



# Agricultura de Precisão: Geoprocessamento aplicado para a análise temporal e espacial da [...]

26/05/2025

# 10de3420-3a5e-11f0-9ad7-a95c60cf9202

Semelhança: 12.9% Risco: moderado

## Resumo do relatório



Aviso: Seu documento contém alguns textos que são praticamente idênticos a alguns conteúdos encontrados nos arquivos. Temos apresentado estes resultados para a sua informação, mas há uma pequena chance de plágio. Você pode querer verificar os resultados de qualquer maneira.

| Página | Similarity |
|--------|------------|
| 1      | 12.9%      |

Agricultura de Precisão: Geoprocessamento aplicado para a análise temporal e espacial da fertilidade do solo em um talhão agrícola no Município de Cascavel - Paraná

Pablo José Laube Fragoso<sup>1\*</sup>; Joseane Bortolini<sup>1</sup>

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

<sup>1\*</sup>Pjlfragoso@minha.fag.edu.br

**Resumo:** A agricultura de precisão é uma abordagem de gerenciamento agrícola que se baseia em informações precisas e detalhadas. Nesse contexto, objetivou-se analisar a variabilidade da fertilidade do solo ao longo dos anos de 2015, 2020 e 2024, em talhão agrícola localizado no município de Cascavel-PR, elaborando mapas temáticos a fim de comparando ao longo do tempo. O talhão compreende uma área de 86,91ha, o procedimento metodológico consistiu na estruturação da base de dados para os anos em questão, os dados georreferenciados foram disponibilizadas pela Fazenda São Domingos, localizada na PR-180, em Cascavel – PR, sendo considerado um grid amostral de 85 pontos no talhão agrícola para a coleta de solo georreferenciada, por meio de quadriciclo. Os parâmetros analisados incluem variabilidade espacial para pH, matéria orgânica, teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo para cada um dos três anos, considerando as condições antes e depois da aplicação de insumos como calcário calcítico e cloreto de potássio. A incorporação dos resultados laboratoriais, interpolação de dados pelo método do Inverso da Distância ao Quadrado (IDW), bem como a estruturação dos mapas temáticos foi realizada no software Qgis (versão 3.16). Os resultados foram avaliados através da comparação visual ao longo dos anos, complementada pela estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação). Como resultados, a variabilidade da fertilidade do solo ao longo dos anos revela melhorias substanciais, a agricultura de precisão demonstrou ser eficaz na redução das deficiências, o que contribui para a melhoria da produtividade, com resultados mais expressivos em 2015 e 2020, mas também evidenciando avanços no ano de 2024.

**Palavras-chave:** Nutrientes do solo. Produtividade. Dados georreferenciados.

**Precision agriculture:** Geoprocessing applied for the temporal and spatial analysis of soil fertility in an agricultural plot in the municipality of Cascavel - Paraná

**Abstract:** Precision agriculture is an agricultural management approach that relies on accurate and detailed information. In this context, the objective was to analyze the variability of soil fertility over the years 2015, 2020 and 2024, in agricultural land located in the municipality of Cascavel-PR, elaborating thematic maps in order to relate with influence on productivity. The plot comprises an area of 86.91ha, the methodological procedure consisted in structuring the database for the years in question, the georeferenced data were made available by the São Domingos Farm, located in PR-180, in Cascavel - PR, being considered a sampling grid of 85 points in the agricultural stand for the collection of georeferenced soil by quadricycle. The parameters analyzed include spatial variability for pH, organic matter, calcium, magnesium, potassium and phosphorus levels for each of the three years, considering the conditions before and after the application of inputs such as lime limestone and potassium chloride.

The incorporation of the laboratory results, data interpolation by the method of the Inverse of the Distance to the Square (IDW), as well as the structuring of the thematic maps was carried out in the Qgis software (version 3.16). The results were evaluated through visual comparison over the years, supplemented by descriptive statistics (minimum, maximum, average, standard deviation, coefficient of variation). As results, the variability of soil fertility over the years reveals substantial improvements, directly reflecting on productivity. In 2015, the deficiencies were more pronounced, with areas in red and orange, but the corrections significantly increased

the availability of nutrients, especially in 2020, with greater soil homogenization. In 2024, improvements continued, although some areas still have punctual deficiencies, showing the positive impact of corrections and the constant evolution of soil fertility over time.

Keywords: Soil nutrients. Productivity. Georeferenced data.

## Introdução

No Brasil, o termo agricultura de precisão (AP) é utilizado para se referir ao sistema de produção adotado por agricultores em países de primeiro mundo, onde é conhecido como Precision Agriculture, Precision Farming ou Site-Specific Crop Management (Manzatto et al., 1999). Muitos produtores enxergam a agricultura de precisão como um conjunto de metodologias capaz de resolver os problemas da agricultura no país (Molin et al., 2010). No início da década de 1990, surgiram tecnologias e princípios voltados para o manejo das variabilidades espaciais e temporais ligadas à produção agrícola. A agricultura de precisão enfrenta o desafio de identificar as causas das variações espaciais na produtividade das culturas. Essas variações podem ser analisadas por meio de técnicas geoestatísticas, que possibilitam a criação de mapas e a delimitação de áreas com manejos diferenciados (Farias, 2002).

A agricultura de precisão (Zanzarini et al., 2013) é uma abordagem de gerenciamento agrícola que se baseia em informações precisas e detalhadas, culminando em decisões certas. Essa prática envolve o manejo do campo produtivo de forma minuciosa, considerando que cada parte da propriedade apresenta características distintas (Roza, 2000).

Segundo Pierce e Nowak (1999), a agricultura de precisão pode ser descrita como o processo que assegura a uniformidade da eficiência em cada metro quadrado da área cultivada, promovendo a otimização da produção e reduzindo a variabilidade nas áreas de plantio. Para Miranda (1999), adotar uma postura mais cautelosa em relação à agricultura de precisão envolve um processo complexo, cuja base está no conhecimento espacial exato das atividades agrícolas, frequentemente sustentado por dados coletados com o auxílio de satélites.

Por meio da agricultura de precisão é possível reverter o cenário atual ao possibilitar a aplicação de insumos agrícolas nos locais adequados e nas quantidades necessárias (Fatorgis, 1998). De acordo com Batchelor et al. (1997), a agricultura de precisão como abordagem de gestão agrícola permite aos produtores identificar a variabilidade dentro de um campo e, em seguida, gerenciar essa variabilidade com o objetivo de aumentar a produtividade e os lucros.

A agricultura de precisão integra novas tecnologias da era da informação com uma agricultura industrial já consolidada. Trata-se de um sistema de manejo de produção integrado que busca alinhar o tipo e a quantidade de insumos aplicados na propriedade com as necessidades específicas das culturas em pequenas áreas dentro de um campo. Embora essa meta não seja nova, as tecnologias atualmente disponíveis permitem que o conceito de agricultura de precisão seja colocado em prática de forma eficaz (Tschiedel; Ferreira, 2002).

De acordo com Coelho (2005), a coleta georreferenciada de amostras de solo, aliada à análise espacial e temporal dos mapas de fertilidade, permite um diagnóstico preciso das necessidades nutricionais do solo, resultando em aplicações mais adequadas de corretivos e fertilizantes. A aplicação de insumos a taxas variáveis, com base em dados precisos de mapeamento e análise de solos, assegura que cada área receba a quantidade necessária de insumos, melhorando a produtividade e a saúde do solo a longo prazo. Nesse contexto, objetivou-se analisar a variabilidade da fertilidade do solo ao longo dos anos de 2015, 2020 e 2024, em talhão agrícola localizado no município de Cascavel - PR, elaborando mapas temáticos a fim de comparar ao longo do tempo.

## Materiais e Métodos

O estudo foi realizado na Fazenda São Domingos, localizada na PR-180, em Cascavel - PR, em uma área de 86,91 hectares, com coordenadas de latitude 24°59'33.9"S e longitude 53°22'16.5"O, conforme apresentado na Figuras 1 e 2. O clima é subtropical úmido, Cfa, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. O solo é caracterizado como Latossolo Argiloso.

Figura 1 - Mapa de localização

Fonte: O autor (2024).

No talhão é feito o manejo comercial comum para a região, tendo como sucessão o plantio de soja e milho safrinha. As adubações eram realizadas apenas com base nas recomendações do agrônomo, e as correções eram feitas de forma fixa. Após a implementação da agricultura de precisão, as calagens foram realizadas com base nos mapas apresentados nos resultados e nas discussões.

Neste estudo, a amostragem regular foi estruturada com um ponto de coleta para cada hectare, totalizando 85 pontos amostrais em uma área de 85 hectares nos anos de 2015, 2020 e 2024.

Figura 2 - Área do talhão agrícola em estudo.

Fonte: O autor (2024)

Para a execução da coleta georreferenciada foi utilizado um quadriculo modelo Honda FourTrax, 420 equipado com o Sistema de Posicionamento Global (GPS) desempenha um papel fundamental na elaboração de mapas (Santi; Sebem; Giotto, 2016).

Inicialmente, percorrem-se as bordas do talhão para gerar o mapa de perímetro e, posteriormente, elabora-se o mapa em grid. O equipamento, guiado pelo GPS (Datum WGS 84), é levado a cada ponto central de coleta, onde são extraídas amostras de solo a uma profundidade de 0 a 20 cm (Figura 3).

Ao redor de cada ponto central, foram realizadas 15 coletas adicionais em um círculo com raio de 5m, Figura 5, a ser misturada para formar uma amostra representativa. Fritzen (2016) recomenda o uso de um grid de 1 hectare contendo 12 subamostras, visando uma representação mais precisa da área. No Brasil, são utilizadas grades amostrais variando de 1 a 4 hectares (Resende; Coelho, 2017), ou seja, em um grid de 1 hectare, coleta-se uma amostra de solo por hectare; no grid de 2 hectares, a coleta ocorre a cada 2 hectares, e assim sucessivamente.

Figura 3 - Quadriculo Honda FourTrax, 420 (SASI Soluções).

Fonte: O autor (2024).

Figura 4 - Coleta de amostras de solo georreferenciadas.

Fonte: O autor (2024).

Após a coleta, foram obtidas 85 amostras de solo, enviadas para análise em um laboratório credenciado.

Figura 5 - Mapa de grid.

Fonte: Molin et al., (2015).

As análises laboratoriais incluíram os parâmetros químicos do solo como (KCl), matéria orgânica, e teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo. Os resultados laboratoriais das análises de solo, para cada ano, foram incorporados a tabela de atributos do grid amostral, no software Qgis (Versão 3.16). No próprio software, a interpolação de dados foi realizada pelo método do Inverso da Distância ao Quadrado (IDW), utilizando um coeficiente P de 2 e uma resolução espacial de 5 metros.

Os dados foram submetidos a análise estatística descritiva no Qgis (média, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação). O coeficiente de variação foi avaliado segundo a classificação de Pimentel Gomes (1985) considerado alto de 20 a 30 % e muito alto se superior a 30%. Os atributos do solo foram analisados individualmente de acordo com as orientações do Manual de Adubação e Calagem do Paraná (Pauletti; Motta, 2019).

Posteriormente, foram elaborados mapas temáticos para cada uma das variáveis, permitindo a visualização da variabilidade espacial dos atributos químicos do talhão em estudo e sua comparação ao longo do tempo.

## Resultados e Discussão

Os resultados, a seguir, estão apresentados por meio de mapas temáticos vinculado a cada atributo químico do solo, ao longo dos três anos do estudo, permitindo uma comparação visual entre as condições antes e depois da aplicação de insumos na área, como calcário calcítico e cloreto de potássio, permitindo relacionar com influência na produtividade.

Na Figura 6, apresenta-se os resultados referente a variabilidade espacial e temporal para o atributo de potássio, antes e após a correção do solo. A comparação entre os mapas permite visualizar as mudanças na distribuição do potássio no solo ao longo dos anos analisados.

Em 2015, antes da correção, identificam-se áreas com deficiência de potássio, especialmente nas regiões centrais em vermelho, de 1,16 a 1,45, indicando baixos níveis desse nutriente. As concentrações mais baixas estão predominantemente distribuídas ao longo das bordas sul e leste da área analisada. Amado et al. (2016) destacam que cada fonte de fertilizante deve ser aplicada de forma isolada, pois a variabilidade espacial de fósforo e potássio no solo não é a mesma.

Figura 6 - Mapa da Variabilidade de Potássio

Fonte: O Autor (2025).

Buscando resolver os problemas agrícolas do país, com base em Molin et al. (2010), foi realizada a correção, que resultou em um aumento significativo nos níveis de potássio, com as áreas anteriormente em vermelho e laranja sendo substituídas, em grande parte, por tonalidades verdes e amarelas, sinalizando uma distribuição mais equilibrada e homogênea do nutriente no solo.

A análise dos mapas de 2020, com necessidade de manejos diferenciados segundo Farias (2002), também revelou mudanças expressivas na distribuição do potássio. Antes da correção, os valores variavam entre 1,89 e 2,43, enquanto após a correção houve um aumento significativo, resultando na transição das áreas em vermelho para amarelo e laranja, indicando melhoria na disponibilidade do nutriente.

Em síntese, em 2015, antes da correção, áreas centrais e sul apresentavam deficiência, com valores entre 1,16 e 1,45, predominando em vermelho. Após a correção, houve um aumento nos níveis de potássio, com substituição das áreas em vermelho por tonalidades verdes e amarelas, indicando maior equilíbrio na distribuição, uma decisão certa na agricultura de precisão (Zanzarini et al., 2013).

Em 2020, as melhorias continuaram, com transição das áreas vermelhas para amarelo e laranja, refletindo a eficiência da correção, já que cada talhão e propriedade apresenta características distintas (Roza, 2000).

Em 2024, observou-se evolução, mas sem atingir o mesmo nível de excelência de 2015 e 2020, embora o solo tenha melhorado substancialmente.

Antes da correção, em 2015, observa-se uma predominância de áreas em tons de vermelho e laranja na parte sul da área analisada, indicando baixos níveis de fósforo (Figura 7), com valores oscilando entre 4,75 e 5,65. Em contraste, a parte norte apresenta níveis mais elevados do nutriente, predominando as cores verde e amarelo-claro.

Analisando as necessidades nutricionais do solo, objetivando aplicações mais adequadas (Coelho, 2005), após a correção, nota-se uma mudança significativa na disponibilidade de fósforo na região sul, que passa a apresentar tonalidades verde-claro e verde-escuro, indicando um aumento expressivo na fertilidade do solo, resultado da necessidade espacial exata (Miranda, 1999).

No ano de 2020, as áreas com baixos teores de fósforo, representadas em vermelho, variavam entre 3,12 e 4,37. Com a correção, a região sul, anteriormente deficiente, passou a apresentar tonalidades verdes, evidenciando uma redistribuição eficiente do nutriente. Essa mudança demonstra que a aplicação dos corretivos foi eficaz na redução das variações espaciais do fósforo, promovendo maior uniformidade na fertilidade do solo e enriquecimento da área analisada (Zanzarini et al., 2013).

Tabela 1- Resultados da variabilidade de potássio comparado ao Manual de Adubação e Calagem do Paraná

Ano Média K

Média K

Após Correção

Manual de Adubação e Calagem do Paraná Mediana K

Mediana

K

Após Correção

CV CV

Após Correção

2015 1.639

( $\pm 0.200$ ) 3.999

( $\pm 0.010$ ) 4 1.65 4 12.202 0.250

2020 2.006

( $\pm 0.258$ ) 4.002

( $\pm 0.010$ ) 4 2.01 4.001 12.861 0,250

2024 2.906

( $\pm 0.670$ ) 4.104

( $\pm 0.172$ ) 4 2.615 4.016 23,055 4,191

Média Geral 2.184

( $\pm 0.376$ ) 4.035

( $\pm 0.063$ ) 2.09 4.006 17,216 1,561

K - potássio; CV: Coeficiente de Variação (%)

Na Figura 7, apresenta-se os resultados referente a variabilidade espacial e temporal para o atributo de fósforo, antes e após a correção do solo.

Figura 7 - Mapa da Variabilidade de Fósforo

Fonte: O Autor (2025).

Em 2024, antes da correção de fósforo, os valores de fósforo variavam entre 3,34 e 4,93, com áreas em vermelho indicando deficiência nutricional. Após a correção, essas regiões passaram a exibir tonalidades verde-claro e verde-escuro, sinalizando um aumento na disponibilidade do nutriente (Tschiedel; Ferreira, 2002). O mapa pós-correção revela uma distribuição mais homogênea do fósforo, com predominância de tons verdes, indicando um solo mais equilibrado e fértil. A distribuição espacial desigual antes da correção reforça a importância do mapeamento detalhado (Miranda, 1999) para um manejo eficiente e preciso do solo.

No Rio Grande do Sul, a análise dos teores de fósforo, voltada à agricultura de precisão, indicou que algumas amostras apresentam fertilidade média, necessitando de pequenas doses do nutriente. No entanto, há áreas com teores baixos ou muito baixos, exigindo maior atenção e aplicações mais elevadas para a correção da fertilidade do solo (Fiorin; Amado, 2016).

Portanto, em 2015, a região sul apresentou deficiência de fósforo (valores entre 4,75 e 5,65), enquanto o norte tinha níveis mais elevados. Após a correção, a distribuição do fósforo no solo foi mais homogênea, com a região sul apresentando melhoria significativa. Em 2020, as áreas deficientes passaram a exibir tonalidades verdes, refletindo a eficiência da correção. Em 2024, observou-se mais uma melhoria, com predominância de tons verdes e um solo mais equilibrado, o que impacta, positivamente no aumento da produtividade e dos lucros (Batchelor, et al., 1997).

Tabela 2- Resultados da variabilidade de fosforo comparado ao Manual de Adubação e Calagem do Paraná

Ano Média P

Média P

Após Correção

Manual de Adubação e Calagem do Paraná Mediana P

Mediana

P

Após Correção

CV CV

Após Correção

2015 7.072

(±1.34) 187.292  
 (±84.06) 12 7.17 161.59 18.957 44.881  
 2020 6.555  
 (±2.99) 553.096  
 (±101.32) 12 5.21 579.68 45.614 18.318  
 2024 6.141  
 (±1.64) 384.065  
 (±81.80) 12 5.46 416.35 26.705 21.298  
 Média Geral 6.589  
 (±1.99) 347.817  
 (±89.06) 5.94 368.20 30.201 25.605  
 P - Fósforo; CV: Coeficiente de Variação (%)

Na Figura 8, apresenta-se os resultados referente a variabilidade espacial e temporal para o magnésio, antes e após a correção do solo. Em 2015, antes da correção do magnésio observa-se uma predominância de áreas centrais no mapa em tons de vermelho e laranja, indicando baixos níveis desse nutriente, apontando pra necessidade de intervenção (Molin et al., 2010). Os valores na região vermelha variavam entre 3,61 e 5,6. Após a correção, houve uma mudança significativa na disponibilidade de magnésio, que, embora não tenha atingido a tonalidade verde escura, apresentou uma evolução para as cores amarela e verde-claro, apontando para benefícios da correção.

No ano de 2020, as áreas em vermelho indicavam valores entre 6,4 e 8,6. Com a correção, a região anteriormente deficiente apresentou melhorias nos níveis de magnésio, agora predominando em tonalidades verdes. No entanto, ainda se observa uma pequena área em vermelho e laranja, sinalizando persistência da deficiência desse nutriente. Assim, identifica-se um avanço, mas ainda há necessidade de maior uniformidade na fertilidade do solo na área analisada, o que aponta para a necessidade de reverter o cenário atual e as quantidades necessárias de magnésio (Fatorgis, 1998).

Em 2024, antes da correção do magnésio, os valores variavam entre 11,6 e 14,03, com áreas em amarelo, laranja e vermelho, indicando deficiência nutricional. Após a correção, essas regiões apresentaram uma redução nas tonalidades de baixa disponibilidade, porém ainda com sinais de deficiência do nutriente, necessitando de uniformidade na área cultivada (Pierce; Nowak, 1999).

Em suma, em 2015, as áreas centrais apresentavam deficiência de magnésio (valores entre 3,61 e 5,6), mas após a correção, houve uma melhora significativa, com predominância de tonalidades verde-claro e amarela. Em 2020, as áreas deficientes diminuíram, mas ainda havia pequenos focos em vermelho. Em 2024, as melhorias continuaram, mas as áreas de deficiência persistiram, evidenciando que, embora tenha ocorrido avanço, o solo não atingiu os padrões ideais de magnésio.

Em relação à correção de cálcio (Figura 9) no ano de 2015, observa-se uma predominância de áreas ao sul e no centro do mapa, em tons de amarelo, laranja e vermelho, indicando baixos níveis desse nutriente. Os valores na região vermelha variavam entre 15 e 22,7. Após a correção, houve uma mudança significativa na área central do mapa em relação à disponibilidade de cálcio, que, embora as tonalidades verdes fossem ideais, indicam uma melhoria. Na região ao sul, no entanto, parece ter ocorrido uma piora pós-correção, devido ao aumento da área em vermelho, que passou de valores entre 15 e 22,7 para 50,39 a 53,78, mantendo-se, em sua grande maioria, na área tratada.

Tabela 3- Resultados da variabilidade de magnésio comparado ao Manual de Adubação e Calagem do Paraná

| Ano                                    | Média Mg   |
|----------------------------------------|------------|
| Média Mg                               |            |
| Após Correção                          |            |
| Manual de Adubação e Calagem do Paraná | Mediana Mg |
| Mediana                                |            |
| Mg                                     |            |

Após Correção  
CV CV  
Após Correção

2015 6.321  
(±0.81) 15.331  
(±0.81) 15 6.32 15.45 12.814 5.283  
2020 9.256  
(±0.91) 15.007  
(±0.81) 15 9.08 14.99 9.831 5.397  
2024 15.075  
(±1.44) 16.757  
(±1.44) 15 14.80 16.48 9.552 8.593  
Média Geral 10.188  
(±1.05) 15.698  
(±1.05) 10.06 15.64 10.306 6.688

Mg - Magnésio CV: Coeficiente de Variação (%)

Na Figura 9, apresenta-se os resultados referente a variabilidade espacial e temporal para o atributo de cálcio, antes e após a correção do solo.

Figura 9 - Mapa da Variabilidade de Cálcio

Fonte: O Autor (2025).

No ano de 2020, as áreas em vermelho, com deficiência de cálcio, apresentavam valores entre 35,16 e 40,45. Após a correção, a região anteriormente deficiente apresentou melhorias nos níveis de cálcio, com predominância de tonalidades verdes, embora ainda houvesse áreas em vermelho e laranja, indicando a necessidade de manejos diferenciados (Farias, 2002).

Em 2024, antes da correção de cálcio, os valores variavam entre 37,4 e 42,5, com áreas em amarelo, laranja e vermelho, indicando deficiência nutricional. Após a correção, essas regiões apresentaram uma redução nas tonalidades de baixa disponibilidade, predominando os tons verdes, que indicam nutrição adequada de cálcio para o solo (Miranda, 1999).

Por fim, em 2015, as regiões centrais e sul mostravam deficiência de cálcio (valores entre 15 e 22,7), com aumento na área vermelha após a correção. Em 2020, os níveis de cálcio melhoraram, mas ainda persistiram áreas deficientes. Em 2024, a distribuição do cálcio foi mais equilibrada, com predominância de tons verdes, embora algumas áreas ainda apresentassem deficiências.

Tabela 4- Resultados da variabilidade de cálcio comparado ao Manual de Adubação e Calagem do Paraná

Ano Média Ca

Média Ca

Após Correção

Manual de Adubação e Calagem do Paraná Mediana Ca

Mediana

Ca

Após Correção

CV CV

Após Correção

2015 28.659  
(±54.62) 54.835  
(±1.56) 55 27.49 54.62 190.58 2.844  
2020 41.927

(±55.99) 55.991  
 (±0.030) 55 42.11 55.99 133.54 0.053  
 2024 44.679  
 (±55.52) 55.575  
 (±0.194) 55 44.38 55.52 124.264 0.349  
 Média Geral 38. 422  
 (±55.37) 55.467  
 (±0.594) 37.99 55.37 144.11 1,070  
 Ca- Cálcio; CV: coeficiente de variação (%).

Na Figura 10, apresenta-se os resultados referente a variabilidade espacial e temporal para pH e Matéria Orgânica.

Figura 10 - Mapa da Variabilidade de pH e Matéria Orgânica

Fonte: O Autor (2025).

Em 2015, antes da correção do pH e da Matéria Orgânica (Figura 10), identificam-se áreas com deficiência o que exige manejo diferenciado (Farias, 2002) localizada nas regiões central e ao sul do mapa, nas cores laranja e vermelho, sendo que a região vermelha variava entre 4,37 e 4,63, indicando baixos níveis desses nutrientes. Após a correção, observa-se que a região central foi adequadamente suprida, apresentando-se em tons de verde. No entanto, a região ao sul do mapa ainda permanece deficiente em pH e Matéria Orgânica. A análise dos mapas de 2020 mostra que a região em vermelho variava entre 4,74 e 4,90. Após a correção, houve um aumento significativo nos tons de verde, indicando uma melhoria considerável no pH e na Matéria Orgânica, apontando que a agricultura de precisão e uma prática eficaz (Tschiedel; Ferreira, 2002). Em 2024, as áreas com deficiência em pH e matéria orgânica, representadas pela cor vermelha, apresentavam valores entre 4,19 e 5,10, concentrando-se predominantemente ao sul do mapa.

Após a correção, houve uma melhoria significativa, refletida na predominância de tons verdes, indicando um solo mais equilibrado. A matéria orgânica, sendo um indicador da qualidade do solo (Conceição et al., 2005), demonstrou avanços na sua distribuição. No entanto, ainda persistem pequenas áreas em tons de laranja e vermelho, evidenciando a necessidade de ajustes adicionais.

Como síntese, destaca-se que em 2015, a região central e sul mostrou deficiência, com valores entre 4,37 e 4,63. Após a correção, a região central foi adequadamente suprida. Em 2020 e 2024, as melhorias continuaram, com predominância de tons verdes, indicando maior uniformidade na distribuição do pH e da matéria orgânica, embora ainda houvesse áreas em laranja e vermelho.

Tabela 5- Resultados da variabilidade de matéria orgânica comparado ao Manual de Adubação e Calagem do Paraná

| Ano  | Média MO | Média MO | Após Correção | Manual de Adubação e Calagem do Paraná | Mediana MO | Mediana MO | Após Correção | CV CV | Após Correção |
|------|----------|----------|---------------|----------------------------------------|------------|------------|---------------|-------|---------------|
| 2015 | 4.820    | (±0.188) | 4.816         | (±0.39)                                | 5.5        | 4.77       | 4.87          | 3.900 | 9.316         |
| 2020 | 4.954    | (±0.064) | 5.699         |                                        |            |            |               |       |               |

( $\pm 0.45$ ) 5.5 4.94 5.79 1.291 7.896

2024 5.201

( $\pm 0.105$ ) 6.688

( $\pm 0.45$ ) 5.5 5.179 6.64 2.018 6.728

Média Geral 4.992

( $\pm 0.119$ ) 5.724

( $\pm 0.44$ ) 4.96 5.76 2.383 7.686

MO- Matéria Orgânica; CV: coeficiente de variação (%).

#### Conclusão

Na análise dos três anos identifica-se uma evolução constante na fertilidade do solo, com melhorias substanciais após a correção dos nutrientes. A agricultura de precisão demonstrou ser eficaz na redução das deficiências, o que contribui para a melhoria da produtividade, com resultados mais expressivos em 2015 e 2020, mas também evidenciando avanços no ano de 2024.

A garantia de um solo mais equilibrado atende diretamente às necessidades nutricionais das culturas, e essa tendência de melhoria ao longo do tempo reforça o papel essencial da agricultura de precisão. A aplicação estratégica de insumos, aliada ao monitoramento detalhado, demonstra o potencial de gerar impactos positivos na produção agrícola.

## Resultados

Os seguintes 19 documentos usam provavelmente o texto que você enviou:

### INTRODUÇÃO À AGRICULTURA DE PRECISÃO: CONCEITOS E VANTAG...

Qual a importância da agricultura de precisão nas propriedades rurais?

Url: <https://www.scielo.br/j/cr/a/54b6LCQHrjsnwqdCTGKHtB/>

Rank: **33.5%** - Ocorrências: **27** - **Verificado** - **Web**

### INTRODUÇÃO À AGRICULTURA DE PRECISÃO: CONCEITOS E VANTAG...

Quais são as principais características da agricultura de precisão?

Url: <https://www.scielo.br/j/cr/a/54b6LCQHrjsnwqdCTGKHtB/?format=pdf>

Rank: **33.5%** - Ocorrências: **27** - **Verificado** - **Web**

### Interpretação dos resultados da análise do solo - Embrapa

Qual é a interpretação dos resultados da análise do solo?

Url: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127238/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-63-66.pdf>

Rank: **18.7%** - Ocorrências: **11** - **Verificado** - **Web**

### Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná - Issuu

O que é o Manual de adubação e Calagem para o estado do Paraná?

Url: <https://issuu.com/editoracubo/docs/issuu-nepar-calagem>

Rank: **18.7%** - Ocorrências: **11** - **Verificado** - **Web**

### [www.alice.cnptia.embrapa.br > alice > bitstream](#) ATRIBUTOS DO SOLO E IMPACTOS AMBIENTAIS - Embrapa

Foram avaliados os atributos físicos do solo em três sistemas de uso e manejo: Lavoura (L), Lavoura-Pecuária (LP) e Pastagem (P), depois de mais dois anos após a implantação do experimento (janeiro de 2015), em diferentes profundidades do solo (0-5, 5-10 e 10-20 cm).

Url: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1119586/1/2018-CAP-GeorgeB-Boletim-NITA-Cap2.pdf>

Rank: **17.4%** - Ocorrências: **11** - **Verificado** - **Web**

### [rd.uffs.edu.br > bitstream > prefix](#) UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL CAMPUS CHAPECÓ CURSO DE...

RESUMO A utilização de ferramentas de agricultura de precisão (AP), como a taxa variável de semeadura, é uma alternativa para adequar a população de plantas de milho em zonas de manejo de acordo

Url: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/6093/1/KLEIN.pdf>

Rank: **13.2%** - Ocorrências: **3** - **Verificado** - **Web**

### Micronutrientes do solo: dinâmica, disponibilidade e manejo de aduba...

Como o pH do solo afeta a disponibilidade dos micronutrientes?

Url: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/download/4561/8923/19785>

Rank: **13.2%** - Ocorrências: **2** - **Verificado** - **Web**

### Agricultura de Precisão: Guia completo - da teoria à prática

Quais as vantagens e desvantagens da agricultura de precisão?

Url: <https://agroadvance.com.br/blog-guia-da-agricultura-de-precisao/>

Rank: **13.2%** - Ocorrências: **2** - **Verificado** - **Web**

[repositorio.ufgd.edu.br > jspui > bitstreamVARIABILIDADE ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO E MAPAS DE...](https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/VARIABILIDADE%20ESPACIAL%20DA%20FERTILIDADE%20DO%20SOLO%20E%20MAPAS%20DE...)

adição de fertilizantes em taxa variável. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial da fertilidade do solo e fazer mapas de recomendação para utilização de fertilizantes e corretivos em taxa variável para atender as demandas da cultura. A

Url: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4422/1/LourencoQuintaoScalon.pdf>

Rank: **13.1%** - Ocorrências: **6** - **Verificado** - **Web**

[riut.utfpr.edu.br > jspui > bitstreamESPAÇAMENTO DO GRID E NÚMERO DE SUBAMOSTRAS NA COLETA DE SOLO COM...](https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/ESPAÇAMENTO%20DO%20GRID%20E%20NÚMERO%20DE%20SUBAMOSTRAS%20NA%20COLETA%20DE%20SOLO%20COM...)

coletadas com agricultura de precisão foram com quadriciclo equipado com amostrador de solo do tipo trado de rosca. Após, as amostras de solo foram

Url: [https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24622/1/DV\\_ESPMFS\\_I\\_2015\\_06.pdf](https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24622/1/DV_ESPMFS_I_2015_06.pdf)

Rank: **10.2%** - Ocorrências: **6** - **Verificado** - **Web**

[repositorio.ufra.edu.br > jspui > bitstreamMINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA...](https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/MINISTÉRIO%20DA%20EDUCAÇÃO%20UNIVERSIDADE%20FEDERAL%20RURAL%20DA%20AMAZÔNIA...)

agrícola ou florestal. O conhecimento da variabilidade espacial tem por objetivo otimizar a utilização de insumos, de modo que esses possam ser aplicados mais adequadamente, sem que ocorra desperdícios. Objetivou-se com o trabalho gerar mapas de variabilidade espacial da fertilidade do solo e de produção da teca através da

Url: [https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/685/1/Variabilidade espacial da fertilidade do solo e produção....pdf](https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/685/1/Variabilidade%20espacial%20da%20fertilidade%20do%20solo%20e%20produção....pdf)

Rank: **7.9%** - Ocorrências: **7** - **Verificado** - **Web**

[cti.ufpel.edu.br > siiepe > arquivosVARIABILIDADE ESPACIAL DA MATÉRIA ORGÂNICA, POTÁSSIO E FÓSFORO EM...](https://cti.ufpel.edu.br/siiepe/arquivos/VARIABILIDADE%20ESPACIAL%20DA%20MATÉRIA%20ORGÂNICA%20POTÁSSIO%20E%20FÓSFORO%20EM...)

Foi possível identificar uma estrutura de variabilidade espacial para todas as variáveis avaliadas em ambas as camadas. Os mapas de contorno indicam que há a necessidade de um manejo diferenciado da adubação na área experimental em ambas as profundidades.

Url: [https://cti.ufpel.edu.br/siiepe/arquivos/2013/CA\\_02369.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siiepe/arquivos/2013/CA_02369.pdf)

Rank: **6.4%** - Ocorrências: **3** - **Verificado** - **Web**

[www.alice.cnptia.embrapa.br > alice > bitstreamCorreção e adubação do solo - alice.cnptia.embrapa.br](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/Correção%20e%20adubação%20do%20solo%20-%20alice.cnptia.embrapa.br)

to e produção/manutenção, devem ser realizadas no nogueiral. A adubação de correção é realizada antes do transplante das mudas e objetiva elevar os teores de nutrientes até os níveis críticos, mesmo que, até o presente momento, não sejam suficientemente conhecidos, por exemplo, os de fósforo (P) e potássio (K), em solos do Brasil.

Url: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1169991/1/Correcao-e-adubacao-do-solo-Nava.pdf>

Rank: **5.9%** - Ocorrências: **5** - **Verificado** - **Web**

[Manual de Adubação e Calagem do PR ganha versão ampliada](https://www.agrolink.com.br/noticias/manual-de-adubacao-e-calagem-do-pr-ganha-versao-ampliada)

Qual é a nova versão do Manual de adubação e Calagem para o estado do Paraná?

Url: [https://www.agrolink.com.br/noticias/manual-de-adubacao-e-calagem-do-pr-ganha-versao-ampliada\\_459636.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/manual-de-adubacao-e-calagem-do-pr-ganha-versao-ampliada_459636.html)

Rank: **5.5%** - Ocorrências: **3** - **Verificado** - **Web**

[leg.ufpr.br > lib > exeANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO POTASSIO NO SOLO EM SEIS...](#)

mapas de krigagem para áreas onde a variável foi espacialmente correlacionada. Recomendações de adubação em taxa variável podem ser feitas nas áreas para as quais foram obtidos os mapas de krigagem. Palavras chaves: agricultura de precisão, geoestatística, taxa variável.

Url: [http://leg.ufpr.br/lib/xe/fetch.php/disciplinas:geoesalq:relatorio\\_final\\_geomagda.pdf](http://leg.ufpr.br/lib/xe/fetch.php/disciplinas:geoesalq:relatorio_final_geomagda.pdf)

Rank: **5.3%** - Ocorrências: **3** - **Verificado** - **Web**

[Escolha dos fertilizantes - Embrapa](#)

Quais são os aspectos do uso de fertilizantes?

Url: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127242/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-107-113.pdf>

Rank: **4.8%** - Ocorrências: **2** - **Verificado** - **Web**

[www.docsity.com > pt > 10-lista-de-exercicios-resolvidos-e1º lista de exercícios resolvidos estatística - Docsity](#)

A média indica que o tempo de espera é de, em média, aproximadamente 106 segundos. 20. Em um Haras, verificou-se a taxa de protrombina no plasma de cavalos. Com base nos resultados apresentados a seguir, construa um histograma e veja o que ele sugere em relação à taxa de protrombina.

Url: <https://www.docsity.com/pt/10-lista-de-exercicios-resolvidos-estatistica/9066529/>

Rank: **4.8%** - Ocorrências: **2** - **Verificado** - **Web**

[AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO COMO MEDIDA DA PRECI...](#)

Quais variáveis apresentaram maiores valores do coeficiente?

Url: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47155/1/AVALIACAO-DO-COEFICIENTE-DE-VARIACAO-COMO-MEDIDA-DA-PRECISAO.pdf>

Rank: **4.3%** - Ocorrências: **2** - **Verificado** - **Web**

[Coeficiente de variação: o que é, como calcular - Brasil Escola](#)

O que é o coeficiente de variação?

Url: <https://brasilecola.uol.com.br/matematica/coeficiente-variacao.htm>

Rank: **3.8%** - Ocorrências: **3** - **Verificado** - **Web**

