



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE**

**TIAGO FERREIRA SIMÕES**

**ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO PARA FINS DE FERTILIDADE E  
RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO**

**SUMÉ - PB  
2023**

**TIAGO FERREIRA SIMÕES**

**ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO PARA FINS DE FERTILIDADE E  
RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO**

**Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.**

**Orientador: Professor Dr. Rivaldo Vital dos Santos.**

**SUMÉ - PB  
2023**



S593a Simões, Tiago Ferreira.  
Análise química do solo para fins de fertilidade e recomendação de adubação. / Tiago Ferreira Simões. - 2023.

41 f.

Orientador: Professor Dr. Rivaldo Vital dos Santos.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Fertilidade das terras. 2. Análise química do solo. 3. Adubação - recomendação. 4. Potenciometria. 5. Condutometria. 6. Solo - análise química. I. Santos, Rivaldo Vital dos. II. Título.

CDU: 631.8(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista

CRB-15/626

**TIAGO FERREIRA SIMÕES**

**ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO PARA FINS DE FERTILIDADE E  
RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO**

**Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Professor Dr. Rivaldo Vital dos Santos.  
Orientador – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Professora Dra. Adriana de Fátima Meira Vital.  
Examinadora I – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Eng. Agrônomo Danilson Correa da Silva.  
Examinador II – UATEC/CDSA/UFCG**

**Trabalho aprovado em: 27 de junho de 2023.**

**SUMÉ - PB**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro Deus, que por mais aflito que eu estivesse, por mais incrédulo e questionador das tuas escolhas para minha vida, nunca me abandonou, e sempre me acalmou. À minha mãe, Maria José Ferreira Simões, que a partir do primeiro momento ao qual fui agraciado em tê-la em minha vida desempenhando este papel, o desempenhou divinamente, me ensinando por quais caminhos seguir, moldando em mim, o caráter que possuo hoje, sendo um exemplo para mim, não só de uma mãe exemplar, mas como desempenhar o papel de um ser humano excepcional. Peço a Deus todos os dias, que eu possa ser o mais próximo possível do ser humano que és e que me proporcione ser um pai para meus filhos assim como és uma mãe para mim. Mais que um exemplo, minha heroína.

Também agradeço a toda minha família, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para eu chegar a esta etapa da minha vida, em especial ao meu pai José Ivanir Simões in memoriam, que sempre lutou para ter um filho graduado, e aos meus irmãos. Ao meu orientador, professor Rivaldo Vital dos Santos, pela disponibilidade para orientar este trabalho e pelo exemplo de profissional que é.

Aos professores que fizeram parte dessa longa jornada, em especial aos professores Edvaldo Eloy, Ranoel José, Hugo Moraes e a professora Mérgia Ribeiro que sempre me incentivaram.

Aos avaliadores deste trabalho, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Meira e ao Eng. Agrônomo Danilson Correia, pela atenção e sugestões.

Aos amigos e colegas de turma de longas datas, que ao longo de toda jornada, nunca deixaram de me apoiar. Agradeço também, aos irmãos que a UFCG e o curso de engenharia de biosistemas me proporcionaram.

A todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje. Agradeço pelo dom da perseverança, que me permitiu concluir este desafio que encarei em minha vida.

## RESUMO

A Ciência do Solo contempla um estudo amplo, dentre esses destacam-se a avaliação da fertilidade das terras que dão suporte à classificação, mapeamento e principalmente a práticas de manejo dos solos, tais com calagem e adubação, fundamentais à otimização da produtividade vegetal. A partir do exposto, o escopo principal desse trabalho é difundir, em meio acadêmico e rural, um suporte técnico imprescindível à condução de um programa de análises de solos para fins de fertilidade. O presente trabalho objetiva divulgar informações fundamentais a um programa de análises da fertilidade dos solos, abrangendo informações referentes à amostragem dos solos, procedimentos analíticos, instrumentação e metodologias utilizadas, emissão de laudos técnicos, interpretação dos resultados e recomendação de adubação aos agricultores. Trata-se de uma revisão de literatura, cujo conteúdo abrange as técnicas utilizadas durante a amostragem dos solos, o conhecimento dos instrumentos utilizados, a dinâmica dos procedimentos analíticos no laboratório e a emissão e interpretação dos laudos técnicos para a recomendação de adubação aos agricultores. Destaque é dado para os métodos instrumentais de análises químicas, tais como, titulometria, colorimetria, potenciometria, condutometria e a fotometria de chama. As metodologias utilizadas durante as análises laboratoriais também são apresentadas. Para cada determinação química citam-se o objetivo, princípio do método, aparelhagem, reagentes, soluções e o procedimento empregados. O trabalho finaliza com explicações relativas aos cálculos envolvidos durante a preparação dos extratores químicos, das curvas padrões e unidades utilizadas na análise de solos, segundo o sistema internacional (SI). Também são descritos os procedimentos usados na interpretação dos resultados das análises químicas e nas sugestões de adubação aos agricultores.

**Palavras-chave:** Análise dos solos; adubação e agricultores.

## **ABSTRACT**

Soil science encompasses a broad study, among which we highlight the assessment of land fertility that support classification, mapping and, above all, soil management practices, such as liming and fertilization, which are essential for optimizing plant productivity. This research objective to disseminate fundamental information for a soil fertility analysis program, covering information regarding soil sampling, analytical procedures, instrumentation and methodologies used, issuance of technical reports, interpretation of results and fertilizer recommendation to farmers. This study was based on bibliographic search used on the above, the main scope of this work is to disseminate, in academic and rural areas, technical support that is essential for conducting a soil analysis program for fertility purposes. Its content covers the techniques used during soil sampling, knowledge of the instruments used, the dynamics of analytical procedures in the laboratory and the issuance and interpretation of technical reports for the recommendation of fertilization to farmers. Emphasis is given to instrumental methods of chemical analysis, such as titration, colorimetry, potentiometry, conductometry and flame photometry. The methodologies used during laboratory analyzes are also presented. For each chemical determination, the objective, principle of the method, apparatus, reagents, solutions and the procedure used are mentioned. The work ends with explanations regarding the calculations involved during the preparation of chemical extractors, standard curves and units used in soil analysis, according to the international system (SI). Also, the procedures used in the interpretation of the results of the chemical analyzes and in the fertilizer suggestions to the farmers are described.

**Keywords:** Soil analysis, fertilization and farmers.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 -</b>	Fluxograma das etapas da análise química na amostragem dos solos.....	<b>9</b>
<b>Figura 2 -</b>	Divisão de áreas em subáreas na amostragem do solo.....	<b>12</b>
<b>Figura 3 -</b>	Projeção da copa: área para amostragem de solo em culturas perenes.....	<b>14</b>
<b>Figura 4 -</b>	Seqüência de operações na coleta de amostras de solo.....	<b>16</b>
<b>Figura 5 -</b>	Estrutura química do EDTA (Ácido Etileno Diamino Tetracético).....	<b>19</b>
<b>Figura 6 -</b>	Colorímetro para leituras das amostras de soluções de solos.....	<b>21</b>
<b>Figura 7 -</b>	pHmetro, eletrodos de vidro e formulações.....	<b>22</b>
<b>Figura 8 -</b>	Condutor elétrico para a medida da condutância das soluções iônicas.....	<b>24</b>
<b>Figura 9 -</b>	Diagrama de blocos, esquema de um espectrofotômetro de chamas.....	<b>24</b>
<b>Figura 10 -</b>	Conjunto atomizador, esquema do sistema coletor, nebulizador, e queimador de um espectrofotômetro de chama.....	<b>25</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 -</b>	Tamanho das subáreas homogêneas segundo o uso do solo.....	<b>13</b>
<b>Tabela 2 -</b>	Escala de comprimentos de onda.....	<b>20</b>
<b>Tabela 3 -</b>	Curva padrão para a determinação das concentrações de fósforo no solo	<b>27</b>
<b>Tabela 4 -</b>	Curva padrão para a determinação das concentrações de sódio (Na) no solo.....	<b>28</b>
<b>Tabela 5 -</b>	Curva padrão para a determinação das concentrações de potássio (K) no solo.....	<b>28</b>
<b>Tabela 6 -</b>	Interpretação da acidez do solo segundo o pH em CaCl <sub>2</sub> 0,01M.....	<b>35</b>
<b>Tabela 7 -</b>	Interpretação das doses de P extraível do solo.....	<b>35</b>
<b>Tabela 8 -</b>	Interpretação das doses de K extraível do solo.....	<b>36</b>
<b>Tabela 9 -</b>	Interpretação das doses de Ca e Mg extraíveis do solo.....	<b>36</b>
<b>Tabela 10 -</b>	Interpretação das doses de H <sup>+</sup> Al extraíveis do solo.....	<b>36</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO: AMOSTRAGEM.....</b>	<b>11</b>
2.1	AMOSTRAGEM DE SOLO.....	11
2.2	PLANO DE AMOSTRAGEM: SEPARAÇÃO DAS ÁREAS UNIFORMES....	11
2.3	INTENSIDADE DE AMOSTRAGEM: TAMANHO DAS GLEBAS E NÚMERO DE AMOSTRAS.....	12
2.4	LOCAL, PROFUNDIDADE E FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM.....	13
2.5	ÉPOCA DE COLETA DAS AMOSTRAS.....	15
2.6	FERRAMENTAS E MATERIAIS PARA A TOMADA DA AMOSTRA.....	15
2.7	INSTRUÇÕES PARA A RETIRADA E REMESSA DA AMOSTRA DE SOLO.....	16
<b>3</b>	<b>MÉTODOS DE ANÁLISE INSTRUMENTAL.....</b>	<b>18</b>
3.1	ANÁLISES TRITIMÉTRICAS.....	18
3.2	ANÁLISES COLORIMÉTRICAS.....	20
<b>3.2.1</b>	<b>Determinação de Fósforo.....</b>	<b>22</b>
3.3	POTENCIOMETRIA.....	22
3.4	CONDUTOMETRIA.....	24
3.5	FOTOMETRIA DE CHAMA.....	24
<b>4</b>	<b>ANÁLISES QUÍMICAS: CÁLCULOS ENVOLVIDOS.....</b>	<b>26</b>
4.1	CÁLCULOS.....	26
<b>4.1.1</b>	<b>Extratores.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Da Curva-Padrão.....</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA NAS ANÁLISES DE SOLOS.....</b>	<b>29</b>
5.1	DETERMINAÇÃO DO PH.....	29
5.2	DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ POTENCIAL (H+AL).....	29
<b>5.2.1</b>	<b>Hidrogênio + Alumínio (H + Al) - Método SMP (outro método).....</b>	<b>30</b>
5.3	DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO (P) NO SOLO.....	30
5.4	DETERMINAÇÃO DE POTÁSSIO (K) NO SOLO.....	32
5.5	DETERMINAÇÃO DE CÁLCIO (CA) E MAGNÉSIO (MG) NO SOLO.....	32
5.6	DETERMINAÇÃO DE SÓDIO (NA) NO SOLO.....	34
<b>6</b>	<b>O LAUDO TÉCNICO.....</b>	<b>35</b>
6.1	INTERPRETAÇÃO.....	35
6.2	SUGESTÃO DE ADUBAÇÃO.....	36
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>

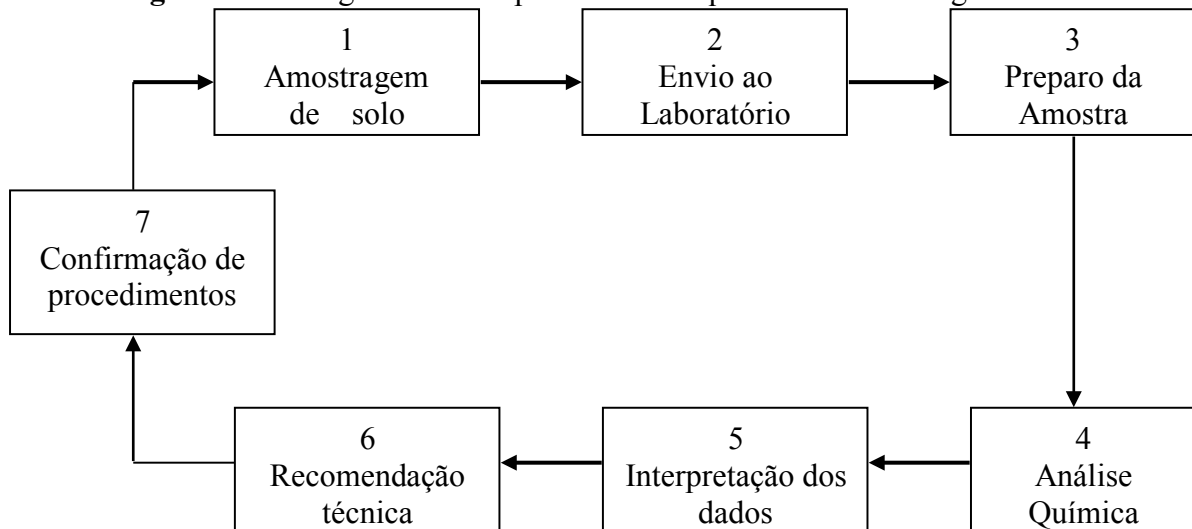
## 1 INTRODUÇÃO

A fertilidade do solo é um dos fatores que determinam a produtividade agrícola e, como tal, dada às possibilidades de ação do homem sobre ela, deve ser freqüente e devidamente avaliada.

A análise do solo provavelmente começou de alguma forma, tão logo o homem tornou-se interessado em saber como as plantas crescem. Em meados do século XIX, por volta de 1840, Justus von Liebig, iniciou as primeiras análises de solos. Desde Liebig até o início de 1920 pouco progresso foi feito, ainda que alguns pesquisadores tenham dadas significativas contribuições para a química do solo. No final da década de 20 e início da década de 30, do século XX, importantes contribuições foram feitas. Desde então a análise do solo tem sido largamente aceita como uma ferramenta essencial na formulação de programas de adubação e calagem.

Para que uma análise química de solo atinja seus objetivos é necessária a realização de várias atividades, conforme demonstrado no fluxograma (Figura 01) abaixo (CHITOLINA, 1982; BOARETTO et al., 1989):

**Figura 1** - Fluxograma das etapas da análise química na amostragem dos solos.



A descrição de todas as etapas apresentadas em um programa de análise de solo para fins de fertilidade química desde a amostragem até a recomendação técnica, inclusive com os métodos de análises instrumentais, os cálculos envolvidos na extração e determinação dos nutrientes e a metodologia empregada, constitui-se o objetivo do presente trabalho.

O presente trabalho objetiva divulgar informações fundamentais de um programa de análises da fertilidade dos solos, abrangendo informações referentes à amostragem dos solos, procedimentos analíticos, instrumentação e metodologias utilizadas, emissão de laudos técnicos, interpretação dos resultados e recomendação de adubação aos agricultores.

Por outro lado, o presente trabalho procura gerar um produto a ser disseminado com os agricultores, que para obter uma boa produção, precisam compreender que a análise de solo é uma ferramenta fundamental (WATANABE et al, 2002; SILVA, 2009).

Para a realização dessa pesquisa realizou-se uma ampla revisão de literatura, com análise em diversos livros e artigos da área. Segundo Cooper (1982), a revisão de literatura consiste na leitura e agrupamento de trabalhos sobre um mesmo assunto, de modo a sintetizar e desenvolver uma explicação mais abrangente do assunto e pauta.

## 2 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO: AMOSTRAGEM

### 2.1 AMOSTRAGEM DE SOLO

A amostragem do solo é a primeira e principal etapa de um programa de avaliação da fertilidade do solo, pois é com base na análise química da amostra de solo que se realiza a interpretação e que são definidas as doses de corretivos e de adubos.

Do ponto de vista da fertilidade do solo, amostra simples é uma pequena quantidade de solo retirada ao acaso em uma área ou gleba uniforme. Já amostra composta ou simplesmente amostra é a reunião de várias amostras simples coletadas ao acaso dentro de uma área ou gleba uniforme, devidamente misturada, com o fim de representá-la.

Embora a amostragem do solo seja a atividade mais simples, é a operação mais importante, pois uma pequena quantidade de solo coletada deve representar as características de uma grande área. Veja o exemplo: ao ser encaminhada ao laboratório uma amostra de 500 g de solo, representando 05 hectares, da qual são tomados 10 g para análise e, considerando que a amostra é proveniente da camada de 0-20 cm, e que, 01 hectare pesa aproximadamente 2000 t (tomando-se uma densidade de  $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$ ), conclui-se que a amostra final efetivamente analisada corresponde a 1 bilionésimo da área amostrada.

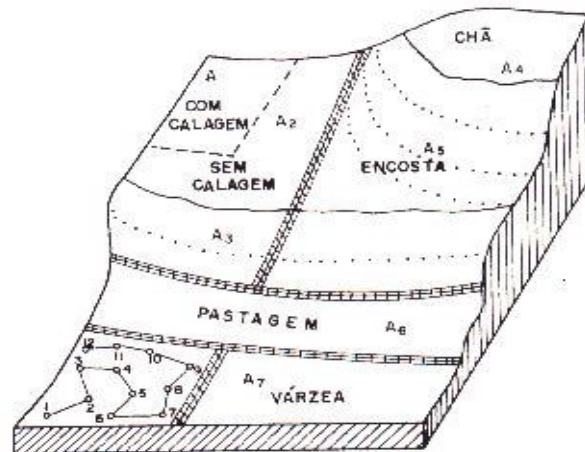
Assim sendo, os procedimentos para amostragem devem ser rigorosos, pois as análises laboratoriais não corrigem as falhas de uma coleta deficiente no campo. Vale salientar que, uma amostragem mal executada pode induzir a posteriores erros na interpretação do resultado da análise, com o conseqüente comprometimento técnico e econômico de um programa de adubação e correção do solo.

### 2.2 PLANO DE AMOSTRAGEM: SEPARAÇÃO DAS ÁREAS UNIFORMES

Para se fazer uma amostragem de solo, o primeiro passo deve ser a divisão da propriedade em áreas uniformes. Para isso e de acordo com o mapa de fertilidade da propriedade, devem ser levados em consideração os seguintes aspectos: topografia, vegetação, espécie cultivada, sistemas de cultivo e manejo do solo, características físicas (textura), cor, profundidade do solo, drenagem, etc.

A Figura 2 ilustra a divisão de uma área a ser amostrada em subáreas ou talhões.

**Figura 2** - Divisão de áreas em subáreas na amostragem do solo.



**Fonte:** autoral.

As áreas assim determinadas deverão ser delimitadas em um mapa (planta baixa) da propriedade e identificadas numericamente. Recomenda-se utilizar uma ficha para cada área identificada (figura 02), com a finalidade de fornecer uma descrição ambiental mínima e um sumário do histórico de uso da gleba, visando o aprimoramento das recomendações de fertilizantes e corretivos.

### 2.3 INTENSIDADE DE AMOSTRAGEM: TAMANHO DAS GLEBAS E NÚMERO DE AMOSTRAS

É óbvia a afirmativa de que quanto maior é a área, maior é a desuniformidade das características químicas e físicas do solo.

Não há concordância entre os pesquisadores quanto ao tamanho da área a amostrar e o número de amostras necessárias para se estimar a fertilidade do solo (CHITOLINA, 1982), com variações bastante significativas.

Considerando a variabilidade do terreno, a subárea a ser amostrada não deve ser superior a 20 hectares e a máxima tolerável é de 40 hectares. Em geral, não é conveniente amostrar áreas maiores que 10 hectares (BOLETIM DE SUGESTÕES DE ADUBAÇÃO PARA O ESTADO DE PERNAMBUCO, 1998).

Dependendo da maneira como o solo vem sendo usado, as subáreas terão as dimensões apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Tamanho das subáreas homogêneas segundo o uso do solo.

USO	SUBÁREA(ha)
Pastagem natural	15 a 20
Terreno plano com culturas anuais	2 a 7
Terreno erodido com culturas anuais	1 a 2
Terreno irrigado com culturas anuais	0,5 a 1
Pomar (fruticultura)	0,5 a 1
Hortaliças irrigadas	0,5 a 1

No Brasil, de maneira geral, recomenda-se a retirada de 10 a 30 amostras simples para formar uma amostra composta, recolhidas em terreno em zigue-zague, como se observa na figura 02, tendo-se o cuidado de limpar em cada local a superfície do terreno, retirando-se as folhagens e outros restos de plantas, resíduos orgânicos, etc., sem, contudo raspar a terra. Deve-se evitar que esses pontos estejam em locais erodidos, ou onde o solo tenha sido modificado por formigas ou cupins, utilizado como depósito de corretivos, adubos, esterco, passagem de máquinas, animais, etc.

As amostras simples deverão ser reunidas em um balde plástico limpo e bem misturadas, formando uma amostra composta. Após homogeneização, retirar aproximadamente 500 g de solo, transferir para saco plástico sem uso, identificar pelo número correspondente da área e especificar informações complementares, conforme modelo abaixo:

Nome do proprietário .....		
Propriedade .....		
Endereço .....		
CEP:.....	Município:.....	Estado:.....
Nº da amostra .....		
Culturas	Existente:.....	A ser plantada : .....

Fonte: Autoral.

#### 2.4 LOCAL, PROFUNDIDADE E FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

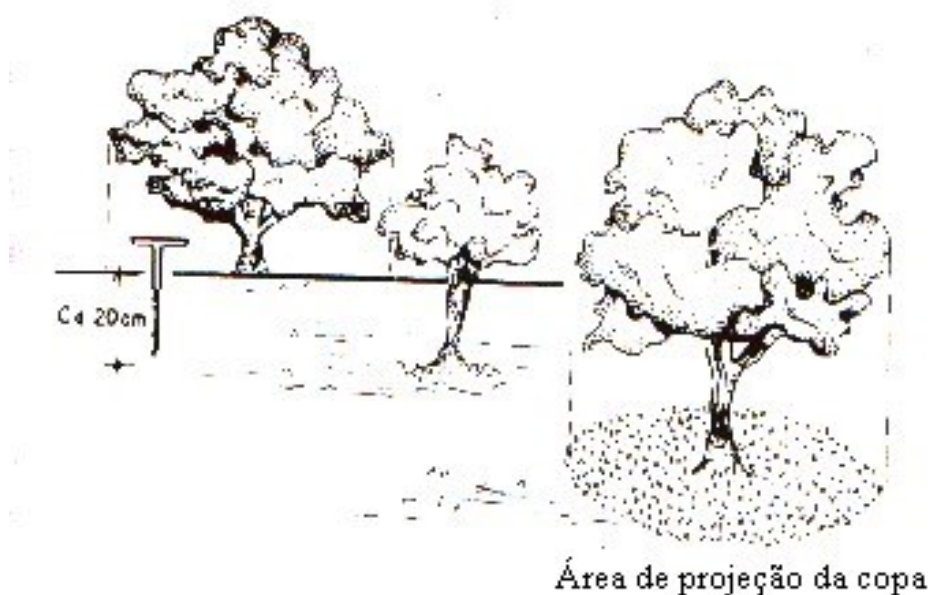
A profundidade de amostragem é determinada principalmente pela camada de solo ocupada pela maior densidade de raízes e características do perfil de solo natural ou modificado pelo manejo.

Para a maioria das culturas anuais, as amostras devem ser coletadas na camada arável, ou seja, a uma profundidade de 20 cm. Na implantação de culturas perenes (espécies florestais e frutíferas) em áreas novas, deve-se amostrar camadas diferentes como 0-20; 20-40 e 40-60 cm. Isto permitirá ao técnico avaliar onde as culturas apresentarão maiores problemas de desenvolvimento das raízes e sugerir medidas para minimizar seus efeitos nas produções futuras. Permitirá também acompanhar a evolução da fertilidade do solo em profundidade, detalhando eventuais deficiências.

No caso de culturas perenes já implantadas, a localização das amostras simples pode seguir dois critérios: a) fazer a amostragem da área adubada, na projeção da copa, separadamente da área não adubada ou corrigida, nas entrelinhas ou meio da rua (duas amostras compostas, cada uma com 20 amostras simples); b) fazer a amostragem com uma amostra composta, coletando metade das amostras simples na área adubada (projeção da copa) e a outra metade nas entrelinhas ou meio da rua.

A Figura 3 mostra a área de aplicação dos fertilizantes, ou área adubada, para que se possa fazer as amostragens.

**Figura 3** - Projeção da copa: área para amostragem de solo em culturas perenes.



Fonte: Autoral.

A frequência de amostragem do solo é dependente da intensidade de uso da área e dos sistemas de cultivo adotados, principalmente com relação aos critérios usados para correção da acidez e adubação do solo. Contudo, devido às pequenas variações que ocorrem no solo



decorrente do cultivo rotineiro, as amostragens do solo podem ser realizadas em intervalos de 3 a 5 anos. Essa frequência pode ser reduzida quando for observado algum comportamento diferencial no desenvolvimento da cultura ou quando forem empregados novos critérios de adubação das culturas ou correção do solo indicado pelos órgãos de pesquisa ou assistência técnica.

## 2.5 ÉPOCA DE COLETA DAS AMOSTRAS

É sabido que há variações nos teores de nutrientes durante o ano. O que se indica são recomendações práticas a fim de que os resultados da análise química obtida possam ser utilizados da melhor maneira para o fim que se destina. Assim, as amostras devem ser retiradas vários meses antes do plantio ou semeadura, já que diversas providências dependem do resultado da análise do solo.

Para Trani (1986), a amostragem poderá ser feita em qualquer época do ano, contudo, deve-se evitar a retirada de amostras quando nos dias anteriores foi feita calagem ou adubação. No caso de culturas perenes, onde este tipo de problema se apresenta normalmente, somente fazer amostragem 30 dias após a última adubação.

Em virtude do tempo gasto entre o envio das amostras ao laboratório e a chegada do resultado, aconselha-se amostrar 60 dias antes da adubação. Para culturas anuais aconselha-se a amostragem no início da estação seca e para culturas perenes após a colheita.

## 2.6 FERRAMENTAS E MATERIAIS PARA A TOMADA DA AMOSTRA

Para a tomada da amostra simples, o instrumento a ser utilizado deverá satisfazer as seguintes condições, segundo Peck e Melsted (1973): ser capaz de tomar pequenos, suficientes e iguais volumes de solo de cada local de amostragem que irá compor a amostra que será enviada ao laboratório; ser fácil de limpar; ser adaptado a diferentes tipos de solo; ser resistente e durável e, ser de fácil uso e possibilite uma coleta rápida das amostras.

Ressalte-se que não se deve coletar amostras de solo com instrumentos enferrujados para se evitar a contaminação da amostra, principalmente no caso de micronutrientes.

Para a retirada das amostras simples deve-se ter à disposição uma das seguintes ferramentas: trado holandês, trado de rosca, trado caneco, trado calador, pá de corte ou reta, enxadeco, enxada comum.

Os materiais usados para amostragem são: balde plástico, sacos plásticos, etiquetas de identificação, lápis, formulário para informações.

Para as nossas condições de semi-árido, geralmente encontramos situações em que o solo está muito seco. Neste caso, é mais fácil usar o enxadeco, alavanca ou cavador para abertura da cova, sendo necessário utilizar uma medida de volume definida, com o objetivo de atender à exigência de equivalência de volumes de solo para todas as amostras simples (SANTOS, 1995).

## 2.7 INSTRUÇÕES PARA A RETIRADA E REMESSA DA AMOSTRA DE SOLO

A Figura 4 a seguir mostra a seqüência de operações na coleta de amostras de solo.

**Figura 4** - Sequência de operações na coleta de amostras de solo.



Fonte: Sugestão de adubação para o Estado da Paraíba (1979).

Se o transcurso da amostra até o laboratório não exigir mais que 1 ou 2 dias, não há necessidade do proprietário secar a amostra, bastando que a identifique corretamente de acordo com seu mapa. Caso sejam necessários mais do que 2 dias, é recomendável que a

amostra seja seca para evitar alterações devido à atividade microbiológica. Essa secagem deverá ser feita espalhando-se a amostra numa superfície limpa (lona ou jornal), formando uma camada de 1,0 cm de altura, deixando-a em local sombreado e bem ventilado. Não se deve colocar a amostra para secar ao sol, próximo a fontes de calor, como fogões e fornos e jamais utilizar o forno de microondas (Tomé Jr., 1977).

### 3 MÉTODOS DE ANÁLISE INSTRUMENTAL

A análise química do solo compreende duas etapas gerais: a extração e a determinação. Na extração emprega-se um extrator, que pode ser um ácido, mistura de ácidos ou um sal neutro, na maioria das vezes. Essa etapa consiste em adicionar o extrator ao solo, agitar, deixar em repouso e filtrar. A segunda etapa baseia-se na determinação propriamente dita, quando utiliza-se equipamentos, dependendo do método de análise instrumental envolvido: potenciometria, condutimetria, fotometria de chama, titulometria, espectrofotometria ou colorimetria (Guimarães, Bastos e Lopes, 1970).

A seguir são apresentadas a descrição sucinta dos métodos de análises mais comuns durante a análise do solo para fins de fertilidade.

#### 3.1 ANÁLISES TRITIMÉTRICAS

Análise quantitativa executada com determinação de volume de uma solução, cuja concentração é conhecida (solução padrão), requerida para reagir quantitativamente com uma solução de uma substância a ser determinada (solução problema).

O objetivo desta análise é determinar, por titulação o *ponto de equivalência* ou *ponto final teórico* da reação:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$N_1 \cdot V_1 = \text{meq-g/L}$$

Este tipo de análise pode ser classificado em:

- a. Reação de Neutralização:** acidimetria ou alcalimetria



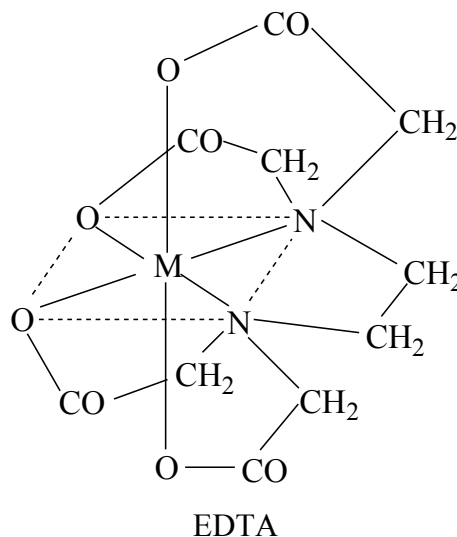
- b. Reação de Complexação:** reações de formação de sais pouco solúveis como sais e EDTA.
- c. Reação de precipitação:** reação que ocorre com a formação de sal insolúvel como cloreto de prata.
- d. Reação de óxido-redução:** usa agentes oxidantes e redutores como solução padrão (KMnO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, Iodo, KI, óxido de arsênio III, etc.)

TITULAÇÕES DE COMPLEXAÇÃO: titulações feitas com substâncias como o ácido 1,2 – diaminoetanotetracético (ácido etilenodiaminotetracético – EDTA), usado normalmente na determinação de íons metálicos (ou ânions).

Algumas considerações:

- 1) **Solução Padrão de EDTA** (PM=372,24): 0,1 M = 37,224 g/L ; 0,05 M = 18,612 g/L ; 0,01 M = 3,7224 g/L; que devem ser padronizadas com ZnCl<sub>2</sub> ou ZnSO<sub>4</sub>. A estrutura molecular do EDTA encontra-se na figura 05.

**Figura 5** -Estrutura química do EDTA.



Fonte: Autoral

## 2) Alguns cuidados:

1. Ajuste do pH para a faixa de unidade de pH, para tamponar na faixa de pH de precipitação do íon metálico;
2. A concentração do íon metálico a ser titulado tem que ser igual ou maior que 0,25 milimol de íon / 50-150 mL de solução problema;
3. Uma quantidade grande de indicador (acima de 2 gotas) provoca dicróismo (uma mudança de cor intermediária antes do verdadeiro *ponto final*).

O alcance do *ponto final*, em titulações com EDTA, ocorre com mudança de cor lenta na vizinhança do *ponto final*, o que pode ser compensado com um aquecimento a 40°C e adição mais lenta de titulante.

Na determinação de uma mistura de cátions como Mg<sup>2+</sup> e Ca<sup>2+</sup> usa-se como indicador o Negro de Solocromo (Negro de Eriocromo T) e se forma um complexo de cálcio

relativamente estável com a transição do vermelho para o azul puro. O EDTA reage primeiro com o  $\text{Ca}^{2+}$  e depois com o  $\text{Mg}^{2+}$  livre e, finalmente, com o complexo de Mg – indicador (cor azul em pH de 7 a 11) fazendo o sistema mudar do vermelho vinho para azul. O tampão mais indicado é  $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$  de pH = 10.

### 3.2 ANÁLISES COLORIMÉTRICAS

Nas análises feitas por colorimetria visual ou comparação de cores, normalmente use uma fonte de luz branca que emite na faixa do visível (entre 400 e 750 nm) (tabela 02).

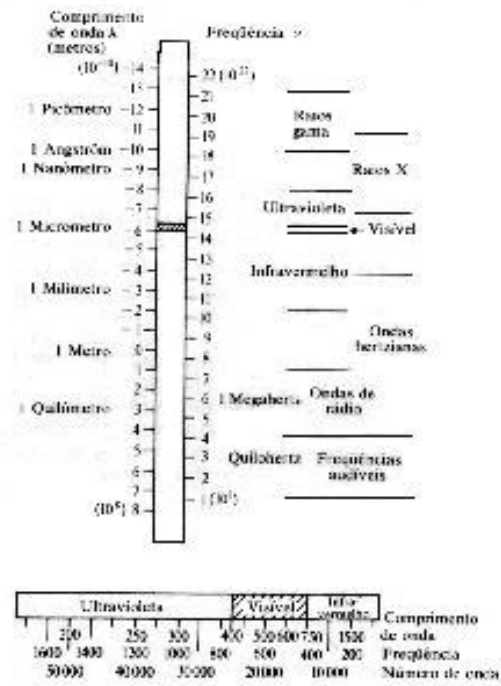
**Tabela 2** - Escala de comprimentos de onda.

Cores	Comprimentos de onda	Cores	Comprimento de onda
	----- nm -----		----- nm -----
Ultravioleta	< 400	Amarelo	570 – 590
Violeta	400 – 450	Alaranjado	590 - 620
Azul	450 – 500	Vermelho	620 - 760
Verde	500 – 570	Infravermelho	>760

Fonte: Ewing (1972).

As leituras são realizadas por um aparelho, o colorímetro. Este dispositivo vai medir a diferença entre a radiação transmitida de um material problema (amostra) e um material referência, nos comprimentos de onda selecionados. A dinâmica dessa leitura é fundamentada pela Lei de Beer-Lambert, cujos fundamentos referente a comprimento de ondas, frequência e formulações seguem abaixo.

Ilustração do colorímetro é apresentada a seguir (Figura 6).



LEI DE BEER-LAMBERT:

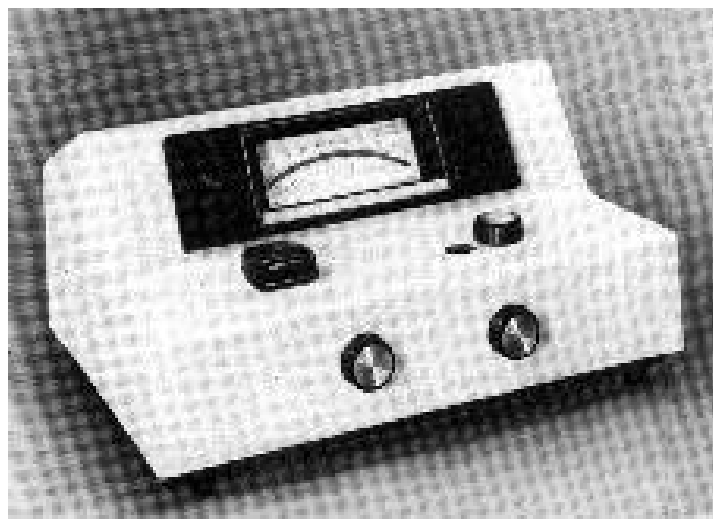
$$I_t = I_o \cdot e^{-k \cdot l}$$

$$k \cdot l = \ln \frac{I_o}{I_t}$$

$$I_o = k \cdot l$$

Fonte: Ewing (1972).

Figura 6 - Colorímetro para leituras das amostras de soluções de solos.



Fonte: Ewing (1972).

### 3.2.1 Determinação de Fósforo

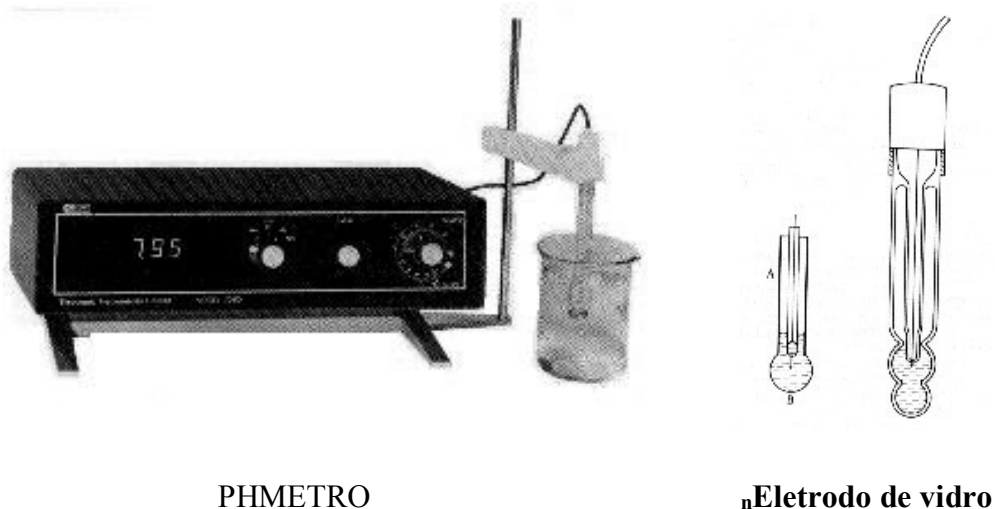
a. **Método do azul de molibdênio:** os íons ortofosfato e molibdato condensam em solução ácida para dar ácido fosfomolibdico que, por redução seletiva (por exemplo, com sulfato de hidrazínio) produz cor azul devido o azul de molibdênio. A intensidade da cor azul é proporcional a quantidade de fósforo inicialmente incorporada ao heteropoliácido. Se a acidez for devida o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 M com o sulfato de hidrazínio como redutor, o complexo azul resultante exibirá o máximo de absorção em 820-830 nm. O redutor utilizado na determinação do fósforo disponível do solo é o ácido ascórbico.

b. **Método do fosfovanadomolibdato de amônio:** método pouco menos sensível que o anterior. É útil na determinação de fósforo pelo método de Schöniger. O complexo formado entre o fosfato, o vanadato e o molibdato tem cor amarelo viva com absorção entre 460 e 480 nm.

### 3.3 POTENCIOMETRIA

Um metal imerso numa solução que contém seus íons estabelece um potencial chamado potencial de eletrodo que pode ser medido pela equação de Nernst. Ilustração do pHmetro, eletrodos e formulação da lei de Nernst são apresentadas a seguir (Figura 07).

**Figura 7 - pHmetro, eletrodos de vidro e formulações.**



$$E = E^{\circ} + (RT/nF) \cdot \ln a_{\text{íon}} \quad E_{\text{cel}} = E_{\text{v}}^{\circ} - 0,0591 \cdot \text{pH} - E_{\text{cat}}$$

Fonte: Ewing (1972).



O processo de se utilizar uma medida única e direta de medida do potencial de eletrodo para determinar a concentração de uma espécie iônica em solução é chamado de *Potenciometria Direta*.

a) **Medida de pH:** A medida direta do pH deixa muito a desejar quanto a exatidão, mas a grande sensibilidade de resposta de alguns eletrodos permite a determinação a aplicação com uma certa segurança para soluções altamente diluídas ( $10^{-4}M$ ).

$$pH = -\log [H^+] \quad [H^+] = M \cdot \frac{K_a}{K_a + [A^-]} \quad K_a = M \cdot \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Em virtude da variação do potencial assimétrico, principalmente para o eletrodo vidro, a medida do aparelho deve ser calibrada tomando-se como referência soluções tampão.

b) **Eletrodo de vidro:** é o eletrodo de uso mais comum. De fácil manipulação, mas bastante frágil, requerendo cuidados principalmente na parte da membrana do bulbo de vidro que deve ser mantida rigorosamente hidratada (é recomendado manter sempre o bulbo imerso em água destilada). Deve-se evitar situações que levem a membrana a uma desidratação como: exposição prolongada ao ar, imersão em álcool ou ácido sulfúrico concentrado.

OBS: Nas faixas de pH próximo de zero existe o erro ácido, onde o valor de pH obtido com eletrodo de vidro é muito alto; nas faixas de pH acima de nove existe o erro alcalino, onde o eletrodo torna-se sensível a presença de íons sódio dando valores de pH acima do real.

c) **Solução Tampão:** resiste a uma modificação de pH por efeito de diluição ou por adição de pequenas quantidades de ácidos ou bases. As soluções mais usadas são as constituídas de ácidos fracos ou bases fracas e seus sais. O pH de um tampão é dado pela equação:

$$pH = pK_a + \log \frac{c_{sal}}{c_{ácido}}$$

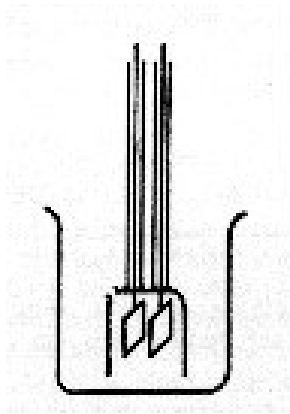
Imaginemos um tampão feito pela mistura de uma solução 0,1 M de ácido acético com uma 0,1 M de acetato de sódio. O pKa do ácido é 4,76 (tabelado), logo:  $pH = 4,76 + \log \frac{0,1}{0,1} = 4,76$

Para uma mistura do ácido 0,01 M com o sal 0,0001 M o pH será 2,76. Para uma mistura do ácido 0,0001 M com o sal 0,01 M o pH será 6,76.

### 3.4 CONDUTOMETRIA

Baseia-se na medida da condutância elétrica das soluções iônicas. A condutância é a medida da corrente resultante da passagem de uma dada força elétrica e é diretamente proporcional ao número de íons presentes na solução.

**Figura 8** - Condutor elétrico para a medida da condutância das soluções iônicas.



A condutância é o inverso da resistência elétrica:

$$L = 1/R \text{ (ohm}^{-1} = \text{S)}$$

e é proporcional à área da sessão transversal e inversamente proporcional à distância entre as duas placas metálicas.

O condutivímetro deve ser calibrado tomando como referência uma solução de KCl 0,01 M que apresenta, a 25° C condutância aproximada de 1410 S . Uma ilustração do

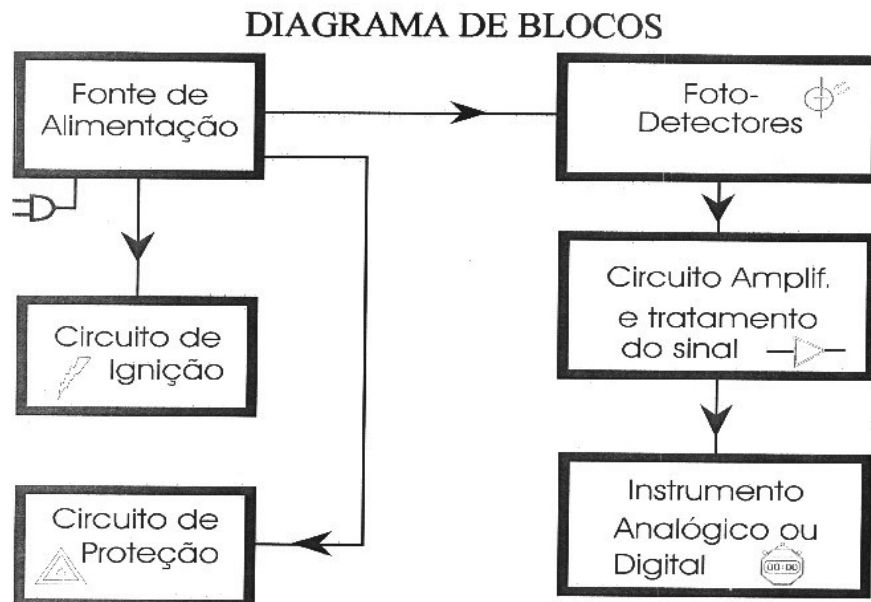
condutor segue ao lado (figura 8).

Fonte: Ewing (1972).

### 3.5 FOTOMETRIA DE CHAMA

Na figura abaixo temos uma vista esquemática de um espectrofotômetro de chama, com todas as partes que formam o sistema elétrico de um aparelho padrão na forma de diagrama de blocos (Figura 09).

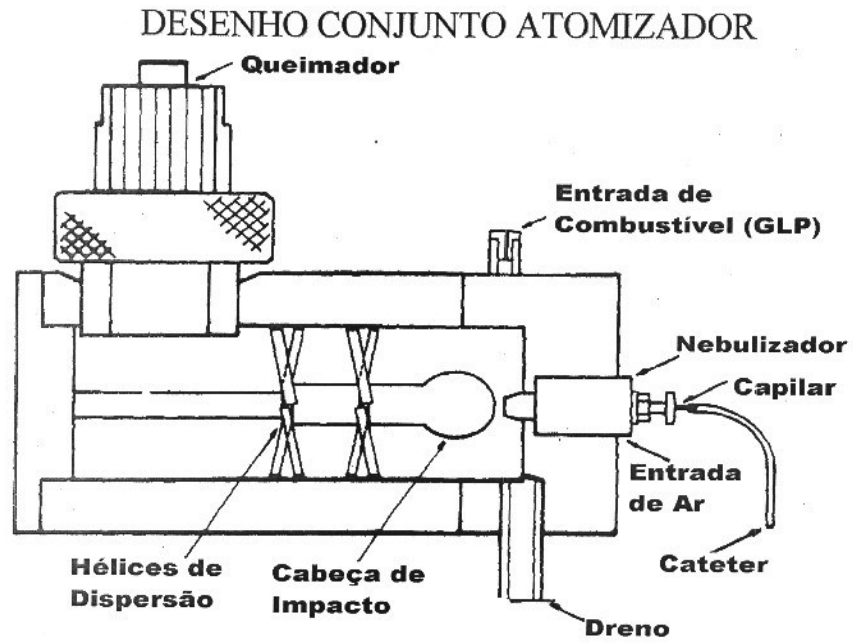
**Figura 9** - Diagrama de blocos, esquema de um espectrofotômetro de chamas.



Fonte: Ewing (1972).

Vista esquemática do sistema coletor, nebulizador e queimador de um espectrofotômetro de chama (Figura 10).

**Figura 10** - Conjunto Atomizador, esquema do sistema coletor, nebulizador, e queimador de um espectrofotômetro de chama.



Fonte: Ewing (1972).

## 4 ANÁLISES QUÍMICAS: CÁLCULOS ENVOLVIDOS

Durante as análises química do solo para fins de fertilidade há necessidade de se preparar um grande número de soluções, observar a pureza dos reagentes, efetuar diluições e determinar as concentrações dos nutrientes disponíveis no solo. Tais atividades envolvem um grande de cálculos, que são apresentados a seguir. Cálculos químicos são descritos em Vogel (1960), Fonseca (1992) e Rodela e Lavorent (199).

### 4.1 CÁLCULOS

#### 4.1.1 Extratores

a. Para pH : Ca Cl<sub>2</sub> 0,01 M

Antes de se preparar a solução de Ca Cl<sub>2</sub> 0,01 M, recomenda-se preparar uma solução estoque Ca Cl<sub>2</sub> 1M. Inicialmente deve-se obter o peso molecular ( = 40 + 35,5x2 = 111g ) a partir dos pesos atômicos ( Ca = 40g, Cl = 35,5g ). Em seguida será procedida as diluições necessárias. Não esquecer de considerar a pureza do reagente. A fórmula a ser utilizada é Molaridade (M) =  $m_s / \text{MOL} \times V(L)$ .

b. Para o fósforo, potássio e sódio : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N + HCl 0,05 N

Para se preparar a solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N + HCl 0,05 N, inicialmente deve-se obter o peso molecular do HCl e do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a partir dos pesos atômicos ( H = 1g, S = 32g, O = 16g e Cl = 35,5g). Em seguida serão procedidas as diluições necessárias. Não esquecer de considerar a pureza do reagente e a densidade do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. A fórmula a ser utilizada é Molaridade (M) =  $m_s / \text{MOL} \times V(L)$  e normalidade (N) =  $m_s / \text{Eq.} \times V(L)$  .

c. Ca + Mg : Cloreto de potássio ( KCl N )

A preparação da solução de KCl N requer a princípio a obtenção do peso molecular do KCl considerando seus pesos atômicos ( K= 39,1g e Cl = 35,5g ). Não esquecer de considerar a pureza do reagente. A fórmula a ser utilizada é  $N = m / \text{Eq.} \times V(L)$ .

d. Acidez potencial ( H+Al ) : Ca ( C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub> )<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O 1N pH7,0

A princípio deve-se calcular o peso molecular utilizando os pesos atômicos (Ca= 40g, C=12g, O=16g, H=1g ). Não esquecer de considerar a pureza do reagente. A fórmula a ser utilizada é  $N = m / Eq.g \times V(L)$ .

#### 4.1.2 Da Curva-Padrão

Antes de se iniciar as determinações dos teores disponíveis dos nutrientes nos solos precisa-se estabelecer a curva –padrão, de onde será obtido o fator de cálculo. Sua determinação baseia-se em preparar soluções com níveis crescentes de um certo elemento (P, K ou Na ) e efetuar suas leituras.

##### A) PARA FÓSFORO

- a. ) Preparar uma solução estoque 100  $g \cdot L^{-1}$  de P com  $KH_2PO_4$   
( K=39,1g, H=1g, P=31g e O=16g)
- b. ) Pipetar alíquotas crescentes
- c. ) Efetuar as diluições, segundo a tabela 3.

**Tabela 3** - Curva padrão para a determinação das concentrações de fósforo no solo.

Pipetar (mL)	Diluir a ( mL )	Concentração de P ( $g \cdot mL^{-1}$ )
0,5	100	0,5
1,0	100	1,0
1,5	100	1,5
2,0	100	2,0

Fonte: Autoral.

##### B) PARA SÓDIO

- a. ) Preparar uma solução estoque 10 meq  $L^{-1}$  de Na com NaCl  
( Na=23g, Cl=35,5g)
- b. ) Pipetar alíquotas crescentes
- c. ) Efetuar as diluições, segundo Tabela 4.

**Tabela 4** - Curva padrão para a determinação das concentrações de sódio (Na) no solo.

Pipetar (mL)	Diluir a ( mL )	Concentração de Na (meq L <sup>-1</sup> )*
2	100	0.2
4	100	0.4
6	100	0.6
8	100	0.8

\* 1 meq / L = 1 cmolc dm<sup>-3</sup>.

**Fonte:** Autoral.

### C) PARA O POTÁSSIO

- a. ) Preparar uma solução estoque 100 ████ g.mL<sup>-1</sup> de K com KCl
- b. ) Pipetar alíquotas crescentes
- c. ) Efetuar as diluições, segundo tabela 05.

**Tabela 5** - Curva padrão para a determinação das concentrações de potássio (K) no solo.

Pipetar (mL)	Diluir a ( mL )	Concentração de K ( g.mL <sup>-1</sup> ) <span style="background-color: black; color: black;">████</span>
0,5	100	0,5
1,0	100	1,0
1,5	100	1,5
2,0	100	2,0

**Fonte:** Autoral.

#### 4.1.3 Outros Cálculos

- a. ) Conversão de meq / 100cm<sup>3</sup> para cmolc / dm<sup>3</sup>
- b. ) Conversão de meq / L para ppm ( mg kg<sup>-1</sup>)
- c. ) Conversão de Molaridade para Normalidade
- d. ) Cálculos de diluição : N<sub>1</sub>V<sub>1</sub> =N<sub>2</sub>V<sub>2</sub> versus método prático (direto).

## 5 METODOLOGIA NAS ANÁLISES DE SOLOS

Os métodos de análises química dos solos são descritos de forma criteriosa em inúmeras literaturas (Raij e Quaggio, 1983; Camargo et al. , 1986; Embrapa, 1997; Raij et al, 2001).

A determinação do conteúdo de matéria orgânica dos solos, apesar de sua destacada importância à fertilidade das terras e à dinâmica do estoque de carbono nos solos e ambientes, não será inserida na presente revisão. Nesta serão priorizadas análises laboratoriais de rotina, com o fim principal de subsidiar a prática da adubação química aos agricultores.

### 5.1 DETERMINAÇÃO DO PH

#### a) Objetivo

Determinação do pH de suspensão de solo com solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 M

#### b) Princípio

Medida da variação do potencial em um eletrodo de vidro com a variação da atividade hidrogeniônica da solução em que está mergulhado, usando um eletrodo de referência.

#### c) Aparelhagem

Medidor de pH provido de um eletrodo de vidro e um de referência ou um eletrodo combinado e um agitador mecânico. d) Reagentes e soluções

Soluções-tampão para pH 4,0 e pH 7,0;

Água destilada;

Solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 M : 1,47 g de  $\text{CaCl}_2$  em 1 litro de água destilada.

#### f) Procedimento

Transferir  $10 \text{ cm}^3$  de terra para um erlenmeyer ( ou copinho ). Adicionar 25mL de  $\text{CaCl}_2$  0,01 M . Agitar mecanicamente durante 15 minutos, ou com bastão de vidro por 1 minuto, esperar 30 minutos e proceder a leitura. O eletrodo de vidro deve tocar levemente o sedimento. O pH deve ser lido sem agitação, depois de atingido o equilíbrio (30 minutos). Antes das mensurações, o medidor de pH deve ser calibrado com as soluções-padrão para pH 4,0 e 7,0.

### 5.2 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ POTENCIAL ( H+AL )

- a) Objetivo : determinação da acidez potencial do solo. É medida pela quantidade de base forte necessária para elevar o pH a determinado valor ( 7,0 ).

- b) Princípio: extração da acidez com solução tamponada e titulação alcalimétrica do extrato. A acidez potencial revela a acidez total presente entre o nível inicial ( pH do solo ) e final ( 7,0 ) do pH.
- c) Aparelhagem : agitador mecânico
- d) Reagentes e soluções
- Solução de  $\text{Ca} ( \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 )_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  1N pH7,0 : dissolver 88,1g em água destilada e completar o volume a 950 mL. Filtrar com algodão e ajustar o pH entre 7,0 e 7,1 com ácido acético 2N ou  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1 N, e completar volume a 1 litro.
  - Solução alcoólica de fenolftaleína a 3% : 3g em 100mL de álcool etílico.
  - Solução de NaOH 0,1N
- e) Procedimento : pesar 5cm<sup>3</sup> de terra em erlenmeyer de 250 mL, adicionar 100mL da solução de acetato de cálcio 1N, agitar por 10 minutos e deixar em repouso por 16 horas. Filtrar, adicionar algumas gotas de fenolftaleína a 3% e titular com NaOH 0,1 N até atingir cor rosa persistente. Fazer prova em branco. f)  $\text{H} + \text{Al} ( \text{meq}/100\text{g} ) = ( \text{V}_2 - \text{V}_1 ) \times 2$

$\text{V}_2 = \text{NaOH } 0,1 \text{ N}$  gasto no extrato da terra;

$\text{V}_1 = \text{NaOH } 0,1 \text{ N}$  gasto na prova em branco.

### 5.2.1 Hidrogênio + Alumínio ( H + Al ) - Método SMP ( outro método)

- Retoma o mesmo extrato feito no pH e acrescenta 5ml da sol. padrão SMP.
- Agita-se durante aproximadamente 3'.
- Deixa repousar por 01h, procede-se à leitura
- Toma-se a leitura do pH SMP e faz a conversão para H + Al através de uma tabela.

### 5.3 DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO (P) NO SOLO

#### a) Objetivo

Determinar os teores “disponíveis” de fósforo no solo em extratos ácidos provenientes de sua extração pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$ .

#### b) Princípio

Determinação colorimétrica ou espectrofotométrica da cor azul do complexo fosfomolibdico formado entre o fosfato e o molibdato em ácido sulfúrico e reduzido com o ácido ascórbico.



## c) Aparelhagem

- Fotocolorímetro ou espectrofotômetro com transmissão máxima a 720 nm d)  
Reagentes e soluções”

- Solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N + HCl 0,05N : 2,5 mL de HCl + 3,45mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  / 5 litros de água destilada.

- Solução de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  : 0,4393 g / 1 litro de água destilada ( 100 mg/L). Ver curvapadrão para o fósforo.

- Solução sulfo-bismuto-molibdica :

A) 75 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluídos em 200mL de água destilada. Esfriar e adicionar 1g de subcarbonato de bismuto.

B) 10g de molibdato de amônio dissolvidos em 150 mL de água destilada. Esperar esfriar.

- As soluções A e B devem ser preparadas separadamente.

- Misturar A e B e completar o volume a 500 mL com água destilada.

- Ácido ascórbico a 1 % : 1 g / 100mL com água destilada

e) Procedimento : preparar inicialmente a curva-padrão ( 0,5 – 1,0 – 1,5 – 2,0 mg/L ) como descrito na parte de cálculos. Seguir as etapas abaixo.

- pipetar em tubo de ensaio 5ml de cada padrão em seu respectivo tubo de ensaio;

- adicionar a cada um: 0,5ml da sol. sulfo-bismuto-molibdico;

- acrescentar 0,5ml da sol. ácido ascórbico 1%;

- determinar a curva padrão procedendo à leitura por colorimetria.

– Determinação da concentração de P no solo.

- Coloca-se 10cm<sup>3</sup> da amostra de solo em erlenmeyer de 125, juntamente com 100 mL da solução ( HCl 0,05N +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N );

- Agitar durante 5’

- Filtrar

- Pipetar, de cada amostra, 5ml do líquido extraído e colocar em tubo de ensaio;

- Acrescentar 0,5ml da sol. sulfo-bismuto-molibdico

- Acrescentar 0,5ml da sol. ácido ascórbico 1%;

- Proceder à leitura de transmitância em colorímetro fotoelétrico, diluindo se necessário;

- Converter para absorbância através de tabela de conversão ou pela fórmula  $A = 2 - \log(T)$ .

#### 5.4 DETERMINAÇÃO DE POTÁSSIO (K) NO SOLO

- a. ) Objetivo: determinação dos teores trocáveis de K do solo em extrato ácido.
- b. ) Princípio : extração do K trocável com solução ácida ( Mehlich ) e determinação dos seus teores no extrato.
- c. ) Aparelhagem : fotômetro de chama e agitador mecânico.
- d. ) Procedimento
  - Coloca-se 10cm<sup>3</sup> da amostra de solo em erlenmeyer de 125, juntamente com 100 mL da solução ( HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N );
  - Agitar durante 5' no agitador mecânico
  - Filtrar
  - Determinar a curva-padrão : ( 0,5 – 1,0 – 1,5 – 2,0 mg/L de K )
  - Fazer a leitura no fotômetro de chama, diluindo se necessário.

#### 5.5 DETERMINAÇÃO DE CÁLCIO (CA) E MAGNÉSIO (MG) NO SOLO

- a. ) Objetivo : extração e determinação de Ca e Mg.
- b. ) Princípio : extração do Ca e Mg trocáveis com solução de sal neutro ( KCl N ) e determinação dos seus teores no extrato.
- c. ) Aparelhagem : agitador mecânico
- d. ) Reagentes e soluções
  - Para Ca+Mg:
    - KCl 1N                      74,56 g de Cloreto de potássio dissolvido em 1litro de água dest.
    - Coquetel                    600mL de solução tampão
    - 300mL de trietanolamina
    - 100mL da solução de cianeto de potássio a 10%
  - Solução tampão            coloca-se nesta ordem :
    - 7,5 g de Cloreto de Amônio
    - cerca de 150mL de água destilada e agita p/ dissolver
    - 100ml de Hidróxido de Amônio
    - 0,616 g de sulfato de magnésio
    - 0,93 g de EDTA
    - completar o volume p/ um litro com água dest.

- Cianeto de Potássio a 10%                      10g de cianeto de potássio dissolvidos em 100mL de água destilada.
- Ácido ascórbico
- EDTA 0,025N :                      Diluir 250ml da solução EDTA 0,1N p/ 1 litro c/ água destilada.
- EDTA 0,1N :                          Dissolver 18,6126g de EDTA em 1 litro de água destilada.
- Eriochrome Black – T :              0,2 g do eriochrome black-T dissolvido em 50ml de álcool metílico contendo 16g de bórax ( tetraborato de sódio ) por litro
- Sol. de metanol c/ bórax : 1 g de bórax dissolvido em 62,5 mL de metanol

Para o Cálcio :

- KCl 1N : 74,56 g de Cloreto de potássio dissolvido em 1litro de água destilada
- Hidróxido de Sódio 40% : 40 g de Hidróxido de sódio dissolvido em 100ml de água destilada
- Trietanolamina
- Murexida 1% : 1g de murexida dissolvido em 100mL de água destilada - EDTA 0,025N  
Descrito acima

e. ) Procedimento :

**d.1 ) Cálcio + Magnésio ( Ca + Mg )**

- Coloca 10cm<sup>3</sup> da amostra em erlenmeyer de 125, juntamente com 100mL da sol. de KCl 1N;
- Agitar durante 5’;
- Deixar repousar até sedimentar e depois coletar o líquido sobrenadante;
- Toma-se 25mL da solução coletada, em recipiente para proceder a titulação;
- Acrescenta-se à solução 4ml de coquetel;
- Adicionar 01 pitada de ácido ascórbico;
- Adicionar 03 gotas de eriochrome black-T;
- Titular com EDTA )0,025 N ( a viragem se dá do róseo para o azul )

**d.2 ) Cálcio ( Ca ) no solo.**

- Coloca 10cm<sup>3</sup> da amostra em erlenmeyer de 125, juntamente com 100mL da sol. de KCl 1N;

- Agitar durante 5’;
- Deixar repousar até sedimentar e depois coletar o líquido sobrenadante;
- Toma-se 25mL da solução coletada, em recipiente para proceder a titulação;
- Acrescentar 3mL da solução NaOH 40%;
- 01 mL de trietanolamina;
- 02 gotas de murexida 1%;
- Titular com EDTA 0,025 N ( a viragem se dá do róseo para o roxo ) OBS: Para obter a concentração de Mg, subtrai-se o Ca do Ca +Mg.

## 5.6 DETERMINAÇÃO DE SÓDIO (NA) NO SOLO

A determinação dos teores de sódio indicam o grau de salinidade dos solos e subsidiam projetos de irrigação (Bernardo, 1982) e teores de sais solúveis nos solos ( Rhodes, 1982). Métodos de extrações em solos alcalinos são citados em Soltanpour (1977). a. Objetivo: extração e determinação de Na.

b. Princípio: extração do Na trocável com solução ácida e determinação dos seus teores no extrato.

c. Aparelhagem: fotômetro de chama e agitador mecânico

d. Procedimento:

- Coloca-se 10cm<sup>3</sup> da amostra de solo em erlenmeyer de 125, juntamente com 100 mL da solução ( HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N );
  - Agitar durante 5’ no agitador mecânico
  - Filtrar
  - Determinação da curva padrão ( 0,2 0,4 0,6 0,8 ) meq / L
  - Fazer a leitura no fotômetro de chama, diluindo se necessário
- Análises químicas adicionais dos solos, como a determinação dos micronutrientes Fe, Cu, Mn, Zn e Mo, são descritos em literaturas específicas (Lindsay e Norvell, 1978; Santos, 1988).

## 6 O LAUDO TÉCNICO

Após a obtenção do pH e dos teores das bases trocáveis cálcio, magnésio, potássio e sódio e da acidez potencial do solo (H+Al), calcula-se os valores da soma de bases ( $SB = Ca + Mg + Na + K$ ), e da capacidade de troca de cátions ( $CTC = SB + H+Al$ ), e finalmente a saturação por bases do solo ( $\% V = SB/CTC \times 100$ ). Os teores disponíveis de fósforo no solo também representa um atributo de extrema importância do solo.

### 6.1 INTERPRETAÇÃO

A interpretação dos resultados são feitos tomando como referência tabelas que indicam os intervalos com a respectiva classificação.

A interpretação dos resultados das análises de solos é realizada por intervalos, considerando os valores apresentados nas tabelas: pH (tabela 6), fósforo (tabela 07), potássio (tabela 8), cálcio e magnésio (tabela 9) e H+Al (tabela 10). A interpretação dos resultados de análises de solos é dada em Vitti (1989).

**Tabela 6** - Interpretação da acidez do solo segundo o pH em  $CaCl_2$  0,01M.

Acidez	pH
Muito alta	< 4,3
Alta	4,4 a 5,0
Média	5,1 a 5,5
Baixa	5,6 a 6,0
Muito baixa	6,1 a 7,0
Neutro	7,0
Alcalino	> 7,0

Fonte: Autoral.

**Tabela 7** - Interpretação das doses de P extraível do solo.

Fósforo	Níveis ( mg / dm <sup>3</sup> de P )
Alta	0
Média	10 – 20
Baixa	0

Fonte: Autoral.

**Tabela 8** - Interpretação das doses de K extraível do solo.

Potássio	Níveis ( mg / dm <sup>3</sup> de K )
Baixa	0 – 45
Média	46 – 90
Alta	■ 0

Fonte: Autoral.

**Tabela 9** - Interpretação das doses de Ca e Mg extraível do solo.

Classificação	Bases (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Níveis
Baixo	Ca	< 2,0
	Mg	< 0,4
Médio	Ca	2,0 – 4,0
	Mg	0,4 – 0,8
Alto	Ca	> 4,0
	Mg	0,8

Fonte: Autoral.

**Tabela 10** - Interpretação das doses de H + Al extraível do solo.

Níveis	H + Al <sup>3+</sup> ( cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Baixa	< 3,0
Média	3,0 – 5,5
Alta	> 5,5

Fonte: Autoral.

## 6.2 SUGESTÃO DE ADUBAÇÃO

Avaliando os resultados obtidos e utilizando um manual de recomendação de adubação são dadas as sugestões de adubação em N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. É necessário efetuar a conversão para fertilizantes comerciais, tais como, sulfato de amônio (20 % N), uréia (45% N), superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O), etc. Por exemplo, caso a análise de solo revele os seguintes resultados: pH=6,5 , P=10 mg kg<sup>-1</sup>, Ca=4,0 Mg=2,2 K=0,2 e H+Al=2,7 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Considerando a Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco, em Fernandes et al. (1993) e Cavalcanti et al.(2008), a sugestão de adubação para a cultura da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.)), para o plantio e a partir do segundo ano, será 60 kg

ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, valores que correspondem a 333 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples e a 50 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio.

As sugestões de adubação para o estado da Paraíba são citadas em (Sales et al. (1979).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Ciência do Solo, dentre as leis da fertilidade, destaca-se a da restituição, segundo a qual os nutrientes absorvidos pelas plantas, ao longo dos cultivos, devem ser restituídos ao solo. Esse contexto consolida a importância da condução de um programa periódico de análise química dos solos.

Na presente revisão de literatura destacaram-se os procedimentos e cuidados que devem ser considerados durante a caracterização da fertilidade das terras. Inicialmente foram descritas as técnicas empregadas durante a amostragem dos solos, etapa na qual se reitera que, apesar de ser uma etapa aparentemente simples, é preciso que se tenha uma atenção especial, evitando-se erros, pois a não representatividade das amostras de solo durante a coleta compromete todas as etapas posteriores.

O domínio da fundamentação teórica dos métodos de análise instrumental é imprescindível à condução das atividades laboratoriais. Os princípios da titulometria, colorimetria, potenciometria, condutometria e fotometria de chama, e também os cálculos para o preparo de soluções são informações teóricas intrínsecas à realização e compreensão das especificidades dos procedimentos analíticos e a otimização dos processos de determinações químicas nos solos.

Quanto às metodologias empregadas, foram descritas informações de inúmeras literaturas, de forma bastante precisas. Tratou-se dos cuidados que devem ser observados, são referentes ao uso dos reagentes, na data de validade, vidrarias adequadas, água deionizada na extração e no preparo das soluções, determinação de curvas-padrões com alta correlação, calibração e manutenção dos equipamentos. Reforçou-se que esforços adicionais devem ser feitos para a aquisição de equipamentos mais modernos de maior precisão.

Por fim, ponderou-se que a emissão do laudo técnico e a consequente recomendação de adubação são objetivos fins da análise química da fertilidade dos solos. Nessa etapa os resultados das análises são utilizados para obter a sugestão de adubação, e a partir dessa determina-se as doses de fertilizantes correspondentes descritas nos boletins de recomendação de adubação para a cultura de interesse. Não é prática comum o laboratório apresentar a quantidade dos adubos comerciais a serem utilizados no laudo. Desse modo os agricultores devem ter à disposição, técnicos de extensão habilitados, à efetuarem a conversão das formas N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em fertilizantes comerciais.

Considerando que os agricultores nem sempre tem acesso às informações sobre a análise do solo para manutenção da fertilidade e qualidade, além da impossibilidade de



interpretá-las, esse trabalho espera contribuir com a geração de informações que façam essa aproximação, gerando um produto que seja de fácil entendimento, *a posteriori*, e que seja compartilhado nos conselhos e associações. Dessa forma, o presente trabalho representa uma proposta enriquecedora, uma vez que atenderá diretamente os questionamentos do agricultor, constantemente sujeito a indagações no cotidiano de seu contato com a terra.

## REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 2. ed. Universidade Federal de Viçosa. 1982. 463 p.
- BOARETTO, A.E.; CHITOLINA, J.C.; CRUZ, A.P. **Fundamentos para Amostragem de Solo**. In: BÜLL, L. T.; ROSOLEM, C.A. (eds.) *Interpretação de Análise Química de Solo e Planta Para Fins de Adubação*. Botucatu: FEPAF, 1989 p. 1-36.
- CAMARGO, O. A. M; MONIZ, A. C., JORGE, J. A. e VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica, e Física de Solos**. Campinas: Instituto Agronômico de Campina. 1986. 94p. (Boletim Técnico N° 106)
- CAVALCANTI, F.J.A. (ed). **Recomendações de Adubação e Calagem para Estado do Pernambuco**. 2ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do estado do Pernambuco. 3 ed. Recife: IPA. 2008. 212p.
- CHITOLINA, J. C. **Contribuição de alguns fatores nos resultados da análise química de terra e seus efeitos nas recomendações de adubação e calagem**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1982, 200p.
- COOPER, H.M. **Scientific guidelines for conducting integrative research reviews**. Review of Educational Research, v.52, n.2, p. 291-302. 1982
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2 ed., Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documento 1)
- EWING, G. W. **Métodos Instrumentais de Análises Químicas**. Trad. Aurora G. Albanese e Joaquim T. de S. Campos., v. 1, Editora. Edgard Blucher, São Paulo,1972. 296p.
- FERNANDES, V.L.B. (Coord.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1993. 248p.
- FONSECA, M. R. M. QUÍMICA: **Físico-química**. São Paulo, FTD, 1992, 273p.
- GUIMARÃES, G. de A.; BASTOS, J.B.; LOPES, E, de C. **Métodos de análises física, química e instrumental de solos**. IPEAN. Belém-PA. 1970. 112p.
- LINDSAY, W. L. e NORVELL. W. A. **Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper**. Soil Society American Journal. v. 42. p.421-428. 1978.
- PECK, T. R.; MELSTED, S. W. **Field sampling for soil testing**. In: WALSH. L. M.; BEATON. J. D. (eds.). *Soil Testing and Plant Analysis*. Madison. Soil Science Society of America. p. 67-76. 1973.
- RAIJ. B. Van e QUAGGIO, J. A. **Métodos de Análise de Solo Para Fins de Fertilidade**. Campinas. Instituto Agronômico. 1983. 31p. (Instituto Agronômico de Campina – Boletim Técnico. 81)
- RAIJ. B. Van: ANDRADE. J. C. de: CANTARELLA. H. e QUAGGIO. J. A. **Análise Química para a Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas. Instituto Agronômico. 2001. 285p.

- RHOADES, J. D. Soluble Salts. In: DINAUER, R. C. (Ed.). **Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and microbiological properties**. Madison: American Society of Agronomy. 1982. P167-179.
- RODELLA, A. A.; LAVORENT. A. **Revisão Geral Sobre Conceitos Básicos em Química**. Universidade de São Paulo. Campus de Piracicaba. Departamento de Química. Piracicaba. São Paulo. 1991. 66p.
- SALES, F. de.; PINTO, M.; BIRBAUMER, G. (Coord). **Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba 1ª aproximação**. EMATER. João Pessoa. 1979. 105p.
- SANTOS, R. V. dos. **Efeito do molibdênio na disponibilidade de fósforo e enxofre e na fixação simbiótica de N<sub>2</sub> em soja (*Glicine max* (L.) (Merrill))**. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura). Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo Piracicaba. 1988.
- SANTOS, R.V. dos. **Correção de um solo salino-sódico e absorção de nutrientes pelo feijoeiro vigna (*Vigna unguiculata* (L.) WALP)**. Tese (Doutorado em Agronomia). Piracicaba: ESALQ. 1995. 120p.
- SILVA, N. R.; COMIN, J.J; **Etnopedologia e Qualidade do Solo no Assentamento Roseli Nunes**. Piraí-RJ. Dissertação (Mestrado), UFSC. Florianópolis. 2011.
- SOLTANPOUR, P. N. e SHWAB. A. P. **A new soil test for siltaneous extraction of macro-and micro-nutrients in alkaline solis**. Communication in Soil Sciences and Plant Analysis. v.8 n. 3p. 195-207. 1977.
- TOMÉ JR, J.B. **Manual para interpretação de análise de Solo**. Guaíba: Livraria Agropecuária. 1977. 247p.
- TRANI, P. E. **Análise de Solo**. Garantia de boa safra. Casa da Agricultura. v. 8. p. 6-11. 1986.
- VITTI, G. C. **Avaliação e Interpretação do Enxofre no Solo e na Planta**. Universidade do Estado de São Paulo. Jaboticabal, São Paulo. 1989. 36p.
- VOGEL, A. I. **Química Analítica Cuantitativa: Teoria y Prática**. Colecion Universitaria. Volume I, editorial Kapelusz, Buenos Aires. 1960. 812p.
- WATANABE, A.M., BESSA, L.P.D, MARTINS, T.G.M., et al. **Por que fazer análise de solo?**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Projeto Solo Planta, 2002. (Folder).