

# Utilização da agricultura de precisão na recomendação de corretivos e fertilizantes no solo

Aldir Januario Branco Junior<sup>1\*</sup>; Helton Aparecido Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

<sup>1\*</sup>junior\_branco10@hotmail.com

**Resumo:** A Agricultura de Precisão (AP) é considerada como uma ferramenta de gestão das informações, que visa auxiliar os produtores nas melhores tomadas de decisões, pois tem como intuito a análise de solo, buscando promover intervenções que contribuam para a melhora na produtividade, diminuição de gastos, economia de recursos, e na proteção ao meio ambiente, sendo aplicável em áreas de diferentes tamanhos. Sendo assim, esta pesquisa objetivou verificar a viabilidade da AP para a diminuição de gastos relativos à aplicação de insumos na correção da fertilidade do solo. Para isso, foi realizado um experimento conduzido em uma propriedade rural, localizada no município de Capitão Leônidas Marques, cujos atributos avaliados foram: macro e micronutrientes disponíveis no solo, recomendação de adubação e viabilidade econômica. Para a recomendação de insumos e sua aplicação, foram realizadas análises do solo de forma manual, e posteriormente o processo foi rodado no software QGIS, gerando grid regular com espaçamento 100x100. Após a coleta das amostras e análise em laboratório, foram elaborados mapas de variabilidade, visando realizar a verificação das necessidades da propriedade. Para a confecção dos mapas foi utilizado o software QGIS para a geração de recomendação, baseadas no Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2019), com o método interpolação IDW. As análises revelaram baixa variabilidade nos atributos químicos do solo, com exceção da matéria orgânica, que apresentou valores baixos. Recomenda-se a adoção de um sistema de plantas de cobertura e manejo sem revolvimento do solo. Não é necessário aplicar calagem e adubação, pois a maioria dos atributos está em níveis elevados.

**Palavras-chave:** Economia, Insumos, Análise de Solo.

## Use of precision agriculture in recommending soil amendments and fertilizers

**Abstract:** Precision Agriculture (PA) is considered as an information management tool, which aims to help producers in the best decision-making, as it aims at soil analysis, seeking to promote interventions that contribute to improved productivity, cost reduction, resource saving, and environmental protection, being applicable in areas of different sizes. Therefore, this research has as main objective to verify the feasibility of the PA to reduce expenses related to the application of inputs in the correction of soil fertility. For this, an experiment will be carried out, which will be conducted on a rural property located in the municipality of Capitão Leônidas Marques, whose parameters will be evaluated: macro and micronutrients available in the soil, fertilization recommendation and economic viability. For the recommendation of inputs and their application, soil analyzes will be carried out manually, and later the process will be run in the QGIS software generating a regular grid with 100x100 spacing. After collecting the samples, the samples will be taken in a soil analysis laboratory, so that the elaboration of variability maps that contribute to the verification of the property's needs is feasible. For the making of the maps, the QGIS software will be used for the generation of recommendation, which will be based on the Fertilization and Liming Manual for the State of Paraná, with the IDW interpolation method. Analyzes revealed low variability in soil chemical attributes, with the exception of organic matter, which showed low values. It is recommended to adopt a system of cover crops and management without soil disturbance. It is not necessary to apply liming and fertilization, as most attributes are at high levels.

**Keywords:** Economy, inputs, Soil Analysis.

## Introdução

A Agricultura de Precisão (AP) trata-se de uma tecnologia em ascensão atualmente, mas que já vem sendo pensada desde a década de 1930 (CRUZ *et al.*, 2019). Agricultores dessa década tinham um maior controle sobre suas propriedades, uma vez que a agricultura até então era pensada em termos familiares. Contudo, já se percebia nessa época uma relativa preocupação no que diz respeito à economia, visando uma maior produtividade. Logo, o principal objetivo da AP é auxiliar o produtor rural na tomada de decisão com o auxílio da tecnologia empregada em sua propriedade.

Nesse sentido, a primeira experiência da AP é relatada por Inamasu e Bernardi (2014), em que se sugeriu a realização de amostragem de solo por meio de um processo realizado em malhas de 100 metros, a fim de determinar na propriedade a necessidade ou não de utilização diferenciada de elementos para a produção. Contudo, essa é uma tecnologia que ainda está sendo estudada e gradativamente implementada pelos produtores agrícolas, devido ao fato de possuir um elevado custo.

Sendo assim, a AP tem como intuito aumentar a produtividade agrícola em concomitância à economia de recursos, visando utilizar com maior eficiência os insumos agrícolas, atrelado ao cuidado com o meio ambiente (INAMASU; BERNARDI, 2014). No Brasil, segundo o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a AP define-se como sistema de gerenciamento agrícola, tendo como base a variação do espaço e da área produtiva, com o objetivo de maximizar o retorno econômico aos produtores, além de incentivar a melhoria de relação da produção com o meio ambiente, podendo ser aplicada a grandes ou pequenas áreas (ALMEIDA, 2021).

Para a efetividade das práticas de AP são utilizados principalmente preceitos relativos à variabilidade espacial do solo e das culturas, a fim de viabilizar intervenções exclusivas conforme a demanda da propriedade (SPERANZA; ANTUNES; INAMASU, 2018). Para que isso seja possível, existem atualmente diversas tecnologias atreladas à AP, dentre elas, destacam-se principalmente os *softwares* de computadores, o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e diversos outros controladores eletrônicos, que auxiliam na aplicação e no sensoriamento de forma remota (GREGO *et al.*, 2020).

Para que seja possível aplicar as práticas de AP, alguns instrumentos devem ser utilizados como auxílio. Sendo assim, a avaliação da variabilidade de propriedades

químicas do solo se faz necessária, visto que o conhecimento dessa variabilidade é fundamental para a realização de classificação e levantamento dos solos, visando avaliar questões tais como a fertilidade, para que seja viável a elaboração de amostragens mais apropriadas, para aperfeiçoar as práticas de manejo e recuperação do solo (MELLO; BUENO; PEREIRA, 2006).

As mudanças nos componentes químicos do solo estão vinculadas às modificações causadas por fertilizações e aplicações de calcário repetidas e inconsistentes (BOTTEGA *et al.*, 2013). Ao longo do tempo, isso leva a perdas econômicas contribuindo para o desequilíbrio na disponibilidade dos nutrientes para as plantas, como nos efeitos negativos que essa aplicação excessiva e desnecessária pode ocasionar no meio ambiente (CORÁ *et al.*, 2004).

Uma das possibilidades para realização da avaliação dessa variabilidade são as amostragens em grid regulares, espaçados na mesma distância, determinando os locais da coleta para amostragem do solo. Em conjunto a isso, outro método para identificar possíveis deficiências no solo é a partir da geração de mapas de variabilidade para aplicação de insumos, sendo que a eficiência irá depender de fatores como os esquemas de amostragem, interpolação dos dados, intensidade na influência e alguns atributos que não foram amostrados no solo, e por fim é realizado a recomendação para correção em taxa variável.

Diante do contexto apresentado, este trabalho objetivou verificar a viabilidade da AP para a recomendação de insumos e aplicação de calcário em uma propriedade situada no município de Capitão Leônidas Marques – Paraná.

### **Material e Métodos**

O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural situada no município de Capitão Leônidas Marques, localizada no oeste do Paraná, entre outubro e novembro de 2022. A fazenda situa-se na latitude de 25°29'17" S, e na longitude de 53°37'18" W, com altitude média de 320 metros acima do nível do mar.

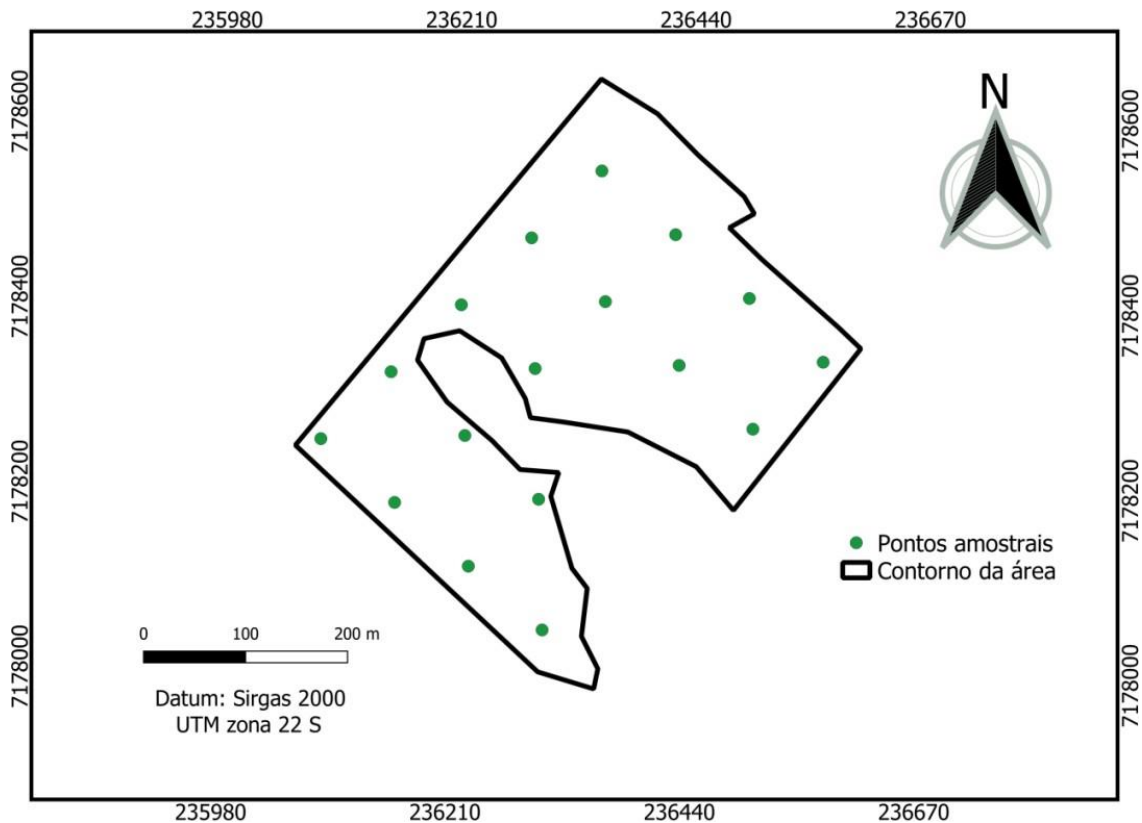
O clima da região Oeste do Paraná é classificado como é Cfa (subtropical úmido, sem estação seca e verão quente) (NITCHE *et al.*, 2019).

O solo da propriedade é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico, variando de argilosa a muito argilosa (BHERING *et al.*, 2007).

A área de experimento (Figura 1) possui 14,56 ha, sendo realizadas três safras por ano, variando entre soja que geralmente é semeada no início de outubro, com

posterior semeadura de milho safrinha e no inverno trigo ou aveia. A última aplicação para correção do solo foi realizada no início de abril de 2021, sendo utilizado como insumo calcário dolomítico, distribuído a taxa fixa.

**Figura 1** – Localização da área do experimento e Grid amostral.



Fonte: Os autores (2023).

Para viabilizar a quantificação dos atributos químicos do solo, a área de experimento foi georreferenciada e foi elaborado um grid regular com espaçamento de 100x100m no QGIS, onde foram coletadas subamostras. A Figura 1 representa o talhão em que foi realizado o experimento, possuindo 17 pontos amostrais. Em cada ponto georreferenciado foram coletadas subamostras que foram homogêneas e encaminhadas ao laboratório para a análise de solo.

Foram analisados nas amostras o teor de fósforo (P), potássio ( $K^+$ ), cálcio (Ca), magnésio (Mg) cloreto de cálcio (pH  $CaCl_2$ ), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) potencial, hidrogênio mais alumínio ( $H+Al$ ), saturação por base (V%), matéria orgânica (M.O.) e soma de bases (SB).

Os dados foram submetidos à análise de estatística descritiva, onde foram calculadas as medidas de posição (média, mediana, mínimo e máximo), de variabilidade (desvio padrão e coeficiente de variação). Para a análise do coeficiente de variação foi

utilizado a classificação de Pimentel Gomes (1985), considerando baixo se menor que 10%, médio de 10 a 20 %, alto de 20 a 30 % e muito alto quando superior a 30 %.

A interpretação dos componentes químicos do solo (pH, M.O., P, K, Mg, H+Al, V% e CTC) foi realizada em conformidade ao Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (PAULETTI; MOTTA, 2019).

Na geração dos mapas foi utilizado o *software* QGIS, com o método de interpolação IDW, sendo dimensionados com uma resolução espacial com pixel de 5 metros.

## Resultados e Discussão

Ao realizar a análise estatística descritiva dos atributos químicos pH, M.O., P, K, Mg, H+Al, V% e CTC, conforme a Tabela 1, observa-se uma semelhança entre as médias e as medianas na maioria dos atributos avaliados.

**Tabela 1** – Estatística descritiva dos nutrientes do solo.

| Atributos               | Média | Mediana | DP    | Min   | Max   | CV    |
|-------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| P                       | 49,57 | 50,59   | 16,65 | 21,31 | 71,25 | 33,59 |
| M.O.                    | 2,87  | 2,86    | 0,63  | 1,93  | 4,34  | 21,79 |
| pH (CaCl <sub>2</sub> ) | 5,64  | 5,3     | 0,65  | 4,7   | 7,17  | 11,6  |
| K                       | 0,87  | 0,83    | 0,25  | 0,51  | 1,47  | 28,81 |
| Ca                      | 11,01 | 9,45    | 2,88  | 6,94  | 16,96 | 26,1  |
| Mg                      | 2,11  | 2,07    | 0,64  | 1,39  | 3,96  | 30,26 |
| Acidez Total H+Al       | 4,13  | 4,33    | 0,98  | 2,21  | 6,29  | 23,68 |
| C.T.C                   | 18,13 | 17,73   | 2,87  | 14,91 | 26,11 | 15,84 |
| S.B                     | 14    | 12,81   | 3,47  | 9,17  | 21,68 | 24,77 |
| V%                      | 76,3  | 72,89   | 7,83  | 59,3  | 89,52 | 10,26 |

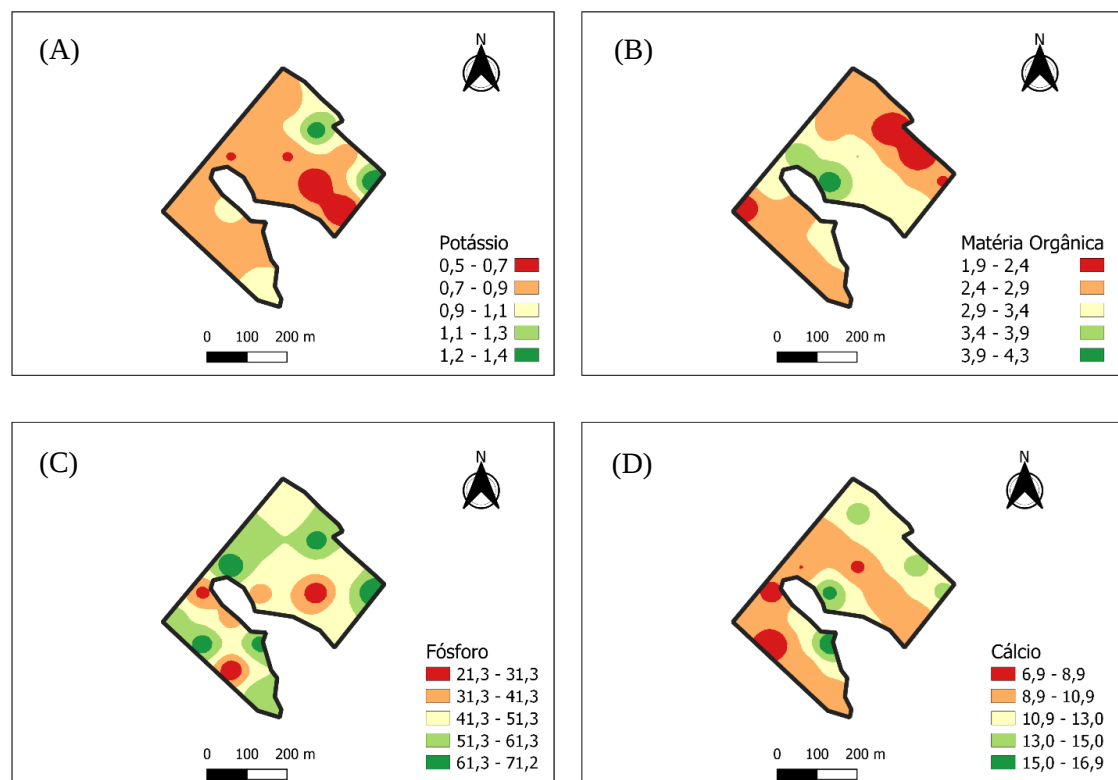
P: fósforo; M.O.: matéria orgânica; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; CTC: capacidade de troca catiônica; SB: soma de bases.

O estudo de Carneiro *et al.* (2016) indica que esses valores se encontram dentro de uma distribuição comum. Essa consistência sugere que os dados apresentaram uma variação relativamente baixa em relação aos valores centrais.

De acordo com as observações de Pimentel Gomes (1985), é possível categorizar a variabilidade dos componentes químicos com base no coeficiente de variação (CV), na propriedade em que foi conduzido o estudo, os coeficientes de variações foram médios para pH, C.T.C e V, e altos para M.O, K, Ca, H+Al, SB e muito alto para P, Mg.

Conforme evidenciado pela Tabela 1, os teores de fósforo variam de 21,3 a 71,25 mg dm<sup>-3</sup>, e podem ser classificados como alto e muito alto. Analisando o mapa de distribuição gerado (Figura 2), observa-se uma grande variabilidade do nutriente dentro do campo, sendo que grande parte do teor de fósforo foi na faixa de 41,3 a 51,3 mg dm<sup>-3</sup>, na região nordeste do talhão, próximo às bordas, notam-se pontos específicos onde se concentraram taxas mais elevadas de P.

**Figura 2** – Mapa de variabilidade dos atributos para Potássio, Matéria Orgânica, Fosforo e Cálcio



Fonte: Os autores (2023).

Segundo o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2019) verificou-se que os teores estão abaixo dos recomendados. Conforme apontado pela tabela 1 os valores do pH estão na faixa de 1,9 a 4,3 g dm<sup>-3</sup>.

Através da observação do mapa de M.O. (Figura 2), nota-se que o talhão possui uma baixa quantidade na região nordeste e oeste, quase se aproximando do centro da lavoura, demonstrando uma grande variabilidade da mesma. Segundo Zanão Junior *et al.* (2010) a presença de matéria orgânica é um indicador importante da qualidade do solo, já que desempenha um papel essencial na estrutura do solo, fornecendo substâncias que promovem agregação, suprindo macro e micronutrientes, além de influenciar a capacidade catiônica e o tamponamento do pH.

Observou-se que o potássio teve uma variabilidade de 0,51 a 1,47 cmol dm<sup>-3</sup> e de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2019) ele é classificado como muito alto. Na Figura 2, percebe-se que ele possui uma pequena variabilidade, observando apenas diferenciação no sudeste do talhão.

No cálcio houve uma variação de 6,94 a 16,96 cmol dm<sup>-3</sup> sendo classificado como muito alto, possuindo uma variabilidade perceptível no mapa de distribuição exposto na Figura 2.

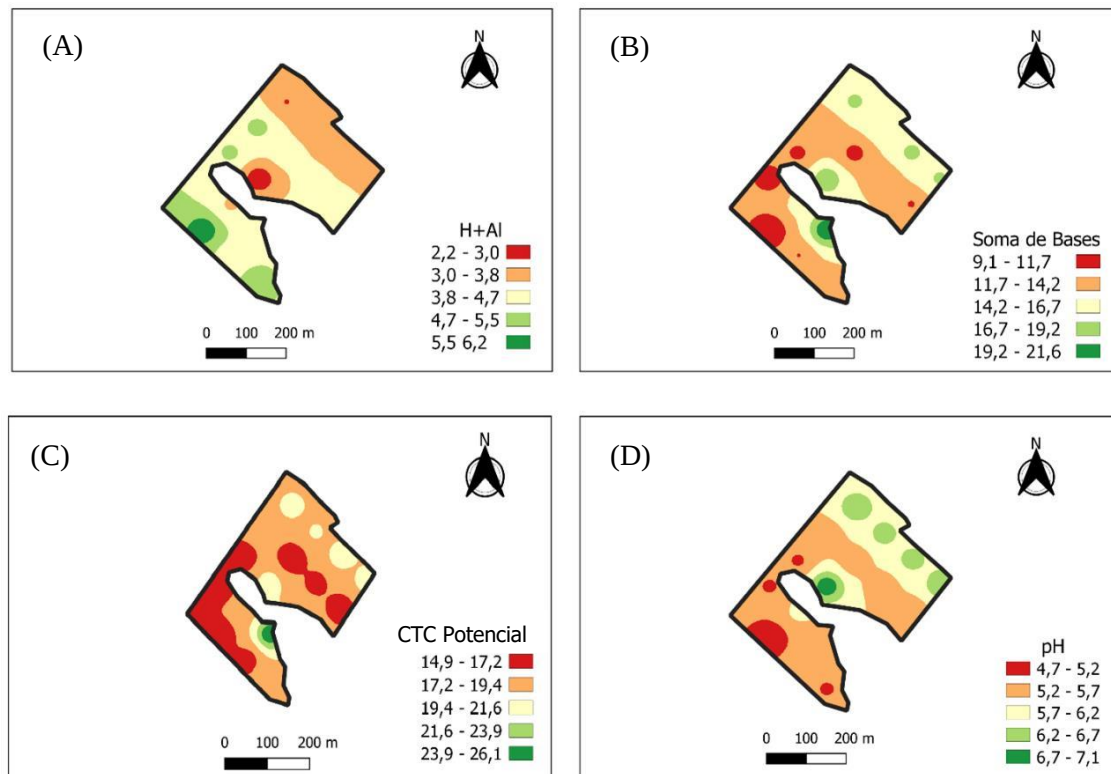
A Acidez Potencial é a combinação dos íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>) e íons de alumínio (Al<sup>3+</sup>), e é empregada no cálculo da Capacidade de Troca Catiônica do solo (CTC). A Tabela 1 apresenta a variação de 2,21 a 6,29 cmol dm<sup>-3</sup> tendo como classificação de baixa a alta, mostrando a influência na variabilidade observada no pH.

Na avaliação da CTC, nota-se que houve uma variabilidade de 14,9 a 26,11 cmol dm<sup>-3</sup>, considerando-a de alto para muito alto. Observa-se no mapa da Figura 3, que o tributo é homogêneo. A CTC é determinada pela soma dos cátions (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>).

De acordo com o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2019), o valor ideal da saturação por bases catiônicas irá depender do cultivo a ser implantado na região. No caso deste experimento, não há uma cultura específica a ser analisada, visto que, todas as culturas de cunho comercial, necessitam elevar a saturação de bases para 70%.

Observou-se através da Tabela 1 que os valores de pH (CaCl<sub>2</sub>) estão entre 4,7 e 7,1 nota-se que no talhão analisado o pH é classificado como médio a muito alto conforme aponta o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2019). Analisando o mapa gerado, conforme a Figura 3, entende-se que houve uma variabilidade considerável, tendo no campo em sua grande maioria a faixa de 5,2 a 5,7. Segundo Brignoli *et al.* (2020), o pH ideal para culturas anuais varia entre 5,5 e 6,5.

**Figura 3** - Mapa de variabilidade para os atributos H+Al, Soma de Bases, CTC e pH



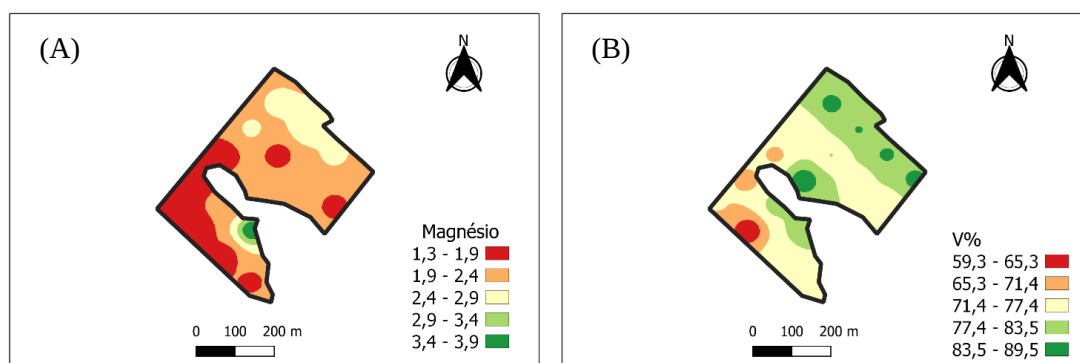
Fonte: Os autores (2023).

Na análise do magnésio, conforme a Figura 4, foi constatado uma variabilidade de 1,39 a 3,96  $\text{cmol dm}^{-3}$  sendo considerado como alto a muito alto. Analisando o mapa do magnésio, visualiza-se uma certa homogeneidade dentro do talhão com exceção da região oeste do mapa, que apresenta a faixa de variação de 1,3 a 1,9  $\text{cmol dm}^{-3}$ .

Realizando a avaliação através da Figura 4, percebe-se que a média de saturação de bases foi registrada com o valor de 76,3%. Segundo Ronquin (2010) a quantidade de calcário é determinada com o objetivo de elevar a porcentagem de cátions que influenciam os valores da Capacidade de Troca Catiônica (CTC), comumente visando atingir cerca de 70% da saturação por bases nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Analisando o mapa de variabilidade da Figura 4, observa-se que no talhão a saturação de bases ficam acima dos 70%, com exceção de uma pequena parte na região sudeste do campo, que possui um teor abaixo do recomendado, variando entre 59,3% e 65,3%.

**Figura 4** - Mapa de variabilidade para os atributos Mg e V%



Fonte: Os autores (2023).

Com base nos resultados obtidos, foram analisadas as somas de bases com utilizando como parâmetro as culturas de soja, milho e trigo. Como aponta o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2019), para a cultura da soja é necessário elevar a soma de bases quando o valor da análise estiver abaixo de 50% para atingir 60%. Já para milho e trigo, é necessário elevar a saturação por base para 70% sempre que estiver abaixo dos 60%. Portanto, constatou-se com base nas análises realizadas não haver necessidade de aplicar calcário na área.

Para os demais nutrientes citados acima, constatou-se que não há a necessidade de realizar qualquer tipo de adubação, visto que, todos os atributos analisados estão próximo do recomendado para as culturas.

### Conclusão

Através das análises realizadas, verificou-se que a variabilidade dos atributos químicos do solo avaliado foram baixos, com exceção da matéria orgânica em que os valores apresentados na análise se mostraram baixos, portanto, recomenda-se que seja adotado o sistema de plantas de cobertura e sistema de manejo que não envolvam o revolvimento do solo. Em relação aos outros componentes químicos, não há a necessidade de realizar aplicação de calagem e adubação, visto que os atributos em sua grande maioria estão elevados.

## Referências

- ALMEIDA, S. C. **Agricultura de precisão: uma revisão de literatura**. 2021. 31 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente. Ariquemes, 2021. Disponível em: <https://repositorio.faema.edu.br/bitstream/123456789/2985/3/TCCSUELEN.pdf>. Acesso em 07 set. 2022.
- BHERING, S. B.; DOS SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; DE CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. Mapa de solos do estado do Paraná. Embrapa Solos-Documents (INFOTEC-A-E), 2007.
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.
- BRIGNOLI, F. M.; SOUZA JUNIOR, A. A.; GRANDO, D. L.; MUMBACH, G. L.; PAJARA, F. F. D. Atributos biométricos da soja influenciados pelo nível de pH do solo. *Revista Científica Rural*, v. 22, n. 2, p. 13-28, 2020.
- CRUZ, S. M. S.; KLINGER, F.; CRUZ, P. V.; VIEIRA, A. C. M.; SCHMITZ, E. A.; MARINHO, E. C. Desenvolvimento Sistemas Agrícolas de Próxima Geração: um estudo em Ciência de solos. In: **Anais do X Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais**. Porto Alegre, p. 135-144, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/wcama.2019.6428>. Acesso em 02 out. 2022.
- GREGO, C. R.; SPERANZA, E. A.; RODRIGUES, G. C.; LUCHIARI JUNIOR, A.; VENDRUSCULO, L. G.; RODRIGUES, C. A. G.; INAMASU, R. Y.; VAZ, C. M. P.; RABELLO, L. M.; JORGE, L. A. de C.; ZOLIN, C. A.; FRANCHINI, J. C.; RONQUIM, C. C. Tecnologias desenvolvidas em Agricultura de Precisão. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S. et al. (Orgs.). **Agricultura Digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1126469>. Acesso em 02 out. 2022.
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. C. et al. (Orgs.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1003476/1/cap1.pdf>. Acesso em 02 out. 2022.
- MELLO, G.; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 315-322, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/D3SR6B44PzNKs4n6Nv3fs7Q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 02 out. 2022.
- NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), 210 p.

2019. Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/AtlasClimaticoPR.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/AtlasClimaticoPR.pdf). Acesso em 27 set. 2022.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná**. SBCS, Núcleo Estadual Paraná. Curitiba, 2ª Ed. 289p. 2019.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa, Monitoramento por Satélite, 2010.

SPERANZA, E. A.; ANTUNES, J. F. G.; INAMASU, R. Y. Uso de imagens de sensoriamento remoto para identificação de variabilidade espacial em Agricultura de Precisão. In: **Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 2018. Embrapa, 2018. p. 283-292. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1099135>. Acesso em 07 set. 2022.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO-ZANÃO, M. P.; GUIMARÃES, E. D. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 429-438, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226779021.pdf>. Acesso em 01 maio 2023.