

## Espectroscopia NIR na predição de atributos físico-químicos em solos de grande ocorrência no Brasil

### NIR spectroscopy in the prediction of physical-chemical attributes in great occurrence soils in Brazil

Thais de Lourdes Soares<sup>1</sup>, Marieli Adão de Brito<sup>2</sup>, Larissa Macedo dos Santos Tonial<sup>3</sup>

#### RESUMO

Durante anos, os laboratórios têm exercido uma influência significativa na tomada de decisões em diversas áreas do conhecimento. Estas baseiam-se em análises as quais na maioria das vezes são realizadas em laboratório, envolvendo reações químicas, reagentes e tempo considerável. De modo geral, seguem modelos acreditados e validados nacional ou internacionalmente para garantir resultados confiáveis. Apesar de sua precisão, são notoriamente lentas, limitando a quantidade de análises possíveis em um período. Além disso, a compra regular de reagentes gera resíduos e requer descarte adequado. O objetivo desta pesquisa é obter dados os quais possam subsidiar a obtenção de resultados confiáveis para a determinação de parâmetros químicos de forma rápida e sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** latossolo; matéria orgânica; nitrogênio.

#### ABSTRACT

For years, laboratories have exerted a significant influence on decision-making in various areas of knowledge. These are based on analyzes which are most often carried out in the laboratory, involving chemical reactions, reagents and considerable time. In general, they follow nationally or internationally accredited and validated models to guarantee reliable results. Despite their accuracy, they are notoriously slow, limiting the amount of analysis possible in a period. Furthermore, regular purchase of reagents generates waste and requires proper disposal. The objective of this research is to obtain data that can support obtaining reliable results for determining chemical parameters quickly and sustainably.

**KEYWORDS:** oxisol; organic matter; nitrogen.

## INTRODUÇÃO

Solo é o material que cobre a superfície terrestre. Os mesmos variam muito em relação à espessura, fertilidade, porosidade, cor, organização das partículas, entre outras características. Mas de forma básica, são formados por material mineral e orgânico, ar, água e organismos vivos [1].

De acordo com a Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), no Brasil existem treze classes de solo: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos. Na figura 1 é apresentada a distribuição das treze classes de solos no território brasileiro.

<sup>1</sup> Thais de Lourdes Soares. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: thais.2004@alunos.utfpr.edu.br.

<sup>2</sup> Marieli Adão de Brito. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: marielibrito@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 5889330286610001.

<sup>3</sup> Larissa Macedo dos Santos Tonial, docente no Curso de Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: larissasantos@professores.utfpr.edu.br. ID Lattes: 9439814411927273.

Figura 1 – Mapa de Solos do Brasil



Fonte: SiBCS, (2018).

Os Latossolos são os solos de maior ocorrência no Brasil, podendo apresentar variações quanto a coloração, textura, parâmetros químicos, físicos e microbiológicos. Esses parâmetros podem estar diretamente relacionados à fertilidade e à saúde do solo, e ainda são usados para determinar qual técnica de correção deverá ser empregada caso necessário.

Deste modo, a determinação dos teores de fósforo (P) e potássio (K) estão entre as análises realizadas com a maior frequência nos laboratórios de rotina. Atualmente a metodologia mais usada emprega o extrator Mehlich-1 e um espectrofotômetro [2].

O carbono (C) e o nitrogênio (N) fundamentais em termos de fertilidade podem ser quantificados por diversas técnicas [3-4].

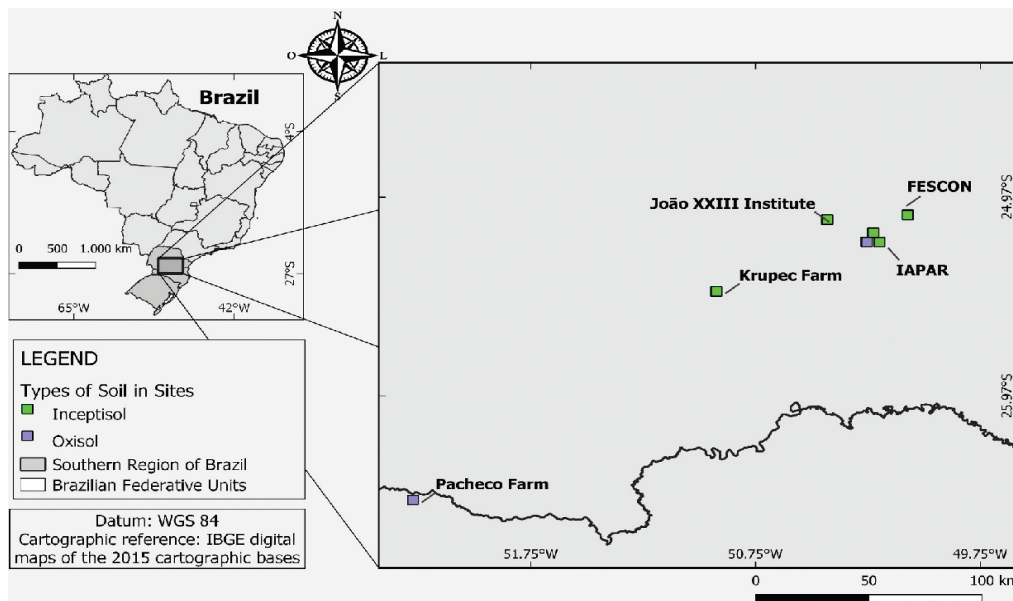
Entretanto, a maioria das metodologias comumente empregadas apresentam como desvantagens o elevado tempo para o preparo das soluções, as longas horas de repouso da amostra e a produção de resíduos. Com isso, esse trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa para a quantificação dos teores de N, P, K e C empregando a espectroscopia de infravermelho próximo (NIR).

## METODOLOGIA

### Amostras do solo

As amostras de solo foram coletadas em cinco lugares da região sul do Brasil: (1) Instituto de Agronomia do Paraná (IAPAR), Ponta Grossa, 25° 15”S e 50° 15”W; (2) Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON), Ponta Grossa, Paraná, 25° 05”S e 50° 03”W; (3) Instituto João XXIII, Ponta Grossa, Paraná, 25° 13”S e 50° 17”W; (4) Fazenda Pacheco, Abelardo Luz, Santa Catarina, 26° 31’S e 52° 15’W, e 850 m de altura; (5) Fazenda Krupec, Irati, Paraná, 25° 28”S e 50° 54”W e 789m de altura.

Figura 2 – Localização geográfica das áreas de estudo



Fonte: Santos-Tonial et al, (2022).

### Preparação do solo

As amostras de solo foram secas, moídas e peneiradas em uma peneira de malha 2 mm.

### Determinação de C e N

Os teores de C e N das amostras de solo foram determinados em duplicata pelo método de combustão a seco usando um analisador elementar modelo Flash EA112 Thermo Electron Corporation, Milão, Itália. O instrumento analisador elementar submete a amostra ao aquecimento e o CO<sub>2</sub> formado a partir da combustão de compostos orgânicos é medido usando uma célula detectora infravermelha [5].

### Determinação de P e K

As metodologias para analisar P e K das amostras de solo foram determinadas pelos métodos descritos no manual de análise química de solo e controle de qualidade do Instituto de Agronomia do Paraná (IAPAR).

## Obtenção dos espectros de NIR

Para a obtenção dos espectros utilizou-se o espectrofotômetro portátil da marca Spectral Solutions, modelo MyNir. Empregado uma placa de Petri e 10 cm<sup>3</sup> de amostra, a partir do contato do sensor do NIR com a amostra obteve-se espectros na região de 900 a 1000 nm. As leituras foram realizadas em duplicata.

## Tratamento estatístico dos dados

Os dados foram analisados por meio do modelo Mínimos Quadrados Parciais (PLS - *Partial Least Squares*) e Análise de Componentes Principais (PCA - *Principal Components Analysis*), processados no software Pirouette (versão 4.5, Infometrix Inc., Woodville, WA, EUA). O pré-processamento dos dados incluiu técnicas como padronização normal de sinal (SNV), correção de espalhamento multiplicativo (MSC), primeira e segunda derivadas. Essas etapas visam melhorar a qualidade dos dados e ressaltar informações essenciais para análises precisas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 são mostrados os teores mínimo, máximo e médio de C, N, P e K das amostras de Latossolo.

**Quadro 1 – Valores de P, K, C e N para as amostras de Latossolos coletadas**

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média
P (mg dm <sup>-3</sup> )	n.d	122,86	22,98
K (mg dm <sup>-3</sup> )	1,6	19,7	6,13
C (%)	0,3	4,9	2 ± 1
N (%)	0,003	0,39	0,17 ± 0,09

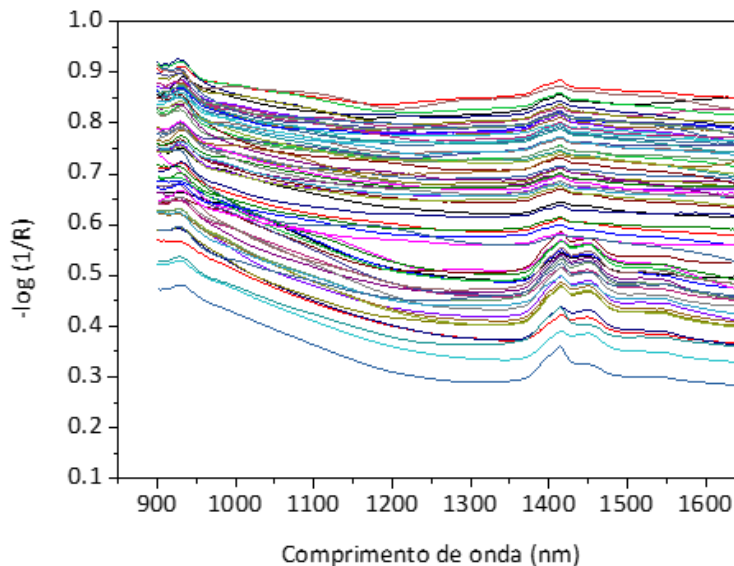
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

*n.d = não detectável*

Não foi possível detectar o valor mínimo de P, entretanto o valor máximo foi 122,86 mg dm<sup>-3</sup>, já K variou de 1,6 à 19,7 mg dm<sup>-3</sup>. Os teores de C variaram de 0,3 a 4,9% e N de 0,03 a 0,39% (quadro 1). A variabilidade do conjunto amostral é uma importante característica para a obtenção de modelos de calibração e validação robustos.

A caracterização espectroscópica dos Latossolos por meio do NIR portátil permitiu a obtenção dos espectros apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Espectros de absorção das amostras de Latossolo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

De modo geral, os espectros apresentaram sinal em torno de 1400 nm, o que refere-se segundo Zhang [6], a vibração de estiramento da hidroxila da molécula de água ou de vibração de ângulo variável H-OH. Os resultados obtidos mostram sinais importantes de absorção os quais podem indicar bons resultados de calibração e validação empregando NIR e ferramentas estatísticas.

## CONCLUSÕES

Neste estudo, observou-se a potencialidade da espectroscopia NIR na caracterização de Latossolos. Os resultados motivam a continuação do trabalho para a obtenção de análises rápidas e não invasivas, proporcionando uma maneira eficaz de avaliar e quantificar substâncias presentes no solo. Essa abordagem promissora pode ser uma valiosa ferramenta de apoio para o manejo agrícola, beneficiando os profissionais interessados.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação Araucária (Projeto no: PBA2022011000259), ao Laboratório de Qualidade Agroindustrial (LAQUA), ao Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), ao Laboratório Central de Análises, à UTFPR campus Pato Branco.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

- [1] **Embrapa** et al., Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 5°. Brasília, DF, 2018.
- [2] **Embrapa** et al., Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, p. 412, 1999.
- [3] SCHOLLENBERGER, C.J. A rapid approximate method for determining soil organic matter. **Soil Science**, Baltimore, v.24, p.65-68, 1927.
- [4] RIBEIRO, P.; Implementação de Análise de Nitrogênio Total em Solo Método de Dumas, 2010.
- [5] D. C. Gordon and W. H. Sutcliffe, "A new dry combustion method for the simultaneous determination of total organic carbon and nitrogen in seawater," **Mar. Chem.**, vol. 1, no. 3, pp. 231–244, Sep. 1973, doi: 10.1016/0304-4203(73)90006-6.
- [6] ZHANG, Maoqun et al. Determination of water content in corn stover silage using near-infrared spectroscopy. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 12, n. 6, p. 143-148, 2019.