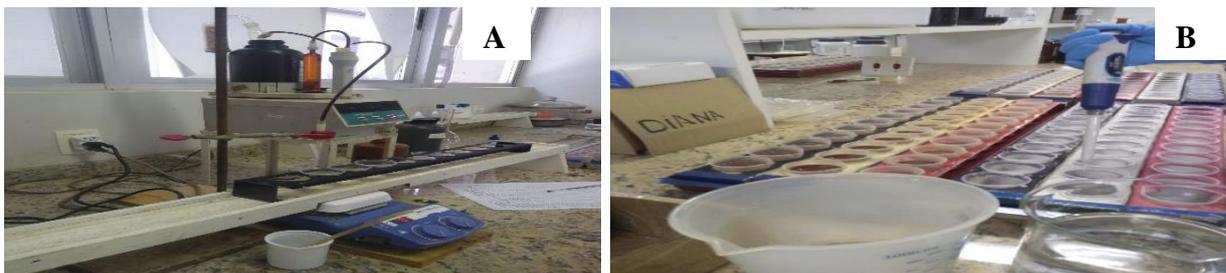
5.10.1 Como é feito

Reação do solo é o grau de acidez ou de alcalinidade de um solo. A reação do solo está ligada à sua fertilidade porque várias condições importantes, tais como estrutura, solubilidade de minerais, disponibilidade de nutrientes atividade de microrganismos e absorção de íons pela planta são influenciadas pela reação do solo. A reação do solo depende da concentração de íons hidrogênio na solução do solo (acidez momentânea) e da concentração de íons H^+ adsorvidos em substâncias de troca (acidez potencial). Solos ácidos são comuns nas regiões sob condições tropicais onde a grandeza da precipitação pluviométrica é tal que os elementos alcalinos, notadamente o Ca^{2+} e o Mg^{2+} , são lixiviados das camadas superiores pelas águas contendo CO_2 , sendo substituídos nos coloides pelos íons H^+ .

A acidificação dos solos é um processo químico que ocorre naturalmente. Todos os solos "envelhecem" ou sofrem intemperismo, e a acidificação é parte deste envelhecimento natural. O Brasil, por estar sob clima tropical, em que a ação de chuvas e altas temperaturas é intensa o ano inteiro, possui solos mais velhos e, por isso, mais ácidos.

O pH (potencial hidrogeniônico) indica a quantidade de íons hidrogênio (H^+) que existe no solo. Na Figura 8-A, Medidor de pH é um equipamento muito utilizado em laboratório para determinar a concentração de pH permite converter o valor do potencial do eletrodo em unidade de pH. ao ser submerso na amostra o eletrodo gera milivolts que são convertidos para uma escala de pH.

Figura 8. Sala com medidor de pH (A) e pipetagem das alíquotas de absorção (B).



Fonte: Rodrigues, 2019.

Logo, conclui-se que um solo é ácido quando possui muitos íons H^+ e poucos íons cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) adsorvidos em seu complexo coloidal de troca.

A correção ou calagem no solo tropical deve influir sobre a soma de bases (SB), consequentemente elevando a disponibilidade de nutrientes e aumentando o complexo de troca para as plantas e o valor da CTC efetiva. A correção pela calagem também satura o complexo de troca com cálcio e magnésio e eleva o pH até um nível em que o Al se torne praticamente indisponível para as culturas.

Para se corrigir a acidez do solo deve-se utilizar um elemento que libere ânion e que forme um ácido fraco com o hidrogênio e ainda forneça cálcio ou cálcio e magnésio para a planta. Os materiais empregados na correção da acidez do solo tropical (calcários) são encontrados na natureza em forma de rocha, que é moída e peneirada para ser aplicada ao solo.

Uso do calcário que reage com a água formando íons hidroxila (OH^-), água e dióxido de carbono (CO_2). As hidroxilas reagem com os íons Al^{3+} e H^+ adsorvidos formando hidróxido de alumínio insolúvel (etapa de neutralização) e água (etapa de imobilização do alumínio tóxico), liberando as cargas antes ocupadas por esses elementos. Tais cargas são, então, ocupadas pelos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} (TEIXEIRA et al., 2017).

Portanto, após a aplicação do calcário ocorre a neutralização do alumínio trocável, aumentando a saturação por bases (V%). Com a neutralização de parte do hidrogênio adsorvido, ocorre elevação do pH do solo. Para ocorrer a reação do calcário, este deve ser bem misturado com o substrato, ficando em contato com todas as partículas. O solo deve estar úmido para solubilizar o calcário. A calagem proporcionará inúmeros benefícios, como aumento do pH e até melhoria de propriedades físicas de alguns solos, neutralização do alumínio e manganês tóxicos, aumento dos teores de cálcio e magnésio, aumento da disponibilidade de fósforo e molibdênio, aumento da atividade de microrganismos

5.10.2 Método do acetato de cálcio a pH 7,0

- Pesar 10 g de solo, colocar em erlenmeyer de 200 mL e juntar 150 mL de solução de acetato de cálcio pH 7,0.
- Fechar com rolha de borracha e agitar com movimentos circulares, evitando molhar a rolha; repetir esta operação várias vezes ao dia.
- Depois da última agitação, desfazer o montículo que fica na parte central do fundo do erlenmeyer e deixar em repouso durante uma noite.
- Utilizar o sobrenadante da solução para a determinação da acidez extraível (H^{++} Al^{+++}).

Reagente

Solução de acetato de cálcio 1 mol L^{-1} a pH 7,0 - pesar 80 g do sal para preparar 1 L de solução, dissolvendo em água. Aferir com o potenciômetro para pH 7,0 a 7,1, empregando ácido acético glacial ou hidróxido de cálcio.

5.10.3 Método do acetato de amônio a pH 7,0

Extração

- Pesar 12,5 g de solo, colocar em erlenmeyer de 250 mL e adicionar 125 mL da solução de acetato de amônio a pH 7,0.
- Fechar com rolha de borracha, agitar com movimentos circulares, evitando molhar a rolha e repetir essa operação várias vezes ao dia.
- Depois da última agitação, desfazer o montículo que se forma na parte central do erlenmeyer e deixar em repouso durante uma noite.
- Pipetar 100 mL do líquido sobrenadante e passar para depósito de plástico com tampa, de onde são tiradas as alíquotas para determinação dos íons trocáveis. (Figura 8-B) pipetagem das alíquotas de absorção. Observação: O Na^{+} e o K^{+} são determinados pelo fotômetro de chama e o Ca^{++} e Mg^{++} pelo EDTA ou espectrometria de absorção atômica.

Reagentes

Solução de acetato de amônio 1 mol L^{-1} pH 7,0 - transferir 116 mL de ácido acético glacial para um bécher de 3 litros contendo aproximadamente 1.600 mL de água. Adicionar 140 mL de hidróxido de amônio concentrado, preferivelmente por meio de funil de haste longa que

mergulha na solução, para evitar a evaporação do hidróxido de amônio. Agitar e adicionar água até próximo dos 2 litros. Levar a solução para um potenciômetro e ajustar, adicionando ácido acético ou hidróxido de amônio, o pH até 7,0. Passar para um balão aferido de 2 litros e completar o volume.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio proporcionou aprimorar os conhecimentos técnicos, práticos, sociais e econômicos de forma positiva para atuação profissional.

Além disso, a análise química do solo é uma ferramenta que pode contribuir para aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção com sustentabilidade ambiental. Façam análise do solo!

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOWLING, D. J. F.; MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of Plant Nutrition. *The Journal of Ecology*, v. 68, n. 1, p. 324, 17 jun. 2006.

RADY; WEIL, 2009; LOPES; GUIMARÃES GUILHERME, 2016; NOVAIS et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2017

LOPES, A. S.; GUIMARÃES GUILHERME, L. R. A career perspective on soil management in the Cerrado region of Brazil. In: *Advances in Agronomy*. [s.l.] Academic Press Inc., 2016. v. 137p. 1–72.

NYLE C BRDY, RAY. WEIL Elementos da natureza e propriedades do solo.

RIBEIRO, A. A. C.; GUIMARÃES, H. P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 aproximação. ed. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999.

SANTOS, H. DOS; JACOMINE, P.; ANJOS, L. DOS. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. v. 1

SOUSA; LOBATO, 200 Interpretação da análise de solo do Cerrado, da camada de 0 a 20 cm, para o. 17. pH H₂O e pH CaCl₂ (Souza & Lobato, 2004). 18. Classificação química.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. v. 1

TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

Artigos

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.

NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo . Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo , 2007. v. 1

SOUSA; LOBATO (2004) preconizaram que a qualidade dos fertilizantes, tipo de solo, época de semeadura NOVAIS et al. (2007) relataram que a retenção do P adicionado ao solo ocorre pela precipitação deste elemento em solução com formas iônicas de Fe³⁺, Al³⁺ e Ca²⁺, e de

Page 5.