

## Coeficientes de variação em análises químicas de solos da região de Patos de Minas-MG

### Coefficients of variation in chemical analyses of soils in Patos de Minas-MG

*Cristiano Gonçalves Caixeta<sup>1</sup>, Vinicius José Ribeiro<sup>1</sup>, Lucas Ferreira de Souza<sup>1</sup>,  
Fernanda Caixeta Barcelos<sup>1</sup>, Kerley Carneiro Regis<sup>2</sup>, Pedro Herinque Vieira<sup>3</sup>,  
Aline Cristine Ordane de Melo<sup>3</sup>, Carlos Henrique Eiterer de Souza<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)

<sup>2</sup> Pós-graduando em Manejo da Fertilidade do solo no Cerrado do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Química do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)

<sup>4</sup> Professor do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

e-mail: carloshenrique@unipam.edu.br

---

**Resumo:** A análise química do solo é o método quantitativo mais utilizado para avaliação da fertilidade e base para recomendação de corretivos e fertilizantes. Desse modo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a repetibilidade dos resultados de análises químicas de amostras de solo coletadas na região de Patos de Minas, em Minas Gerais. O delineamento experimental utilizado foi o DIC, com 10 amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm em solos da região de Patos de Minas, analisadas em laboratório cinco vezes (cinco repetições). O experimento foi conduzido no laboratório de análises de fertilidade do solo do UNIPAM (CeFert), localizado no campus do Centro Universitário de Patos Minas, em Minas Gerais. Em média os resultados obtidos conferiram aos solos alta fertilidade natural; entretanto, as determinações laboratoriais apresentaram alta repetibilidade assegurando confiabilidade dos resultados, exceto na determinação de K disponível.

**Palavras-chave:** análise química, coeficientes de variação, amostra de solo.

**Abstract:** The chemical analysis of soil is the most widely used quantitative method for evaluation of fertility and basis for recommendation of corrective and fertilizer. Thus, this study aimed to assess the repeatability of the results of chemical analysis of soil samples collected in the Patos de Minas, Minas Gerais. The experimental design was randomized with 10 samples collected at a depth of 0 to 20 cm in soils of Patos de Minas laboratory, analyzed five times (five repetitions). The experiment was conducted in the laboratory analysis of soil fertility of Unipam (CeFert), located at the campus of Centro Universitário de Patos de Minas, in Minas Gerais. On average the results obtained gave high fertility soils, however, laboratory tests showed high repeatability ensuring reliability of results, except for the determination of K available.

**Key-words:** chemical analysis, coefficients of variation, the soil sample.

## Introdução

O solo que utilizamos é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas. São também tridimensionais, dinâmicos e formados por materiais minerais e orgânicos, ocupando a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta. Além do mais contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem (EMBRAPA SOLOS, 1999).

Conforme Vieira (1983), a compreensão dos fenômenos que regem a relação solo-planta tem sido uma preocupação que se perde com os tempos dentro da história, a partir do momento em que o homem se interessou pelo cultivo das plantas. A terra era vista, desse modo, como algo onde ele poderia plantar a semente que, em condições favoráveis, produziria alimentos de acordo com a sua produtividade.

Segundo Novais *et al.* (2007), para a planta, o solo atua como principal fonte de nutrientes minerais, e no caso de haver deficiência de algum desses, a produtividade deve ser viabilizada pela fertilização do solo.

Nesse sentido a realização da análise de solos é indispensável para que o produtor tenha conhecimento da riqueza ou pobreza da fertilidade de suas terras, o que é fundamental para que elas sejam bem manejadas. Esse fator torna-se imprescindível para o sucesso dos empreendimentos agrícolas, pecuários e florestais.

A avaliação da fertilidade de um solo é o primeiro passo para a definição das medidas necessárias para a correção e a adubação das áreas agrícolas. Um dos métodos quantitativos mais utilizados para diagnosticar a fertilidade do solo é a análise química (RAIJ *et al.*, 1985), já que a mesma oferece as seguintes vantagens: baixo custo operacional das análises, disponibilidade de laboratórios, rapidez na obtenção e na entrega dos resultados e possibilidade de planejar a recomendação e aplicação de doses de adubos e corretivos antes da implantação da cultura (EMBRAPA, 2009).

Para que os objetivos da fertilidade de uma área agrícola sejam atingidos, é necessária a realização de atividades que vão desde a amostragem do solo até a recomendação do corretivo ou fertilizante. De fato, correspondem às seguintes etapas: amostragem do solo, envio ao laboratório, preparo das amostras e análise química (extração e quantificação dos nutrientes), interpretação dos resultados das análises, recomendação propriamente dita e confirmação de procedimentos (CHITOLINA, 1982; BOARETTO *et al.*, 1988).

Preconiza-se que laboratórios sigam normas e metodologias a fim de garantir resultados confiáveis do ponto de vista químico e agrônomo. Nesse sentido o presente trabalho teve por objetivo avaliar a repetibilidade dos resultados de análises químicas de amostras de solo coletadas na região de Patos de Minas, região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de análises de fertilidade do solo do UNIPAM (CeFert), localizado no campus do Centro Universitário de Patos Minas, em

Minas Gerais, com amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm em 10 solos da região de Patos de Minas.

Os métodos de análise laboratorial, bem como os extratores, para a determinação dos atributos químicos do solo, seguiram as recomendações descritas no Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes da Embrapa (2009).

Depois de coletadas, as amostras dos solos foram destorroadas, homogeneizadas, secas ao ar e peneiradas em malha de 2,00 mm de abertura (ABNT-8), a fim de se obter a terra fina seca ao ar (TFSA) utilizada como amostra padrão para análise.

Em todos os experimentos foi usada a mesma sistemática de tratamentos, e de cada amostra de solo foram realizadas análises para caracterização química dos solos, determinando os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  trocáveis; matéria orgânica total (MOS) por titulometria; P e K assimilável por Mehlich-1, acidez potencial e pH em água, seguindo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997), constituídas em cinco repetições. Desta forma o delineamento experimental adotado foi em DIC com 10 tratamentos em cinco repetições.

Ao final, os resultados de cada determinação dentro de cada tratamento (amostra de solo) foram submetidos a análises a partir do desvio padrão em torno da média das cinco repetições, a fim de aferir a precisão das análises obtidas.

## Resultados e discussão

As determinações químicas das amostras de solo apresentaram, segundo a CFSEMG (1999), altos valores de pH,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis e K disponível, excluindo-se a amostra 10 que apresentou média de pH em água de 4,96, e teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  de 0,64 e 0,52  $\text{cmolc dm}^{-3}$ , respectivamente (Tabela 1). Em média os resultados de  $\text{Al}^{3+}$  foram considerados baixos nas amostras de 1 a 5, e 10; e altos nas amostras de 6 a 9, enquanto para os valores de acidez potencial (H + Al) as médias das amostras variaram de muito baixo (1, 4 e 9), médios (2 e 3) e altos (5 a 8, 10).

Para determinação de  $\text{Ca}^{2+}$  foi utilizado o método complexométrico com emprego de EDTA e ácido Calcon Carbônico, conforme metodologia proposta por EMBRAPA (2009). Esse método apresenta baixo custo de implantação e fácil execução. Porém essa metodologia trabalha com titulação e, no caso do laboratório ter um volume grande de amostras, será necessária maior demanda de mão de obra. Deve-se também ter cuidado com a qualidade dos reagentes e na padronização da solução de titulação, pois esses podem interferir no ponto de viragem da solução e comprometer o resultado final da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  na amostra.

A maioria dos laboratórios de análise química de solo tem trabalhado para determinação  $\text{Ca}^{2+}$ , utilizando o emprego do método de espectrofotometria de absorção atômica (EAA), que apresenta maior rapidez na execução, menor demanda de mão de obra e maior precisão dos resultados, devido à sensibilidade do aparelho. As desvantagens desse método se devem ao seu elevado custo de implantação e manutenção, à necessidade de mão de obra especializada e ao uso de curvas de calibração com con-

centrações de  $\text{Ca}^{2+}$  previamente estabelecidas de modo a se obter a máxima linearidade de reposta do aparelho.

**Tabela 1.** Resultados médios das análises químicas de amostras de 10 solos coletados na região de Patos de Minas, Minas Gerais. Patos de Minas, UNIPAM, 2009.

Amostra	pH	P-Meh	K	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	(H+Al)	M.O.
	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{mg dm}^{-3}$			$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$			$\text{dag dm}^{-3}$
Amostra 1	7,58	140,2	734,11	9,88	4,14	0,0	0,9	9,80
Amostra 2	5,94	5,85	346,41	7,42	3,2	0,18	3,16	3,82
Amostra 3	6,3	0,17	194,74	15,96	3,18	0,12	2,7	1,67
Amostra 4	6,76	8,95	143,43	15,38	4,14	0,02	0,96	1,10
Amostra 5	5,5	3,26	221,12	7,54	2,6	1,34	5,32	3,48
Amostra 6	5,08	4,79	350,63	4,88	5,22	5,38	8,06	3,05
Amostra 7	5,62	5,30	322,21	8,02	6,78	5,02	7,0	3,19
Amostra 8	5,4	24,00	233,62	11,72	7,06	5,68	8,42	2,45
Amostra 9	7,96	41,68	194,96	23,84	6,42	3,52	0,66	2,45
Amostra 10	4,96	1,43	32,848	0,64	0,52	1,12	5,68	4,05

pH em água, K e P-assimilável por Mehlich-1, teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial, matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia Embrapa (1997).

Segundo a metodologia da Embrapa (2009), a determinação da matéria orgânica em solos baseia-se na reação de oxidação do carbono orgânico por íons de dicromato em meio fortemente ácido. Em amostras que exigem maior precisão, a determinação da quantidade de íons de Cromo ( $\text{Cr}^{3+}$ ) reduzidos é feita indiretamente, por titulação dos íons dicromato em excesso, com íons de  $\text{Fe}^{2+}$ . Entretanto, o título da solução (sulfato ferroso amoniacal) deve ser aferido ao se processar cada bateria de amostras. Além disso, em laboratórios que manuseiam grande número de amostras, seu uso torna-se mais restrito por causa do tempo gasto nas titulações.

Alternativamente, pode-se determinar diretamente a quantidade de íons reduzidos de  $\text{Cr}^{3+}$  por calorimetria, medindo a intensidade da cor esverdeada produzida por esses íons em solução. Essa metodologia de determinação, normalmente usada em rotina, requer a montagem de uma curva padrão de calibração através do teor de matéria orgânica em uma série de amostras de solos determinadas por titulação (EMBRAPA, 2009).

Os processos analíticos utilizados no laboratório apresentaram alto índice de convalidação, uma vez que os valores médios observados para o desvio padrão das

determinações de pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> trocáveis, (H+Al) e M.O. foram inferiores a 1% (Quadro 2). No entanto, a análise de K apresentou baixo índice de repetibilidade, em que algumas amostras apresentaram desvio padrão superior a 100% (1, 2, 6, 7 e 9). Desta forma os resultados podem orientar a verificação dos processos envolvidos na determinação de K disponível.

Segundo Defilipo e Ribeiro (1997), o potássio (K<sup>+</sup>) é determinado pelo método direto no fotômetro de chama com a alíquota retirada da extração com Mehlich-1. A leitura do teor de potássio das amostras de solo ocorre após a seleção do filtro para potássio no fotômetro de chama, a aferição do aparelho com extrator Mehlich-1 no ponto "0" e a calibração com uma curva padrão com diferentes concentrações de K<sup>+</sup> previamente estabelecida.

Solos sob cerrado apresentam, em média, teores de fósforo disponível por volta de 1,0 mg dm<sup>-3</sup> de P (NOVAIS e SMYTH, 1999), o que foi observado somente nas amostras 3 e 10 (Tabela 1). A região de Patos de Minas, no estado de Minas Gerais, é conhecida como contendo solos com altos teores de P, comprovados pelos valores obtidos nas amostras 8 e 9, com 24,00 e 41,00 mg dm<sup>-3</sup> de P, e na amostra 1, que apresentou 140 mg dm<sup>-3</sup> de P extraído por Melich-1.

Como todas as amostras foram coletadas em áreas em que não há uso agropecuário, os valores obtidos são reais e não influenciados por prática de uso e manejo dos solos. Sendo assim, a amostra 1 (tabela 1) se apresenta como um solo de alta fertilidade natural com o menor teor de Al<sup>3+</sup> tóxico trocável (0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e os maiores teores de P disponível (140,2 mg dm<sup>-3</sup>), K<sup>+</sup> (734,11 mg dm<sup>-3</sup>) e MO (9,80 dag dm<sup>-3</sup>). Apesar disso, o pH (7,58) apresenta classificação agrônômica como muito alto (CFSEMG, 1999), e sabe-se que nessa faixa de pH, a disponibilidade de micronutrientes requeridos pelas plantas fica comprometida. A fertilidade natural desse solo pode ser atribuída ao elevado teor de matéria orgânica ou da composição do material de origem.

O fósforo é o nutriente cuja quantificação em análises química de fertilidade do solo sofre variações de acordo com a localidade do laboratório. Regiões como São Paulo e Paraná utilizam metodologia para P-disponível em resina de troca aniônica (RTA). Já no estado de Minas Gerais, parte do Centro-oeste e Nordeste brasileiro, os laboratórios utilizam extrator Mehlich-1, o mesmo utilizado para as determinações no presente trabalho. Desta forma, os valores de P disponível tendem a apresentar alguma variabilidade.

O Mehlich-1 é um extrator ácido composto pelo ácido clorídrico a 0,05 mol L<sup>-1</sup> e ácido sulfúrico a 0,0125 mol L<sup>-1</sup>, sendo utilizado nas análises de fósforo, potássio e micronutrientes. Segundo Kamprath e Watson (1980), o extrator de Mehlich-1, ainda o mais usado no Brasil, é recomendado para solos ácidos, de baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e com predominância de caolinita e sesquióxidos na fração argila.

Nas amostras 1, 4 e 9, os valores de desvio padrão para P disponível foram superiores a 25%, sendo na amostra 8 de 48% (Tabela 2). Contudo na maior parte dos solos analisados o desvio padrão para determinação de P disponível foi inferior a 5%, conferindo seguridade à determinação laboratorial.

As amostras 8 e 9 apresentaram desvio padrão superior a 40% para P-assimilável por Mehlich-1. Para Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> o desvio padrão foi maior que 8%,

3% e 4% respectivamente (Tabela 2). Estes valores de desvio padrão citados para esses nutrientes são os maiores encontrados em todas as amostras.

**Tabela 2.** Valores de desvio padrão dos resultados de análises químicas de amostras de 10 solos coletados na região de Patos de Minas, Minas Gerais. Patos de Minas, UNIPAM, 2009.

Amostra	pH	P-Meh	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	M.O.
	%							
Amostra 1	0,29	26,43	181,45	2,48	2,50	0,00	0,84	0,84
Amostra 2	0,11	4,34	132,62	0,86	0,38	0,11	0,65	0,83
Amostra 3	0,24	0,29	84,022	3,13	1,57	0,04	1,10	0,97
Amostra 4	0,08	5,39	46,344	1,35	1,24	0,04	0,61	0,97
Amostra 5	0,33	1,51	85,497	0,56	1,49	0,65	0,66	1,38
Amostra 6	0,21	1,14	157,21	0,49	1,09	2,24	0,92	0,86
Amostra 7	0,26	3,79	145,46	1,67	1,93	2,05	0,63	0,64
Amostra 8	0,22	48,09	92,173	10,00	3,43	4,38	0,88	0,77
Amostra 9	0,43	40,81	100,73	8,21	13,52	4,83	0,66	0,70
Amostra 10	0,36	0,66	21,801	0,11	0,34	0,51	0,66	0,70

As amostras de solo, na determinação da análise física textural, apresentaram segundo a CFSEMG (1999), classificação de textura argilosa para as amostras 1, 5, 6, 7 e 8, muito argilosa (3 e 10) e média (2 e 9) (Tabela 3). Já a amostra 4 apresenta a classificação de textura siltosa.

**Tabela 3** – Resultados médios das análises físicas texturais de amostras de 10 solos coletados na região de Patos de Minas, Minas Gerais. Patos de Minas, UNIPAM, 2009.

Amostras	Argila	Silte	Areia	*Classificação textural
	g Kg <sup>-1</sup>			
Amostra 1	400,0	310,0	290,0	Argiloso
Amostra 2	330,0	335,0	335,0	Média
Amostra 3	640,0	95,0	265,0	Muito argiloso
Amostra 4	85,0	615,0	300,0	Siltoso
Amostra 5	425,0	115,0	460,0	Argiloso
Amostra 6	500,0	135,0	365,0	Argiloso
Amostra 7	600,0	295,0	105,0	Argiloso
Amostra 8	600,0	280,0	120,0	Argiloso
Amostra 9	300,0	310,0	390,0	Média
Amostra 10	845,0	25,0	130,0	Muito argiloso

Teores de argila, silte e areia determinados segundo metodologia proposta por Embrapa (1997)

\* Classificação textural segundo triangulo textural, CFSEMG (1999)

Sendo assim, a textura do solo torna-se importante para a identificação e distinção de classes de solos, bem como para auxiliar nas interpretações para fins de manejo agrícola das terras, obras de engenharia e geotécnica. A conjugação da textura com outras propriedades e características do solo, sobretudo composição mineralógica das argilas e conteúdo de matéria orgânica, estão intimamente relacionadas à estrutura, consistência, permeabilidade, capacidade de troca de cátions, retenção de água e fixação do fósforo (NASCIMENTO *et al.*, 2003).

## Conclusões

1. Em média os resultados obtidos conferiram aos solos alta fertilidade natural;
2. As determinações laboratoriais apresentaram alta repetibilidade, assegurando confiabilidade dos resultados, exceto na determinação de K disponível.

## Agradecimentos

Ao professor Carlos Henrique Eiterer de Souza e a todos os estagiários do laboratório de análises de fertilidade do solo do UNIPAM (CeFert).

## Referências

BOARETO, A.C.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M. Determinação estatística do número de amostras simples de solo por área para avaliação de sua fertilidade. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 21, n. 114, p. 142-147, 1974.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**, in: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.) Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

CHITOLINA, J. C. **Contribuição de alguns fatores nos resultados da análise química de terra e seus efeitos nas recomendações de adubação e calagem**. 1982. 200 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

DEFILIPPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise Química do Solo (Metodologia)** – Boletim de Extensão. 2 ed. Viçosa, 1997. 26 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação do solo**. Brasília: Embrapa Produção de Informação/ Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

KAMPRATH, E.J.; WATSON, M.E. Conventional soil and tissue tests for assessing the phosphorus status of soils, in: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, B.C.; KAMPRATH, E.J. (ed.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1980, cap.16, p .433-470.

**MANUAL DE ANÁLISES químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Editor técnico, Fábio Cesar da Silva. 2 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

NASCIMENTO, G. B.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; SOARES, E. D. R.; SOUZA, M. R. P. F. Determinação da classe textural de amostras de terra através de planilha eletrônica. **Rev. Univ. Rural**. Seropédica, v. 23, n.1, p. 27-30, 2003.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R. F., SMYTH, T. J., NUNES, F. N. “Fósforo”, in: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V. H., BARROS, N. F., FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B., NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

RAIJ, B. V.; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. **Recomendação de adubação e calagem para o**



**Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agronômico, 1985. 107 p. (Instituto Agronômico. Boletim técnico, 100).

VEIRA, L. S. **Manual de Morfologia e Classificação de Solos.** 2 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1983.