

Variabilidade dos atributos químicos do solo e mapas de recomendação de adubação para cultura da soja

Ronaldo Rodrigues de Menezes^{1*}; Helton Aparecido Rosa¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}rrodmeneses@gmail.com

Resumo: O conhecimento da variabilidade dos atributos químicos permite racionalizar o uso de adubos e fertilizantes, minimizando custos ao produtor. Com isto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade dos atributos químicos do solo e obter mapas de recomendação de fertilidade. O trabalho foi realizado em propriedade particular no município de Guaraniaçu, PR, no período de abril a julho de 2021. Coletou-se amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, formada de 10 subamostras, de maneira aleatória ao redor de cada ponto amostral, em uma grade regular de 95x95 m, totalizando 21 pontos amostrais, onde foi analisado: pH, P, K, Ca, Mg, H+Al, CTC total, CTC efetiva, SB e V %. Realizou-se estatística descritiva e classificação do coeficiente de variação, e foi usado método de interpolação IDW, na segunda potência. Para elaborar os mapas da variação da fertilidade e recomendação, foi utilizado o *software* de geoestatística em plataforma livre QGIS. Analisando os mapas das variações dos atributos químicos de um modo geral foram baixas, a fertilidade da área estava adequada não havendo necessidade de calagem e adubação potássica. Para a recomendação de fósforo o mapa gerado mostra que em aproximadamente 70 % da área a aplicação será de 70 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: Fertilidade; Interpolação; Geoestatística.

Variability of soil chemical attributes and recommendation maps

Abstract: Knowing the variability of chemical attributes makes it possible to rationalize the use of fertilizers and fertilizers, minimizing costs to the producer. With that, the objective of this work was to evaluate the variability of the chemical attributes of the soil and to obtain maps of recommendation of fertility. The work was carried out on a private property in the municipality of Guaraniaçu, PR, from April to July 2021. Soil samples were collected at a depth of 0-20 cm, consisting of 10 sub-samples, randomly around each point sample, in a regular grid of 95x95 m, totaling 21 sampling points, where it was analyzed: pH, P, K, Ca, Mg, H+Al, total CTC, effective CTC, SB and V %. Descriptive statistics and classification of the coefficient of variation were performed, and the IDW interpolation method was used, in the second power. To prepare the maps of the variation in fertility and recommendation, the geostatistics software on a free QGIS platform was used. Analyzing the maps of variations in chemical attributes, in general, they were low, the fertility of the area was adequate, with no need for liming and potassium fertilization. For phosphorus recommendation, the generated map shows that in approximately 70% of the area the application will be 70 kg ha⁻¹.

Keywords: Fertility; Interpolation; Geostatistics.

Introdução

A agricultura ao longo do tempo vem evoluindo, sendo uma atividade que requer uma utilização eficiente de recursos, ou seja, um melhor gerenciamento dos processos de produção, a agricultura de precisão (AP) vem ao auxílio do produtor com técnicas e metodologias que podem otimizar o manejo. A AP é um método de manejo que leva em consideração a variabilidade espacial permitindo a aplicação pontual de corretivos, pesticidas, insumos, fertilizantes e outros (BASSOI *et al.*, 2019).

O uso da geoestatística na agricultura de precisão caracteriza a variabilidade espacial dos atributos do solo e também das culturas, a relações entre eles no espaço e tempo (BERNARDI *et al.*, 2015). O estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e uso de técnicas para auxiliar o manejo, no caso da geoestatística, é muito importante para o desenvolvimento da cultura (DALCHIAVON *et al.*, 2017). A variabilidade dos atributos químicos do solo pode ocorrer de várias maneiras, estando relacionados aos fatores edafoclimáticos e topografia do solo em questão, aliado a isso solos com mesma característica podem ter variações dos atributos químicos do solo, mesmo sendo considerados homogêneos (CORRÊA *et al.*, 2017). Sendo conhecida a distribuição espacial dos atributos químicos é possível obter um manejo adequado da área de acordo com o que a cultura necessita, e assim minimizando o custo ao agricultor (MATIAS *et al.*, 2015).

O método adotado para fornecer nutrientes é parte do processo produtivo e impacta o rendimento das lavouras, pois poucos agricultores e técnicos não podem determinar com exatidão quais são as melhores doses de adubos nos mais variados ambientes de cultivo com o passar do tempo (RESENDE *et al.*, 2016). Dessa forma a fertilidade do solo pode influenciar o rendimento das culturas, e a distribuição espacial, horizontal e vertical, tem um peso muito grande na produtividade (LIMA, SILVA e SILVA, 2013). Contudo, conhecendo a variabilidade espacial e usando a geoestatística pode-se encontrar valores médios padrão que indiquem a fertilidade do solo (DA SILVA CARNEIRO *et al.*, 2016).

A amostragem de solo é utilizada para avaliação dos parâmetros ou atributos químicos e físicos do solo, e para se obter uma variabilidade espacial se faz necessário coleta de várias amostras georreferenciadas em toda área, a mais comum é a amostragem em grid (MOLIN *et al.*, 2015). A amostragem georreferenciada do solo, juntamente com o sistema de informações geográficas (SIG) e geoestatística, são úteis na geração de mapas que mostram a variabilidade dos atributos químicos das amostras do talhão (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

Os mapas temáticos mostram a relação entre as variabilidades espaciais dos atributos químicos do solo, e também é a maneira mais prática de expressá-las comercialmente, muitas

empresas com enfoque na agricultura de precisão estão sendo buscadas pelos produtores para correção de áreas com baixa produtividade de suas propriedades (CORRÊA *et al.*, 2017). Utilizando os mapas de recomendação de corretivos e fertilizantes podem garantir uma aplicação pontual dos insumos, assim deve garantir uma fertilidade do solo homogênea e ainda gerar uma economia na compra de insumos, aumento de produtividade e melhorias no manejo do solo (SILVA CARNEIRO *et al.*, 2016).

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade dos atributos químicos do solo e obter mapas de recomendação de fertilidade.

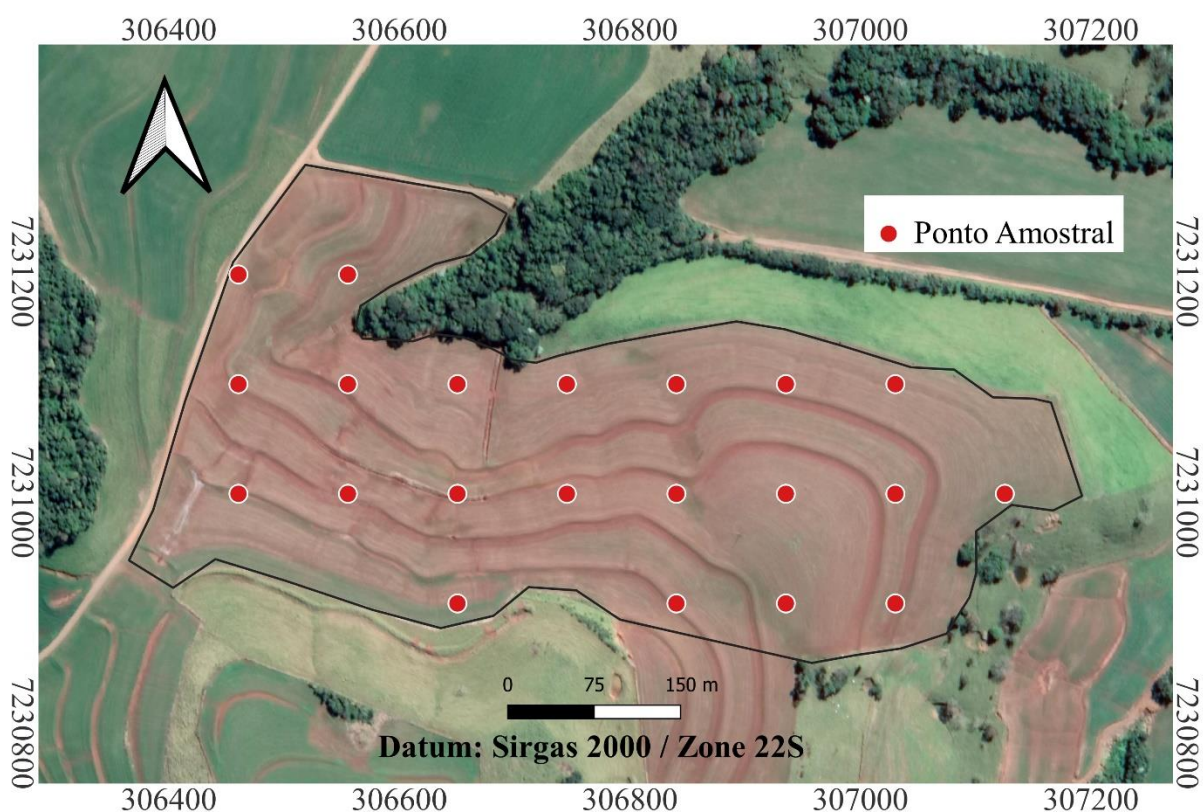
Material e Métodos

O trabalho foi realizado em uma propriedade particular, no período de abril à julho de 2021, localizada no município de Guaraniaçu, PR, cujas coordenadas geográficas são 25° 1'26.51"S e 52°54'55.88"O, com altitude média de 708 m. O clima da região é subtropical úmido (classificação climática de Köppen-Geiger: Cfa). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico de textura argilosa A moderado (BHERING *et al.*, 2007).

A área experimental possui 19,7 ha, cultivados a mais de 10 anos com semeadura direta sobre a palha, sempre com a cultura da soja no período de primavera-verão e a cultura do trigo no período do outono-inverno.

Para a caracterização dos atributos químicos do solo foi georreferenciada a área de 19,7 ha, onde foi realizado o trabalho, com um grid amostral gerada pelo *software* geoestatístico em plataforma livre QGIS (versão 3.10.7), sendo a grade com 21 pontos alocados de forma regular com um ponto a cada 0,90 ha (95x95 m), a Figura 1 representa a área de estudo com os 21 pontos amostrais. A coleta do solo foi realizada, de forma manual com um trado holandês e um pá cortadeira de bico, na profundidade de 0-20 cm, formada de 10 sub-amostras, de maneira aleatória ao redor de cada ponto amostral, os quais todos foram georreferenciados e localizados com o auxílio de GPS. As amostras de solo foram enviadas para um laboratório de análise de solos.

Figura 1 – Grid com cada ponto amostral, para a coleta de amostras de solo.



Os atributos químicos determinados foram: potencial hidrogeniônico em cloreto de cálcio (pH CaCl_2), matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), hidrogênio mais alumínio (H+Al), soma de bases SB, capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC) e saturação por bases (V%).

Primeiramente os dados foram submetidos a análise estatística descritiva, onde foram calculadas as medidas de posição (média, mediana, mínimo e máximo), de variabilidade (coeficiente de variação) e de tendência central (assimetria e curtose), e 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 %.

Para a interpretação dos atributos químicos do solo (pH CaCl_2 , MO, P, K^+ , Ca, Mg, H+Al, V% e CTC), foram usados os dados de acordo com o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Interpretação de parâmetros químicos do solo para o estado do Paraná

Classe de interpretação	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC _(T) a pH 7,0	CTC _(t) efetiva	V (%)	MO g dm ⁻³
-----cmol _c dm ⁻³ -----							
Muito baixo	< 4,0	< 0,5	< 0,2	< 5	< 1,1	< 20	< 7
Baixo	4,0 – 4,4	0,5 – 1,0	0,2 – 0,4	5 – 7	1,1 – 2,0	21 – 35	7 – 14
Médio	4,5 – 4,9	1,1 – 2,0	0,5 – 1,0	8 – 14	2,1 – 4,0	36 – 50	15 – 24
Alto	5,0 – 5,5	2,1 – 6,0	1,1 – 2,0	15 – 24	4,1 – 8,0	51 – 70	25 – 34
Muito Alto	> 5,5	> 6,0	> 2,0	> 24	> 8,0	> 70	> 3,4

Fonte: Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019)

Tabela 2 - Interpretação para o fósforo disponível e potássio trocável no solo (extraído por Mehlich - 1) para o estado do Paraná considerando acima de 40 % de argila

Classe de interpretação	P disponível	K trocável
	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³
Muito baixo	< 6	< 0,06
Baixo	6 – 12	0,06 – 0,12
Médio	13 – 18	0,13 – 0,21
Alto	19 – 24	0,22 – 0,45
Muito Alto	> 24	> 0,45

Fonte:(PAULETTI; MOTTA, 2019)

Para o cálculo da calagem, seguiu-se a recomendação do Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019), que deve-se elevar a saturação por base para 60% quando estiver abaixo de 50%, para a cultura da soja, a necessidade calculada pela equação (1):

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) \cdot CTC_T}{PRNT} \quad (1)$$

onde:

NC = quantidade de calcário em t ha⁻¹;

V₁ = saturação atual em porcentagem;

V₂ = saturação desejada em porcentagem;

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser aplicado 90%.

No cálculo da fosfatagem e recomendação de Potássio para obter uma produtividade de 3 a 4 t ha⁻¹, de acordo com o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná

(2019), em que os valores são classificados como muito baixo recomenda-se a adubação de 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, valores baixos recomenda-se 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, valores médios recomenda-se 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O, valores altos recomenda-se 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, e ainda quando classificados como muito alto recomenda-se 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 0 kg ha⁻¹ de K₂O.

A geração dos mapas foi feita utilizando o software Qgis (versão 3.20.3), com o método de interpolação IDW na segunda potência, dimensionados com uma resolução espacial com pixel de 5 metros.

Resultados e discussão

Na análise estatística descritiva dos atributos químicos (Tabela 3), nota-se que os valores das médias e medianas são similares na maioria dos atributos químicos avaliados, indicando que os dados sofreram uma baixa variação em torno do valor central.

Tabela 3 – Estatística descritiva dos atributos químicos do solo

Atributos	Und	Média	CV ⁽¹⁾	Min.	Mediana	Max.	ASS ⁽²⁾	K ⁽³⁾
pH CaCl ₂		5,13	0,02	4,90	5,10	5,40	0,49	-0,29
MO	g dm ⁻³	34,90	0,06	28,83	34,33	44,70	1,02	1,72
P	mg dm ⁻³	10,07	0,35	5,75	9,19	42,02	5,22	33,33
K ⁺	cmol dm ⁻³	0,73	0,12	0,51	0,72	1,09	0,75	1,14
Ca	cmol dm ⁻³	7,83	0,15	5,06	7,71	14,93	1,99	7,71
Mg	cmol dm ⁻³	1,94	0,21	1,28	1,87	4,36	1,73	5,66
H + Al	cmol dm ⁻³	6,20	0,06	4,61	6,22	7,20	-0,52	0,93
SB	cmol dm ⁻³	10,50	0,14	6,99	10,23	19,92	2,03	7,59
CTC _(T)	cmol dm ⁻³	16,69	0,08	13,68	16,50	24,53	1,99	7,23
CTC _(t)	cmol dm ⁻³	10,52	0,14	7,14	10,24	19,92	2,07	7,71
V	(%)	62,08	0,06	51,11	61,60	81,17	0,86	2,31

P: fósforo; K⁺: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC_(T): capacidade de troca catiônica total; CTC_(t): capacidade de troca catiônica efetiva; V%: saturação por bases; (1) CV: coeficiente de variação; (2) ASS: coeficiente de assimetria; (3) K: coeficiente de curtose

Segundo Pimentel Gomes (1985) a variabilidade dos atributos químicos pode ser classificada de acordo com o coeficiente de variação (CV), na área estudada os CVs foram baixos para pH(CaCl₂), MO, H+Al, CTC_(T) e V, médios para K⁺, Ca²⁺, SB e CTC_(t), alto para Mg²⁺ e muito alto para P (Tabela 3). Por consequências de adubação e calagem de maneira sucessivas e irregulares, tem-se as variações das características químicas do solo (BOTTEGA *et al.*, 2013).

O atributo acidez potencial ($H + Al$) foi o único que apresentou coeficiente de assimetria (ASS) negativa (-0,52) (Tabela 3). Os outros atributos químicos do solo apresentaram distribuição assimétrica positiva. O coeficiente de assimetria (ASS) caracteriza de que forma e quanto a distribuição de dados se afasta da simetria. Se o valor encontrado para esse coeficiente for zero, a distribuição é simétrica; se positivo, a distribuição é assimétrica à direita; e se negativo, é assimétrica à esquerda (ZANÃO JUNIOR *et al.*, 2010). O maior valor de assimetria positiva observado foi para fósforo (P) (5,22), caracterizando como sendo o atributo menos simétrico.

Os valores de $pH(CaCl_2)$, estão entre 4,9 a 5,4 (Tabela 3), e de acordo com a (Tabela 1), pode-se notar que em alguns locais do talhão o pH é considerado médio e alto. Observando o mapa de distribuição do pH $CaCl_2$, pode-se notar a baixa variabilidade desse atributo (Figura 2 - A).

A matéria orgânica (MO), indica a qualidade do solo, devido a sua interação com componentes do mesmo exercendo diretamente efeitos sobre retenção de água, pH, CTC, entre outros (CUNHA, *et al.*, 2015). Os valores de MO variaram entre 28,8 e 44,7 g dm^{-3} (Tabela 3), que pode ser considerado de alto a muito alto. Analisando o mapa de MO (Figura 2 - B), observa-se a baixa variabilidade no talhão, novamente explicado pelo baixo coeficiente de variação.

Da tabela 3 verificou-se que, os valores para Fósforo (P), variam de 5,75 a 42,02 mg dm^{-3} , que pode ser classificado de baixo a muito alto. Analisando o mapa de distribuição do Fósforo (P), nota-se uma baixa variabilidade em grande parte do talhão, no geral o maior valor do teor de P foi na faixa de 5,75 a 27,51 mg dm^{-3} , exceto na região noroeste do mapa (Figura 2-C), que pode explicar o CV de 35 % classificado como muito alto.

Analisando os valores do potássio (K), que variou de 0,51 a 1,09 cmol dm^{-3} (Tabela 3), pode ser classificado de como muito alto de acordo com o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019), (Tabela 2), mas dentro desses valores possui um CV de 12% médio, observando o mapa disponibilidade de K (Figura 2- D) pode-se observar esta variabilidade. Segundo Hurtado *et al.* (2008) o alto teor de K é muito comum em áreas onde se produz grãos a mais de 5 anos.

De acordo com a Tabela 3, o Calcio (Ca) variou de 5,06 a 14,93 cmol dm^{-3} e o Magnésio (Mg) de 1,28 a 4,36 cmol dm^{-3} , esses atributos foram classificados como muito alto para o Ca e de alto a muito alto para o Mg (Tabela 1). O mapa de cálcio (Figura 3 – A) apresentou certa homogeneidade exceto pelas áreas que variaram de 10,98 a 12,96 cmol dm^{-3}

e 12,96 a 14,93 cmol dm^{-3} que elevou o CV para médio, já o mapa de Mg (Figura 3 – B) apresentou maior variabilidade, explicado pelo seu CV de 21 % classificado como alto.

A capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo, a $\text{CTC}_{(\text{T})}$ a pH 7,0, que é determinada pela soma dos cátions ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$), que variou de 13,68 a 24,53 cmol dm^{-3} , e a $\text{CTC}_{(\text{t})}$ efetiva, expressa sem considerar o íon H^{+} variou de 7,14 a 19,92 cmol dm^{-3} (Tabela 3), a interpretação de acordo com a tabela 1, é de alto para muito alto. Analisando os mapas (Figura 3 – C e D), nota-se certa semelhança da variabilidade no talhão, a diferença entre os CVs se dá pela variação da quantidade de H^{+} , pois Al^{3+} é praticamente nula na área.

A média da saturação de bases (V%) foi de 62,08 %, classificada como alta, entretanto teve uma variação de 51,11 a 81,17% (Tabela 3), classificados de alto para muito alto (Tabela 2). Segundo Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019), não há necessidade de aplicação de calcário no talhão estudado, considerando a cultura da soja, que deve-se aplicar calcário para elevar V para 60 % quando for menor que 50 %, o mesmo vale para a adubação potássica, que teve o teor de K^{+} considerado muito alto, sendo assim não foi necessário gerar o mapa de recomendação.

Figura 2 - Mapas de variabilidade dos atributos químicos do solo para pH CaCl_2 , Matéria Orgânica, Fósforo e Potássio.

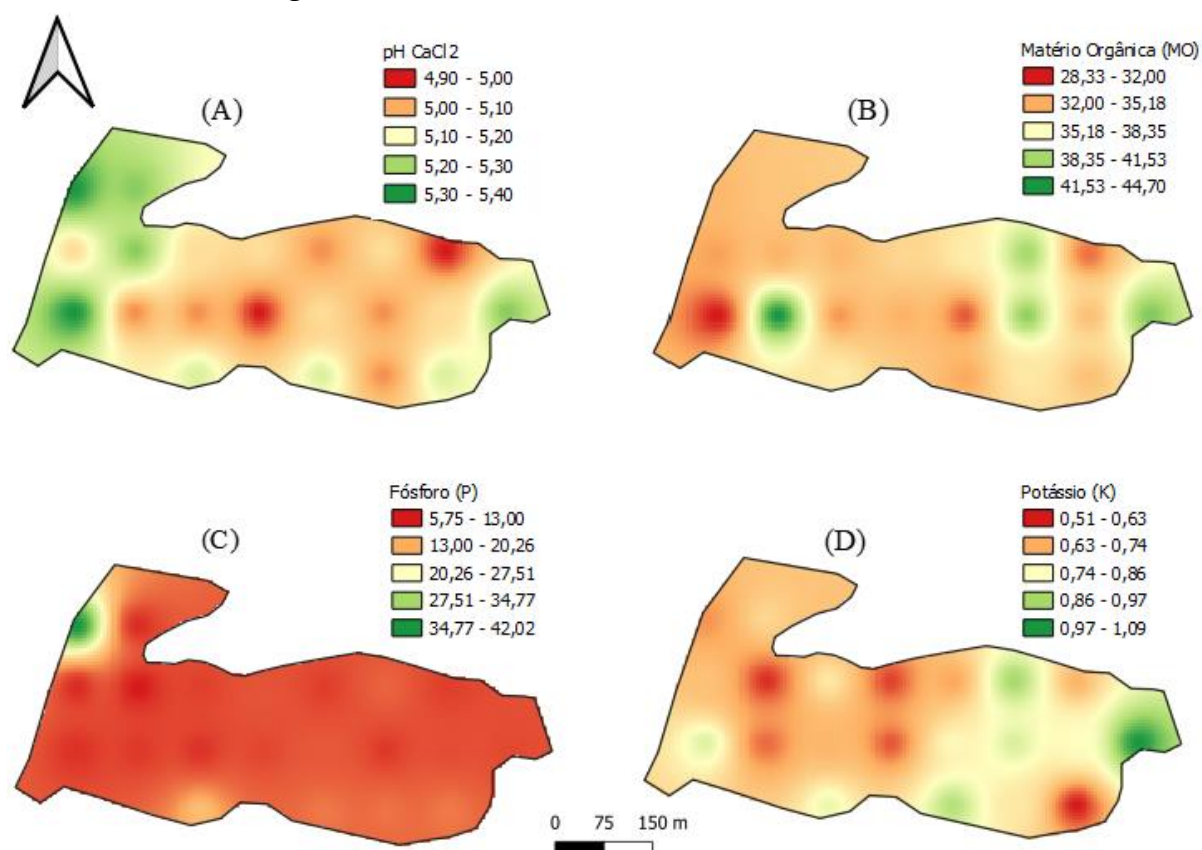


Figura 3 - Mapas de variabilidade dos atributos químicos do solo: Cálcio, Magnésio, CTC total e CTC efetiva.

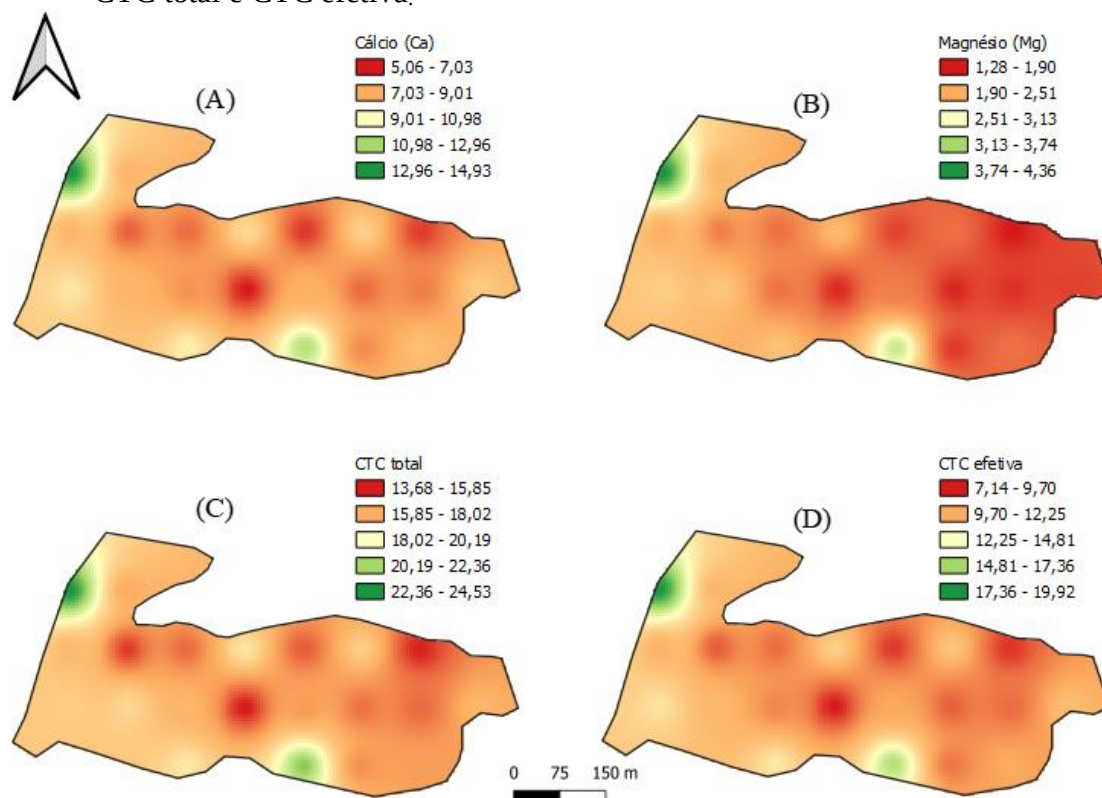
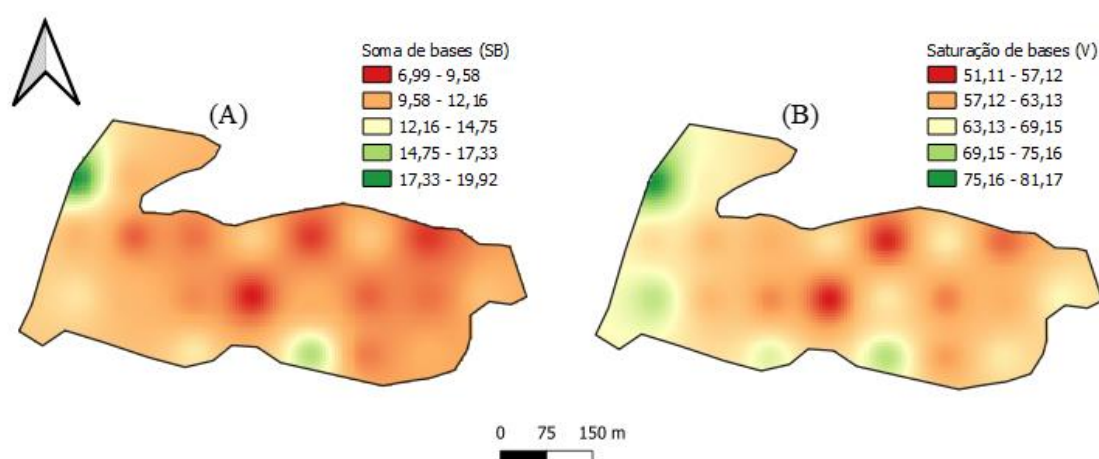
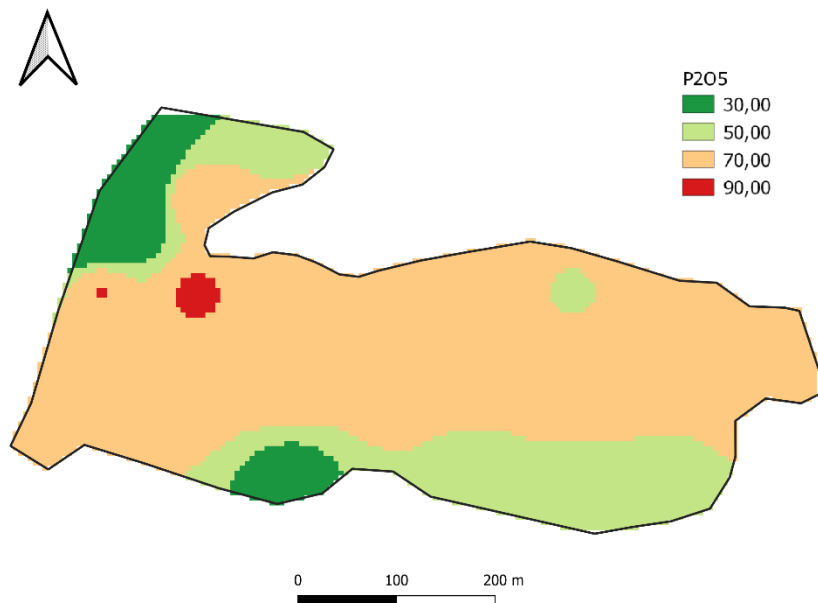


Figura 4 - Mapas de variabilidade dos atributos químicos do solo: Soma de bases e Saturação de bases.



O mapa de necessidade de P mostra que quando ocorre aplicação de forma variável, em alguns locais do talhão (ou área), pode existir maior exigência de P_2O_5 , como nota-se na faixa central que corresponde a aproximadamente 70 % da área onde deverá ser aplicado 70 kg ha^{-1} , ou de menor, como na região noroeste e sul sudeste do mapa (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de recomendação de fósforo (P_2O_5) ($kg\ ha^{-1}$)



Analisando os mapas (Figura 3 – A,B,C,D e Figura 5 – B) , pode-se observar a similaridade na variabilidade do Ca, Mg, V e CTC, pois o cálcio tem forte relação com magnésio, e ainda fazem parte do cálculo da CTC e que por sua vez faz parte do cálculo da saturação por bases. Portanto, mostra-se que os mapas de variabilidade dos atributos químicos do solo são uma ótima ferramenta para avaliar a fertilidade do solo e auxiliar na recomendação de adubação e corretivos.

Conclusão

A variabilidade dos atributos químicos do solo avaliados foi baixa, com valores adequados de fertilidade, não havendo necessidade de calagem e adubação potássica para a cultura da soja. Para a recomendação de fósforo o mapa gerado mostra uma baixa variabilidade da necessidade de fósforo.

Referências

BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. D. C.; VAZ, C. M. P.; SPERANZA, E. A.; CRUVINEL, P. E. **Agricultura de precisão e agricultura digital**. Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2019

BERNARDI, J. V. E.; NEIRA, M. P.; MANZATTO, A. G.; DE HOLANDA, I. B. B., De ALMEIDA, R., BASTOS, W. R., ... & vieira, L. C. G. Aplicação da análise geoestatística para modelagem espacial do mercúrio e matéria orgânica em solos florestais na Amazônia Ocidental. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 4, n. 3, p. 31-46, 2015.

BHERING, S. B.; DOS SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; DE CARVALHO, A. P.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-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.

CORRÊA, M. F.; NAVROSKI, R.; GOMES, A. D.; NETO, A. G.; NADAL, A. P.; FLORES, J. H. N.; SCHUCH, L. O. B. Variabilidade espacial dos atributos químicos e agrônômicos do solo em campo de produção de sementes de trigo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 4, p. 500-509, 2017.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. (2015). **Matéria orgânica do solo**. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE).

SILVA CARNEIRO, J. S.; DOS SANTOS, A. C. M.; FIDELIS, R. R.; DA SILVA NETO, S. P.; DOS SANTOS, A. C.; DA SILVA, R. R. Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, 2016.

DALCHIAVON, F. C.; RODRIGUES, A. R.; DE LIMA, E. S.; LOVERA, L. H.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo cultivado com soja sob plantio direto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 2, p. 144-154, 2017.

DE CAMPOS BERNARDI, A. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. (2017). Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 211-227, 2017.

RESENDE, A. V.; FONTOURA, S. M. V.; BORGHI, E.; DOS SANTOS, F. C.; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; BORIN, A. L. D. C. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

LIMA, J. S. D. S.; SILVA, S. D. A.; SILVA, J. M. D. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 16-23, 2013.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A. V.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S.; HIGASHIKAWA, F. S. Otimização da adubação em lavouras com altos teores de potássio no solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo-RS, v. 106, n. 1, p.1-4, 2008.

MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 17-26, 2015.

MOLIN, J. P.; DO AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. **Agricultura de precisão**. Oficina de textos, 2015.

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

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

TEIXEIRA, T. D. G.; AMADO, T. J. C.; BORTOLOTTI, R. P.; DE OLIVEIRA FERREIRA, A.; SCHOSSLER, D. S.; ALBA, P. J.; HANSEL, F. D. (2013). Variabilidade de atributos químicos do solo sob diferentes grids de amostragem em agricultura de precisão. **BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE-Revista de Agricultura**, v. 88, n. 3, p. 169-178, 2013.

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.