

Amostragem Georreferenciada em Faixa para Avaliação da Variabilidade Espacial de Atributos Químicos do Solo em Área Cultivada com Amendoim

Luiz Antônio Correia Ribeiro¹

Renata Bruna Dos Santos Coscolin Favan²

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos do solo por meio da amostragem georreferenciada em faixas, em uma área cultivada com amendoim no município de Herculândia – SP. Foram coletadas 15 amostras de solo distribuídas em três faixas (faixa 1, Faixa 2 e Faixa 3) com uma densidade amostral de 1,5 pontos por ha, georreferenciadas e submetidas à análise química básica do solo. Os dados obtidos foram analisados por meio de técnicas de estatísticas e ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), possibilitando uma avaliação detalhada da distribuição espacial dos atributos do solo. A análise estatística dos dados revelou variabilidade significativa entre as faixas, com a faixa 2 apresentando melhores condições de fertilidade, sobretudo para os teores de P e K. A interpolação dos dados permitiu a elaboração de mapas de variabilidade espacial, evidenciando padrões que podem subsidiar práticas de manejo localizadas. Os resultados demonstram que a amostragem em faixa, associada a ferramentas de geoprocessamento, é uma estratégia eficaz para orientar o manejo de solos em áreas agrícolas, contribuindo para o uso racional de insumos e aumento da sustentabilidade da produção.

Palavras-chave: Amendoim. Georreferenciamento. Solo

¹ 1Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia, Pompeia-SP,

²Docente do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompeia, Pompeia-SP.

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade espacial dos atributos do solo tem um papel fundamental na definição de estratégias de manejo sustentável e eficiente da fertilidade (Souza & Marques Júnior, 2006; Grego & Vieira, 2005). A agricultura de precisão permite identificar essa variabilidade e propor zonas de manejo diferenciadas (Bernardi et al., 2018; Molin, 2007), otimizando o uso de insumos e melhorando a produtividade das culturas (McBratney, Whelan & Ancev, 2005).

No cultivo do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), compreender a distribuição espacial das características químicas e físicas do solo é essencial para maximizar a eficiência produtiva e reduzir custos. A delimitação de zonas de manejo com base em amostras georreferenciadas contribui para um planejamento mais preciso da aplicação de adubos e corretivos, evitando desperdícios e minimizando impactos ambientais (Montanari, Souza & Oliveira, 2015).

A adequada nutrição mineral da cultura do amendoim, associada à caracterização precisa dos atributos de fertilidade do solo, é determinante para o alcance de elevados níveis de produtividade e qualidade dos frutos.

Em comparação com outras espécies cultivadas em larga escala, os genótipos de amendoim destacam-se por apresentar elevada exigência nutricional, especialmente quanto aos macronutrientes primários — nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), os quais estão presentes nos processos fisiológicos e reprodutivos da planta (Finoto et al., 2017). A cultura apresenta particular sensibilidade à disponibilidade de nutrientes essenciais como cálcio, fósforo e potássio (Cantarella, Raij & Camargo, 1997).

O cálcio exerce papel crucial no desenvolvimento adequado das vagens e no enchimento dos grãos, sendo imprescindível durante as fases reprodutivas. O fósforo, por sua vez, é determinante para o estabelecimento inicial da planta, contribuindo significativamente para a formação e o crescimento do sistema radicular. Já o potássio está diretamente envolvido em processos fisiológicos vitais, como a fotossíntese, o transporte de fotoassimilados e a modulação da tolerância da planta a estresses abióticos (Coelho & França, 1996; Malavolta, 2006).

Entretanto, a resposta da cultura à adubação é variável, sendo observados desde incrementos na produtividade em determinadas condições edafoclimáticas até ausência de resposta significativa à aplicação de fertilizantes em outros contextos (Godoy et al 2008).

Atributos físicos, como a textura do solo, e químicos, como o pH, exercem forte influência no desenvolvimento da cultura, afetando tanto a disponibilidade de nutrientes quanto a estrutura do solo necessária para o crescimento das raízes (Gallo et al., 2012; Silva & Silva, 2018).

Dessa forma, o amendoim tem apresentado desenvolvimento em solos arenosos, considerados de baixa fertilidade e baixos teores de cálcio e magnésio. Embora a cultura seja considerada tolerante à acidez, seu crescimento adequado depende do suprimento desses nutrientes. Por isso, a aplicação de corretivos para manter a acidez do solo em níveis ótimos é essencial para restaurar o potencial produtivo (Caires et al., 2000).

Além disso, é importante ressaltar que os solos arenosos apresentam menor Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e, consequentemente, maiores taxas de lixiviação, o que pode alterar os referenciais e doses necessárias para restabelecer o potencial produtivo através da neutralização do alumínio e hidrogênio fitotóxicos (Nolla & Anghinoni, 2006).

Com isso, a distribuição das frações e das partículas de solo influencia a maioria dos processos que ocorrem no solo, como a capacidade de retenção de água, erosão, fluxo de nutrientes e estabilidade estrutural (Delbari et al., 2014).

A amostragem em faixa tem se mostrado uma metodologia eficaz para analisar a variabilidade espacial em diversas culturas, permitindo capturar a distribuição dos atributos do solo ao longo de áreas específicas dentro do talhão (Santi et al., 2012; Santos et al., 2018). Ao coletar amostras de forma linear ao longo das faixas de plantio, é possível obter uma representação mais detalhada da variabilidade que pode influenciar diretamente o desenvolvimento das plantas em cada linha.

Embora a literatura demonstre a importância da variabilidade espacial no manejo da fertilidade do amendoim, estudos que exploram essa variabilidade

especificamente em faixas de plantio, utilizando dados georreferenciados para informar o manejo da fertilidade, ainda podem ser aprofundados.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a variabilidade espacial de atributos de fertilidade do solo como: (pH, Ca, Mg, P, K, SB, CTC e V%) em um talhão cultivado com amendoim utilizando a metodologia de amostragem em faixa com pontos georreferenciados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas de estudo

A área experimental está situada na Fazenda Nova Esperança, localizada no município de Juliânia, Herculândia – SP, com coordenadas geográficas de 21°52'57.4" S de latitude e 50°18'54.9" W de longitude. O talhão em questão é destinado ao cultivo de amendoim.

O experimento foi conduzido no dia 22 de março de 2025, durante o período da manhã. (Figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica da área experimental na Fazenda Nova Esperança, município de Juliânia, distrito de Herculândia – SP.



Fonte: Imagem própria, QGIS (2025)

2.2 Elaboração da grade amostral em “faixas” e coleta das amostras

Foi implantada uma malha amostral composta por 15 pontos georreferenciados, distribuídos aleatoriamente ao longo da área experimental. Os pontos foram alocados em três faixas alternadas (Faixa 1, Faixa 2 e Faixa 3), cada

uma com área aproximada de 2,5 hectares, totalizando cerca de 7,5 hectares de superfície amostrada. Essa disposição resultou em uma densidade amostral estimada em 1,5 ponto por hectare (Figura 2).

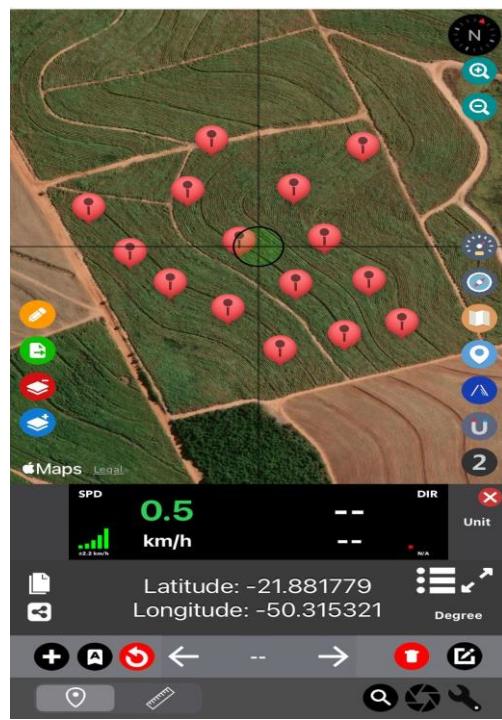
Figura 2 - Distribuição espacial dos 15 pontos de amostragem alocados aleatoriamente em três faixas intercaladas (Faixa 1, Faixa 2 e Faixa 3) na área experimental



Fonte: Imagem Própria, QGIS (2025).

Em cada ponto amostral, foram coletadas três subamostras dispostas ao redor do ponto central, em um raio aproximado de 6 metros, totalizando uma amostra composta. As coletas foram realizadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, utilizando-se uma escavadeira manual de porte médio, conforme as recomendações metodológicas para amostragens destinadas à análise química de rotina do solo. Para o georreferenciamento dos pontos de coleta, foi empregado um receptor de GPS embarcado em dispositivo móvel, operado por meio do aplicativo “Coordinates – GPS Formatter” (Figuras 3).

Figura 3 - Interface do aplicativo “Coordinates – GPS Formatter”



Fonte: Imagem própria, QGIS (2025).

Todo o processo de aquisição e processamento das imagens foi realizado utilizando a plataforma Google Earth Engine (GEE) (GORELICK et al., 2017), com um script desenvolvido em linguagem JavaScript.

Para a obtenção de mapas contínuos de disponibilidade de nutrientes esses foram obtidos através de uma análise de solo simples para a amostragem por pontos e na sequência procedeu-se a interpolação por (I.D.W) em cada uma das faixas.

2.3 Análise laboratorial

As amostras de solo, devidamente preparadas, foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solos da Fatec Pompeia – Shunji Nishimura, situado no

município de Pompéia, estado de São Paulo. A seguir segue a caracterização química do solo utilizado no experimento (tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização química inicial do solo.

Camada	pH CaCl ₂	pHH ₂ O	M.O. g dm ⁻³	Presina mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
0-20	5,5	6	4,3	23	4	11,5	7	21,5	39,5	53,5

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

2.4 Análise estatística

Os dados de PH (PHCACL₂ e PHH₂O), Matéria Orgânica (MO), Potássio (K), Cálcio (CA), Magnésio (MG), Soma de Base (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (V) foram submetidos à análise de normalidade pelo método de Shapiro (Shapiro, 1965).

Com isso, os atributos de PCCACL₂, PHH₂O, MO, K, CA, SB, CTC, V, dados que atenderam ao teste de normalidade, foram analisadas pelo teste de comparação de médias entre as faixas utilizando a Análise de Variância (ANOVA) e suas diferenças foram averiguadas pelo teste de Tukey à 95% de probabilidade.

Os dados do atributo de Magnésio (Mg), por não apresentarem distribuição normal, foram avaliados pelo teste de Kruskal-Wallis (KRUSKAL & WALLIS, 1952), e as diferenças entre as faixas foi determinada pelo teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner utilizando o software estatístico Jamovi versão 2.6 (JAMOVI, 2024).

2.5 Interpolação dos dados

Os valores de Ca, CTC, Mg, pHCaCl₂ , pHH₂O e SB, que apresentaram diferenças estatísticas entre as faixas, e foram interpolados para toda a área de cada faixa utilizando o algoritmo IDW (Burrough & McDonnell, 1998). Com os valores interpolados dessas variáveis, procedeu-se à análise de variância e ao teste de medianas, aplicando os métodos de Kruskal-Wallis e Dwass-Steel-Critchlow-Fligner, por meio do software estatístico Jamovi, versão 2.6 (Jamovi, 2024).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Na análise estatística descritiva dos atributos químicos (Tabela 2) nota-se que há uma diferenciação entre as faixas. A faixa 2 se destaca quantitativamente, com valores superiores, para os atributos de solo pHCaCl₂, pHH₂O, Ca, SB CTC e V%.

Tabela 2 - Análise estatística descritiva dos atributos químicos do solo (pHCaCl₂, pHH₂O, Ca, SB CTC e V%).

FAIXA	PHCACL2	PHH ₂ O	CA	SB	CTC	V	MG
Faixa 1	5.48 b	6.16 b	12.0 ab	23.0 a	45.0 a	51.4 ab	7a
Faixa 2	5.94 a	6.54 a	14.0 a	24.8 a	40.8 ab	60.0 a	9a
Faixa 3	5.56 b	6.24 ab	8.60 b	16.6 b	32.8 b	49.0 b	5b

*letras diferentes na coluna indicam diferença estatisticamente significativas entre as faixas pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Dessa forma, percebe-se que a faixa 2 situada basicamente no centro da área selecionada para o experimento apresentou uma concentração maior de nutrientes uma vez, potencialmente as plantas teriam uma melhor performance produtiva e indicativo de menor quantidade recomendada de adubação para essa área. Segundo, Pinto et al. 2020 as variáveis envolvendo os atributos químicos do solo apresentam maior variabilidade espacial.

Segundo Bottega et al (2013), a adubação e calagem promovidas de maneira sucessivas e irregulares são uma das causas das variações químicas do solo, uma vez que os proprietários da fazenda onde está localizada a área de estudo não utilizam ferramentas de agricultura de precisão para avaliação das áreas.

De modo geral, os atributos químicos do solo apresentaram valores médios indicativos de condições equilibradas de fertilidade para a cultura de amendoim. Tal resultado obtido pela análise das faixas pode estar associado ao efeito residual da adubação realizada nas culturas antecessoras, a qual pode ser suficiente para suprir as exigências nutricionais do amendoim, cultura reconhecidamente pouco responsável à adubação em áreas previamente fertilizadas (Pinto et al., 2020).

Assim, o sistema de cultivo em faixas permite que cada unidade cultivada seja manejada de forma independente. Nesse contexto, a amostragem georreferenciada

voltada à caracterização da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo possibilite a execução de práticas agronômicas específicas para cada espécie cultivada. Como resultado, o agricultor dispõe de informações detalhadas sobre as demandas nutricionais diferenciadas, otimizando a recomendação e aplicação de insumos, especialmente a adubação.

Com isso, a aplicação do processo de interpolação possibilitou um aumento considerável na densidade dos dados por atributo, ampliando o número de pontos analisados de 5 para aproximadamente 292 por faixa.

A análise estatística por meio do teste de diferenciação de medianas aplicada aos dados interpolados (Tabela 3) revelou diferenças significativas entre as faixas para os atributos de solo pH CaCl₂, pH H₂O, Ca, Mg, Soma de Bases (SB) e Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

Na tabela 3 observou-se também que os atributos CTC e Mg apresentaram valores mais elevados na faixa 1, enquanto os atributos Ca, Mg, SB, pH CaCl₂ e pH H₂O se destacaram na faixa 2, evidenciando variações espaciais relevantes na distribuição desses atributos.

Tabela 3 - Medianas e coeficiente de variação dos atributos químicos do solo a partir dados interpolados.

Faixa	CA	CTC	MG	PHCaCl2	pHH2O	SB
Faixa1	12.0 (0.92)	b 41.7 (6.50)	a 7.31 (1.65)	a 5.56 (0.15)	c 6.25 (0.11)	c 22.9 (3.16) b
Faixa2	13.7 (1.13)	a 40.9 (1.82)	b 8.00 (0.83)	a 5.89 (0.16)	a 6.50 (0.15)	a 24.6 (1.63) a
Faixa3	9.68 (1.94)	c 35.4 (3.40)	c 5.69 (0.90)	b 5.61 (0.20)	b 6.28 (0.17)	b 18.5 (3.20) c

*letras diferentes na coluna indicam diferença estatisticamente significativas entre as faixas pelo teste de Kruskal-Wallis e Dwass-Steel-Critchlow-Fligner a 95% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Com base na variabilidade observada por meio dos coeficientes de variação (CV) obtidos a partir dos dados interpolados, verificaram-se diferenças significativas entre as faixas (Tabela 4). A faixa 1 apresentou CV médio para os atributos CTC e Mg, e CV baixo para Ca, pHCaCl₂, pHH₂O e SB. Na faixa 2, os atributos Ca, CTC,

$\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ e SB apresentaram CV baixo, enquanto o Mg apresentou CV médio. Já na faixa 3, os atributos $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ e $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ apresentaram CV baixo, CTC e Mg apresentaram CV médio, e Ca e SB apresentaram CV alto.

Tabela 4 – Coeficiente de Variação (CV) dos Atributos Químicos do Solo nas Diferentes Faixas de Amostragem, com Classificação dos Níveis de Variabilidade.

CV	CA	MG	PHCACL2	PHH20	PHSMP	SB
Faixa 1	0,072	0,103	0,039	0,032	0,225	0,077
Faixa 2	0,083	0,105	0,017	0,014	0,061	0,089
Faixa 3	0,249	0,190	0,027	0,020	0,080	0,208
Baixo		0,000				
Médio		0,110				
Alto		0,210				
Muito Alto		0,310				

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Segundo Carvalho et al. (2003), os resultados de análises de atributos do solo costumam apresentar valores altos de coeficiente de variação, entretanto no presente estudo os dados interpolados para os atributos químicos nas diferentes faixas atestam a variabilidade média a baixa para os atributos citados entre as faixas selecionadas de um mesmo talhão.

De acordo com Cavalcante et al. (2007), altos valores de coeficiente de variação (CV%) podem ser observados em áreas onde há provável efeito residual de adubações anteriores. Isso ocorre porque, geralmente, a adubação é realizada na linha de plantio, enquanto a correção da acidez do solo e a deposição dos restos culturais são feitas a lanço, o que impede uma homogeneização adequada da área. Segundo Silva et al. (2003), mesmo as aplicações a lanço, seguidas de revolvimento do solo para incorporação do calcário, geram variabilidade no solo. Todavia, nas 3 faixas os valores de Ph do solo não possuem altos CV para os dados interpolados sugerindo que o talhão analisado durante o processo de calagem teve uma boa homogeneização do calcário.

A interpolação dos dados pelo método IDW gerou mapas de distribuição espacial para os atributos químicos que apresentaram diferenças estatísticas, estimando a presença de potencial variabilidade espacial para cada um deles entre as faixas.

De acordo com Carneiro et al. (2016) e Pandolfo et al. (2020), os mapas de distribuição espacial são essenciais para verificar e interpretar a variabilidade espacial do terreno, bem como para avaliar as condições de fertilidade do solo, observando as necessidades específicas de manejo.

Os mapas presentes na (Figura 4) apresentam a estimativa espacial dos valores de pH em água ($\text{pH H}_2\text{O}$) e pH em solução de CaCl_2 (pH CaCl_2). Apesar dos baixos coeficientes de variação observados, o mapa indica que os menores valores de $\text{pH H}_2\text{O}$ ocorrem na faixa 1. Ainda assim, os valores estimados para todas as faixas encontram-se dentro da faixa considerada ideal para o desenvolvimento das culturas agrícolas, que varia de 5,5 a 6,8, conforme estabelecido pela EMBRAPA (2012). Os valores médios de $\text{pH H}_2\text{O}$ para as faixas 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 6,25; 6,50 e 6,28 (Tabela 3), evidenciando adequação do solo à implantação da cultura em todas as faixas avaliadas.

A calagem e outras práticas de manejo do solo que visam otimizar o pH são favoráveis ao cultivo do amendoim. Manter o pH do solo na faixa ideal de 5,5 a 6,8 assegura a adequada disponibilidade de Ca e Mg essenciais para formação de grão (Santos et

al. 2013). Dentro dessa faixa, a solubilidade de nutrientes como fósforo, fundamental para o desenvolvimento radicular e a fixação de nitrogênio, cálcio, essencial para a formação dos frutos, e magnésio, importante na fotossíntese, é maximizada (Kassie et al. 2024).

Figura 4 – Mapas interpolados referentes a pH em água ($\text{pH H}_2\text{O}$) e pH em solução de CaCl_2 (pH CaCl_2).



Fonte: Imagem própria, QGIS (2025).

Na sequência, para os atributos cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) Figura 5 apresentaram concentrações entre 12,0 mmolc dm⁻³ (faixa 1), 13,7 mmolc dm⁻³ (faixa 2) e 9,68 mmolc dm⁻³ (faixa 3) para o Ca e 7,31 mmolc dm⁻³ (faixa 1), 8,0 mmolc dm⁻³ (faixa 2) e 5,69 mmolc dm⁻³ (faixa 3) para o Mg (tabela 3).

Figura 5 – Mapas interpolados referentes a cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).



Fonte: Imagem própria, QGIS (2025).

Segundo Vieira et al. (2014), os níveis recomendados desses nutrientes para o cultivo do amendoim devem ser superiores a 20 mmolc dm⁻³ para o Ca e 5 mmolc dm⁻³ para o Mg.

Constatou-se que os teores de magnésio (Mg) se mantêm acima do nível crítico em todas as faixas avaliadas, indicando disponibilidade adequada desse nutriente. Em contrapartida, as concentrações de cálcio (Ca) situam-se abaixo dos valores considerados ideais, o que pode configurar uma restrição nutricional com potencial impacto no desempenho da cultura. A deficiência de Ca foi consistente entre as faixas, enquanto os níveis adequados de Mg foram mantidos em todas elas. Destaca-se, entretanto, uma maior concentração de ambos os elementos na faixa 2.

Tal comportamento pode estar relacionado a fatores como a textura e estrutura do solo, o teor e tipo de matéria orgânica, ou ainda à própria exigência nutricional da cultura (Vieira et al., 2014). O cálcio é particularmente importante para o desenvolvimento do sistema radicular, formação dos frutos (ginóforos e vagens) e qualidade das sementes, o que reforça a necessidade de sua adequação no manejo do solo (Vieira et al., 2014).

Os mapas interpolados referentes a SB e CTC (Figura 6) apontam valores de SB nas faixas entre 22,4 mmolc dm⁻³ (faixa 1), 24,6 mmolc dm⁻³ (faixa 2) e 18,5 mmolc dm⁻³ (faixa 3) e para a CTC 41,7 mmolc dm⁻³ (faixa 1), 40,9 mmolc dm⁻³ (faixa 2) e 35,4 mmolc dm⁻³ (faixa 3). De acordo com Godoy et al. (2004) os níveis de SB os quais estiveram na faixa de 35 mmolc/dc3 e 50 mmolc dm⁻³ indicaram altas produtividades após a aplicação do calcário, logo os valores encontrados nas faixas ainda devem ser ajustados para um melhor desempenho do amendoim.

Figura 6 - Mapas interpolados referentes a SB e CTC.



Fonte: Imagem própria, QGIS (2025).

Sorato et al. (2008) em seu estudo a partir de adubação fosfatada e manejo da acidez do solo indicaram que as maiores produtividades foram obtidas em solos com pH 7 e CTC nas faixas de 50 e 80 mmolc. Os autores não definem uma faixa ideal única de CTC para o amendoim, mas os resultados sugerem que solos com CTC nessa faixa, quando bem manejados quanto à acidez e nutrição, oferecem um bom potencial para a cultura. Uma CTC mais alta indica maior capacidade do solo em reter e fornecer nutrientes para as plantas.

Figura 7 - Índice de saturação por bases (V%).



Fonte: Imagem própria, QGIS (2025).

O índice de Saturação por Bases (V%), (Figura 7) apresentou valor de 60% na faixa 2, considerado adequado para o cultivo do amendoim, enquanto as faixas 1 e 3 apresentaram valores inferiores, de 51% e 49%, respectivamente. O V% está diretamente relacionado à fertilidade natural do solo e serve como parâmetro para avaliar a necessidade de correção da acidez.

De acordo com Freire et al. (2011), a faixa ideal de V% para a cultura do amendoim varia entre 60% e 80%. Assim, embora os valores de pH estejam adequados em todas as faixas, os baixos índices de V% nas faixas 1 e 3 sugerem possível inadequação na distribuição de corretivos e fertilizantes, reforçando a importância de inspeções e ajustes localizados nessas regiões.

4. CONCLUSÃO

A amostragem georreferenciada em faixa demonstrou-se eficiente na identificação da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em área cultivada com amendoim. A análise estatística, associada à interpolação dos dados, evidenciou diferenças significativas entre as faixas, destacando-se a faixa 2, que apresentou melhores condições de fertilidade. Esses resultados indicam que a amostragem em faixa, aliada a técnicas de interpolação, pode subsidiar o manejo localizado da adubação, promovendo maior eficiência na utilização de insumos e contribuindo para a sustentabilidade do sistema produtivo. Por fim, recomenda-se que estudos futuros aumentem o número de pontos amostrais e incluam atributos físicos

do solo e dados de produtividade, com o objetivo de refinar a delimitação das zonas de manejo e fortalecer a aplicação da agricultura de precisão em culturas de alto valor agronômico, como o amendoim.

Entretanto, algumas limitações devem ser consideradas. O número reduzido de pontos amostrais (15 no total), embora distribuídos em faixas, pode comprometer a representatividade da variabilidade espacial em toda a área analisada. Além disso, o estudo limitou-se à avaliação de atributos químicos, desconsiderando características físicas (como textura, densidade e umidade) e biológicas (como atividade microbiana e matéria orgânica ativa), que também exercem influência significativa sobre a fertilidade e o desenvolvimento da cultura. A pesquisa foi conduzida em apenas um talhão e em uma única safra, o que restringe a extração dos resultados para diferentes contextos edafoclimáticos e sistemas de manejo. Outro ponto a ser considerado é a aplicação de uma única técnica de interpolação (I.D.W), sem comparação com outros métodos geoestatísticos, como krigagem, que podem oferecer maior precisão na representação espacial dos atributos avaliados. Essas limitações evidenciam a necessidade de abordagens mais abrangentes em estudos futuros, com maior densidade amostral, avaliação multitemporal e integração de diferentes tipos de dados, a fim de proporcionar diagnósticos mais robustos e aplicáveis em larga escala.

5. REFERÊNCIAS:

- BERNARDI, A. C. de C. et al. Agricultura de precisão: conceitos e aplicações. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 13, n. 3, p. 384-391, 2018.
- 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.
- BRUYÈRE, O.; DARDELINE, N.; DONNEAU, A.; REGINSTER, J. Y. Pharmaceutical-Grade Chondroitin Sulfate: an analysis of the CONCEPT Trial. *Advances in Therapy*, v. 37, n. 11, p. 4641–4648, 2020. DOI: 10.1007/s12325-020-01484-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12325-020-01484-x>. Acesso em: 10 maio 2025.
- CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 161-169, 2000.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. de O. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. (Boletim Técnico, 100).
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Cultura do amendoim. In: EMBRAPA-CNPMS. *Tecnologias de produção de grãos: milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1996.

DELBARI, M.; LOISKANDL, W.; AFRASIAB, P. Uncertainty assessment of soil organic carbon content spatial distribution using geostatistical stochastic simulation. *Australian Journal of Soil Research*, v. 48, p. 27-35, 2014.

EMBRAPA ALGODÃO. *Sistema de Produção de Amendoim*. 1. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012.

FINOTO, E. L.; CENTURION, M. A. P. C.; CRUZ, M. C. P. Sistema de produção de amendoim na reforma de canavial e identificação de áreas aptas. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. (Eds.). *Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos*. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2017. p. 621-654.

GALLO, J. R. et al. Nutrição e manejo do amendoim. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 18, n. 2, p. 83-92, 2012.

GODOY, I. J.; NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; CENTURION, J. F.; ROZANE, D. E. Calagem e adubação para o amendoim em Latossolo Vermelho distrófico no arenito Botucatu. *Bragantia*, v. 63, n. 3, p. 359-367, 2004.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Aplicações da variabilidade espacial na agricultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 5, p. 853-864, 2005.

MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

McBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M.; ANCEV, T. J. Precision agriculture: global perspectives. *Science*, v. 308, n. 5727, p. 299-302, 2005.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão: tecnologias para o futuro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 4, p. 345-352, 2007.

MONTANARI, R.; SOUZA, Z. M. de; OLIVEIRA, S. R. de M. *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2015.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Respostas do milho e do solo à aplicação de calcário e gesso em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, n. 6, p. 1181-1188, 2006.

PINTO, A.; SANTANA, L.; CAMARA, L.; SILVA, L. F. Cultivo de amendoim em função da adubação e do espaçamento entre plantas em sistema de sequeiro e irrigação complementar. *Colloquium Agrariae*, v. 16, n. 3, 2020.

RESENDE, Á. V.; COELHO, A. M. Amostragem para mapeamento e manejo da fertilidade do solo na abordagem de agricultura de precisão. *Informações Agronômicas*, n. 159, p. 1-8, set. 2017. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute – IPNI Brasil.

RUSMAYADI, G.; SAFRUNDDIN, K. Effect of Soil pH Variation on Peanut Plant Growth. *West Science Agro*, v. 2, n. 2, p. 63–69, 2024. DOI: 10.58812/wsa. v2i02.944.

Disponível em: <https://wsj.westsciences.com/index.php/wsa/article/view/944>. Acesso em: 10 maio 2025.

SANTI, A. L.; CARLESSO, R.; TREIN, C. R.; CARGNELUTTI FILHO, A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta em faixas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 2, p. 501–509, 2012.

SANTOS, H. G. dos; SIQUEIRA, D. A.; SILVA, S. H. G.; MONTANARI, R. Amostragem de solo para agricultura de precisão. In: SANTOS, F. C.; MONTANARI, R. (Orgs.). *Agricultura de precisão: fundamentos e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 2018. cap. 5, p. 121–146.

SILVA, F. A.; SILVA, L. A. A. O manejo do solo para a cultura do amendoim. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 42, n. 1, p. 37-48, 2018.

SOUZA, C. M.; MARQUES JÚNIOR, J. A. Variabilidade espacial de atributos do solo: o uso da agricultura de precisão. *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 28, n. 4, p. 405-411, 2006.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distroférrico de cerrado sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 1, p. 133-139, 2003.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CASTRO, G. H. A. de; OLIVEIRA JÚNIOR, R. de; BORGHI, E. Calagem e adubação fosfatada em amendoim cultivado em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 283-292, 2008.