



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO ENGENHARIA AGRÔNOMICA

LORRAYNI CRISTHINA DA SILVA COSTA

**COMPARATIVO AGRONÔMICO E ECONÔMICO DA APLICAÇÃO DE
CALCÁRIO PELOS MÉTODOS DA AGRICULTURA CONVENCIONAL E DE
PRECISÃO**

COLORADO DO OESTE

2024



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO ENGENHARIA AGRONÔMICA

LORRAYNI CRISTHINA DA SILVA COSTA

COMPARATIVO AGRONÔMICO E ECONÔMICO DA APLICAÇÃO DE
CALCÁRIO PELOS MÉTODOS DA AGRICULTURA CONVENCIONAL E DE
PRECISÃO

Artigo Científico apresentado ao curso Engenharia Agrônoma do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Jessé Alves Batista.

COLORADO DO OESTE

2024

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Costa, Lorryni Cristhina da Silva.

Comparativo agrônômico e econômico da aplicação de calcário pelos
métodos da agricultura convencional e de precisão / Lorryni Cristhina da
Silva Costa, Colorado do Oeste-RO, 2024.

27 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Jessé Alves Batista.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do
Oeste-RO, 2024.

1. Agricultura de precisão. 2. Aplicação em taxa variável. 3. Manejo
localizado. I. Batista, Jessé Alves (orient.). II. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140 (Campus Colorado do Oeste)

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus* Colorado do Oeste, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Autor: Lorryni Cristhina da Silva Costa

Orientador: Jessé Alves Batista

Situação: (X) Aprovado () Reprovado

Aprovado em: ____/____/____

Orientador(a)



Rafael Montanari

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO PENGO ROSA
Data: 06/11/2024 10:56:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rodrigo Pengo Rosa

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pela dádiva da vida!

Sou eternamente grata a minha mãe Rute Antônio da Silva e ao meu irmão Diego Raphael da Silva Costa por não medirem esforços e estarem junto a mim até o fim desse ciclo me acompanhando e me dando forças para continuar e perseverar ainda mais, obrigada por ser minha base forte até aqui!

Quero deixar meu agradecimento ao meu orientador Jessé Alves Batista, obrigada pela orientação deste e por todo ensinamento durante minha trajetória!

Por fim aqui deixo meu agradecimento ao Leandro Dias da Silva, técnico do laboratório de solos do IFRO *Campus* Colorado do Oeste por estar juntamente me acompanhando e me direcionando em toda parte laboratorial das análises de solos e aos meus amigos por estarem junto a mim se dedicando na execução desse projeto, Deidiane Cordeiro Gomes, Luiz Fernando Batista Carvalho, Milka Moraes Silva e Diego Raphael da Silva Costa.

COMPARATIVO AGRONÔMICO E ECONÔMICO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO PELOS MÉTODOS DA AGRICULTURA CONVENCIONAL E DE PRECISÃO

AGRONOMIC AND ECONOMIC COMPARATIVE OF LIMESTONE APPLICATION USING CONVENTIONAL AND PRECISION AGRICULTURE METHODS

Lorrayni Cristhina da S. Costa¹

Jessé Alves Batista²

RESUMO

Na agricultura (de precisão) moderna há ferramentas que permitem a realização de diagnósticos detalhados e o aprimoramento do manejo do solo com técnicas de intervenções localizadas e em níveis variáveis, de acordo com a necessidade específica de cada local da lavoura. A pesquisa foi realizada em Colorado do Oeste, Rondônia, em um total de 55,1 ha, divididos em duas áreas, denominadas A1 com 5,1 ha e A2 com 50 ha. O sistema convencional de diagnóstico da fertilidade do solo foi realizado nas duas áreas a partir da amostragem tradicional em ziguezague. A estratégia de intervenção neste sistema será a recomendação de corretivos em taxa fixa e variável a partir da média da fertilidade de cada área. No sistema de agricultura de precisão (AP), o diagnóstico foi realizado a partir de dois diferentes grids amostrais georreferenciados para cada área, isto é, na A1 o grid foi de 5,1 ha (21 amostras) e na A2 de 50 ha (25 amostras). As coletas foram realizadas na camada de 0,0-0,20 m e as amostras de solo foram enviadas para o laboratório de fertilidade do solo do IFRO, Campus Colorado do Oeste, no qual foram analisados os atributos: potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%). Foram gerados os mapas de variabilidade da fertilidade do solo para concluir a etapa de diagnóstico e permitir a comparação agronômica e econômica entre os dois sistemas avaliados. O objetivo do trabalho é a comparação econômica dos custos para aquisição dos insumos nos dois sistemas e estratégias de intervenção em áreas de cultivos agrícolas, sendo eles o convencional e o de agricultura de precisão.

¹ Acadêmica de Engenharia Agrônoma, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Colorado do Oeste 76.993-000, Rondônia, Brasil. E-mail: lorraynicrs@gmail.com.

² Engenheiro agrônomo, docente do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia *Campus* Colorado do Oeste 76.993-000, Rondônia, Brasil. E-mail: jesse.batista@ifro.edu.br.

Palavras-chave: Agricultura de precisão; Aplicação em taxa variável; Manejo localizado.

ABSTRACT

In modern (precision) agriculture, there are tools that allow detailed diagnostics and improvements in soil management with localized intervention techniques and at variable levels, according to the specific needs of each crop location. The research was carried out in Colorado do Oeste, Rondônia, in a total of 55.1 ha, divided into two areas, called A1 with 5.1 ha and A2 with 50 ha. The conventional soil fertility diagnostic system was carried out in both areas based on traditional zigzag sampling. The intervention strategy in this system will be the recommendation of correctives at fixed and variable rates based on the average fertility of each area. In the precision agriculture (PA) system, the diagnosis was carried out based on two different georeferenced sampling grids for each area, that is, in A1 the grid was 5.1 ha (21 samples) and in A2 it was 50 ha (25 samples). The collections were carried out in the 0.0-0.20 m layer and the soil samples were sent to the soil fertility laboratory of IFRO, Colorado do Oeste Campus, where the following attributes were analyzed: potassium (K^+), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), cation exchange capacity (CTC), and base saturation ($V\%$). Soil fertility variability maps were generated to complete the diagnostic stage and allow agronomic and economic comparison between the two systems evaluated. The objective of this work is to compare the economic costs of acquiring inputs in the two systems and intervention strategies in agricultural crop areas, both conventional and precision agriculture.

Keywords: Precision agriculture; Variable rate application; Localized management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delimitação da área de estudo de 5,1 ha localizada no Instituto Federal Campus Colorado do Oeste.	11
Figura 2: Delimitação da área de estudo de 50 ha propriedade Irmãos Gollo.	11
Figura 3: Mapa de amostragem de solo com AP com grid de 5,1 ha.....	13
Figura 4: Mapa de amostragem de solo com AP com grid de 50 ha.....	13
Figura 5: Variabilidade espacial do cálcio na camada de 0,00-,20 m.	15
Figura 6: Variabilidade espacial do Potássio na camada de 0,00-,20 m.	16
Figura 7: Variabilidade espacial do Magnésio na camada de 0,00-,20 m.	16
Figura 8: Mapa de saturação por base (V%).	17
Figura 9: Mapa de teor do CTC.	17
Figura 10: Mapas de Necessidade de calagem (NC).....	18
Figura 11: Variabilidade espacial do Cálcio na camada de 0,00-,20 m.	18
Figura 12: Variabilidade espacial do Potássio na camada de 0,00-,20 m.	19
Figura 13: Variabilidade espacial do Magnésio na camada de 0,00-,20 m.	19
Figura 14: Mapa de saturação por base (V%).	20
Figura 15: Mapa de teor de CTC.....	20
Figura 16: Mapa de Necessidade de calagem (NC).	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cotação de preços incluindo frete do calcário.	22
Tabela 2: Cotação de preço para recomendação da agricultura de precisão de 10,3t para A1-5ha.	22
Tabela 3: Cotação de preços para recomendação da agricultura convencional 11,1t para A1-5ha.	22
Tabela 4: Cotação de preços para recomendação da agricultura de Precisão de 174t para A2-50 ha.	22
Tabela 5: Cotação de preços para recomendação da agricultura de Precisão de 185t para A2-50 ha.	23
Tabela 6: Cotação de preços de análises de solos.	23
Tabela 7: Cotação de preços de análises da A1-5,1 ha de acordo com o grid realizado em AP.	23
Tabela 8: Cotação de preços de análises da A2-50 ha de acordo com o grid realizado em AP.	23
Tabela 9: Cotação de preços de análises da A1-5,1 ha de acordo com a coleta realizada para recomendação convencional.	24
Tabela 10: Cotação de preços de análises da A2-50 ha de acordo com a coleta realizada para recomendação convencional.	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	11
2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	12
2.3	PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS	12
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS OU CONCLUSÃO	26
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro é um dos principais responsáveis pelo equilíbrio da balança comercial nacional, destacando-se pela elevada produção das principais commodities primárias do País, suprindo o mercado interno e colaborando significativamente com o comércio externo, sendo responsável pela geração de mais de 140,9 mil novos postos de trabalho e contribuindo com cerca de 27% do PIB, (CEPEA, 2020).

Assim, é atribuído ao setor agropecuário o desafio de garantir a segurança alimentar da atual e das futuras gerações, e neste contexto, surge a agricultura de precisão (AP), com um novo conceito de gestão agrícola, isto é, que preza pela obtenção do maior número de informações possível sobre o campo produtivo, permitindo ao produtor rural definir estratégias para tomadas de decisões muito mais assertivas. Essa estratégia de gestão permite a racionalização no uso dos recursos agrícolas, considerando a variabilidade espacial e temporal das áreas produtivas, aumentando a eficiência da produção ao tempo que reduz os impactos negativos da atividade no campo (BATISTA, 2016; CISTERNAS et al., 2020; (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

A AP, considerada como uma nova filosofia de gerenciamento agrícola (BATISTA, 2016) tem seu maior campo de atuação no manejo da fertilidade do solo, a partir de procedimentos sistemáticos de inspeção e diagnóstico da variabilidade espacial dos atributos do solo (HAGHVERDI et al., 2015), permitindo o aprimoramento das técnicas de intervenção a partir da aplicação de insumos nos locais corretos e na quantidade exata (MANZATTO et al., 1999) promovendo, assim, maior sustentabilidade econômica, agrônômica e ambiental à produção agrícola (Sátiro et al., 2019), e uma nova forma de atendimento a necessidade de nutrição das plantas cultivadas, de acordo com a Lei do Mínimo de Liebig (MOLIN et al., 2015).

Assim, o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo é importante ferramenta para tomada de decisão, permitindo aumentar a precisão do manejo das lavouras a partir de intervenções localizadas em regiões específicas com técnicas de aplicação em doses variadas (CARNEIRO et al., 2016; SANTOS et al., 2017; GELAIN et al., 2021; SANTOS JÚNIOR et al., 2021). Assim, a mediação do manejo do solo a partir de técnicas da AP tem se tornado estratégia fundamental para aumentar a produtividade das lavouras, a eficiência no uso dos recursos naturais e reduzir o impacto da agricultura no ambiente.

Nos últimos anos, o uso das ferramentas e técnicas da AP, com destaque para a

aplicação de insumos em taxas variáveis no solo, tem se tornado objeto de estudo no Brasil, promovendo diversas publicações técnicas e científicas sobre o tema, com destaque para aquelas que comparam as práticas modernas de aprimoramento do manejo do solo com as práticas tradicionais da agricultura convencional, difundindo informações relevantes para o conhecimento, entendimento e a compreensão, por parte dos diversos setores da sociedade, acerca dos benefícios econômicos, agronômicos e ambientais gerados a partir da adoção das técnicas de uso racional de insumos agrícolas, mediadas pelas ferramentas da agricultura de precisão.

Em contrapartida as práticas convencionais de manejo solo podem superestimar ou subestimar a necessidade de aplicação de insumos na lavoura, pois tratam a lavoura como uniforme, levando em conta a necessidade média de uma área por fertilizantes e corretivos (SANCHEZ et al., 2012), não observando a variabilidade espacial dos atributos do solo.

Já a distribuição do calcário em uma recomendação convencional é projetada para distribuir doses fixas, não considerando a variabilidade espacial do local a ser aplicado considerando a área homogênea.

Todavia, os resultados agronômicos e econômicos científicos acerca da adoção das técnicas e serviços da agricultura de precisão são restritos e/ou em sua maioria, associados às pesquisas realizadas nas regiões onde se concentra a maior parte da produção das grandes culturas do agronegócio brasileiro, ou seja, às regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País. Assim, a escassez de dados científicos ajustados às condições edafoclimáticas locais tem se tornado um importante barreira para a definitiva adoção da AP pelos produtores rurais do estado de Rondônia e da região Norte do País.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é avaliar o comparativo agronômico e econômico da aplicação de calcário pelos métodos da agricultura convencional e de precisão e produzir informações científicas confiáveis a nível regional e resultados, pretende-se ainda levantar informações científicas e confiáveis a respeito da variabilidade espacial dos atributos avaliados considerando os tipos de solos das áreas de estudo, uma vez que são escassas as informações a respeito da dinâmica dos nutrientes no perfil do solo ajustadas à realidade local, o que muitas vezes inviabiliza o aprimoramento do manejo do solo por parte dos produtores da região por não terem valores de referência para definição de grids amostrais eficientes e economicamente viáveis para adoção da metodologia do diagnóstico detalhado da fertilidade do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no município de Colorado do Oeste (RO) em duas áreas distintas, isto é, A1 de 5,1 ha de cultivo de milho com predominância de Argissolo e A2 de 50 ha de cultivo de soja/milho com predominância de Argissolo.

Figura 1: Delimitação da área de estudo de 5,1 ha localizada no Instituto Federal Campus Colorado do Oeste.



Fonte: Google Earth Pro, 2024.

Quanto à Figura 1 representa a A1 no qual está delimitada e deu-se início as coletas de solo, a área está localizada na BR 435, km 63 (antiga RO 399, KM 05) – Zona Rural - Caixa Postal 51 - Colorado do Oeste (RO), é uma área antiga que já vem sendo cultivada há anos com diversas culturas como feijão, sorgo e atualmente milho para silagem.

Figura 2: Delimitação da área de estudo de 50 ha propriedade Irmãos Gollo.



Fonte: Google Earth Pro, 2024.

Na Figura 2 está disposta a respectiva A2 no qual está localizada no município de Colorado do Oeste. Linha 2º Eixo, zona rural, sendo a propriedade Irmãos Gollo no qual foi realizada a coleta no dia 28 de setembro de 2022, sendo coletados 26 pontos amostrais para a realização da análise laboratorial de solo.

Segundo a classificação de Köppen, Rondônia possui um clima do tipo Am– Clima Tropical Chuvoso e um período seco bem definido durante a estação de inverno. A média anual da precipitação pluvial varia entre 1.400 e 2.600 mm/ano, enquanto a média anual da temperatura do ar varia entre 24 e 26 °C (SEDAM, 2005).

O manejo de fertilidade do solo das áreas avaliadas é realizado, historicamente, a partir de técnicas convencionais, isto é, com calagem em taxa fixa e variável pela média da fertilidade do solo nas áreas 1 e 2.

Todas as amostras de solo foram enviadas para o laboratório de fertilidade do solo do IFRO, Campus Colorado do Oeste, no qual foram analisados os seguintes atributos: potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%).

Todos os procedimentos laboratoriais seguirão os padrões e modelos definidos pela Embrapa (1997).

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram realizados dois grids geoestatísticos, isto é, de 2 e 0,5 ha para as respectivas áreas de 50 e 5,1 ha e executar as coletas georreferenciadas de solo na camada 0,0-0,20m, sendo totalizadas 46 amostras, procedendo assim o diagnóstico da fertilidade do sistema de agricultura de precisão.

2.3 PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS

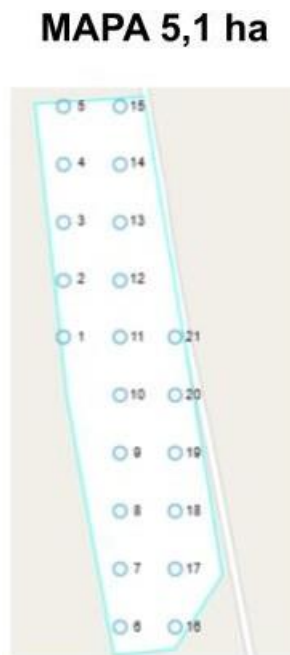
As coletas de amostras de solo foram realizadas com o uso de um trado amostrador do tipo holandês. No sistema convencional foram definidas glebas homogêneas em cada área e realizadas entre 10 e 15 amostras para compor as amostras compostas que representarão uma gleba. Cada gleba, a depender de sua dimensão, foi representada por uma ou duas amostras compostas. No sistema de agricultura de precisão foram realizados, com auxílio do App “Soil Sampler” dois diferentes grids regulares georreferenciados, sendo eles de 2 e 0,5 ha

respectivamente para as áreas de 50 e 5,1 ha, onde cada amostra de solo foi composta pela coleta central de cada célula/ponto amostral, ou seja, 10 amostras simples em volta do ponto central em direções opostas.

No grid de 5,1 ha houve um total de 21 amostras compostas de solo, enquanto no grid de 50 ha foi um total de 25 amostras compostas, totalizando, nas duas áreas, para o sistema de agricultura de precisão, 46 amostras compostas de solo da camada 0,0-0,20m.

A malha geoestatística apresentada na Figura 3 e 4 foram geradas com auxílio do App “Soil Sampler” e apresentou pontos amostrais com grid amostral regular de 100x100 m, perfazendo dois grids por área, isto é, foi realizada a coleta de solo por hectare, totalizando 45 amostras. A delimitação da área da pesquisa foi realizada por meio do Aplicativo Google Earth.

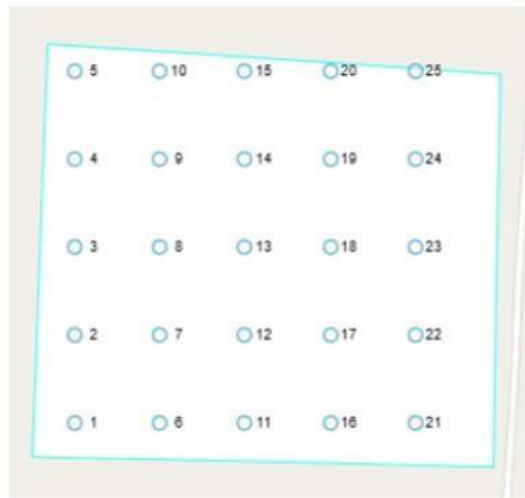
Figura 3: Mapa de amostragem de solo com AP com grid de 5,1 ha.



Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

Figura 4: Mapa de amostragem de solo com AP com grid de 50 ha.

MAPA 50 ha



Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na comparação de dados foi realizado cálculo de calagem seguindo a recomendação do livro CERRADO: Correção do solo e adubação (Reatto et al., 2004), para realizar a recomendação convencional para realização de taxa fixa que deve se elevar quando estiver abaixo de 50%, a necessidade foi calculada pela equação 1:

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) \times CTC_t}{PRNT}$$

Onde:

NC = quantidade de calcário em $t\ ha^{-1}$;

V_1 = saturação atual em porcentagem;

V_2 = saturação desejada em porcentagem, para o cálculo de calagem foi elevada a saturação de bases para 70%;

CTC_t = capacidade de troca de cátions, para o cálculo de calagem foi utilizado os valores médios de cada mapa de variabilidade para recomendação;

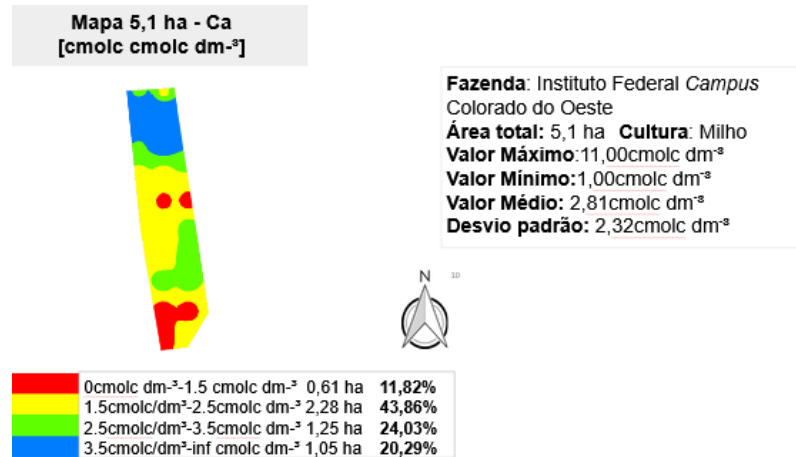
$PRNT$ = poder relativo de neutralização total do calcário a ser aplicado 85%.

Conforme a aplicação dos valores no cálculo de necessidade de calagem, foi ajustado o $PRNT$ de calcário a 85%, quanto a saturação de base 70% no qual se recomenda para A1 de 5,1 ha 2,22 t/ha e A2 de 50 ha 3,7 t/ha.

Sendo assim multiplicada em área total a recomendação em A1 foi de 11,3 t e A2 185 t.

Com auxílio da plataforma online AP FalkerMap, foram elaborados os mapas de variabilidade espacial dos atributos do solo e os mapas de recomendação de aplicação de calcário em taxas variáveis para o sistema de agricultura de precisão.

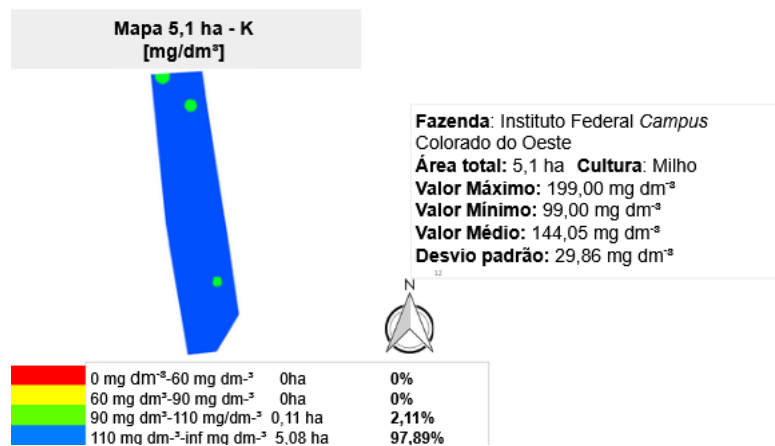
Figura 5: Variabilidade espacial do cálcio na camada de 0,00-,20 m.



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermapp.com.

De acordo com a Figura 5 pode se perceber que o atributo Cálcio varia de 0 cmolc dm⁻³ a 3,5 cmolc dm⁻³, tendo como maior resultado no mapa de variabilidade 1,5 cmolc dm⁻³ a 2,5 cmolc dm⁻³ com um valor médio de 2,81 cmolc dm⁻³ em 2,28 ha.

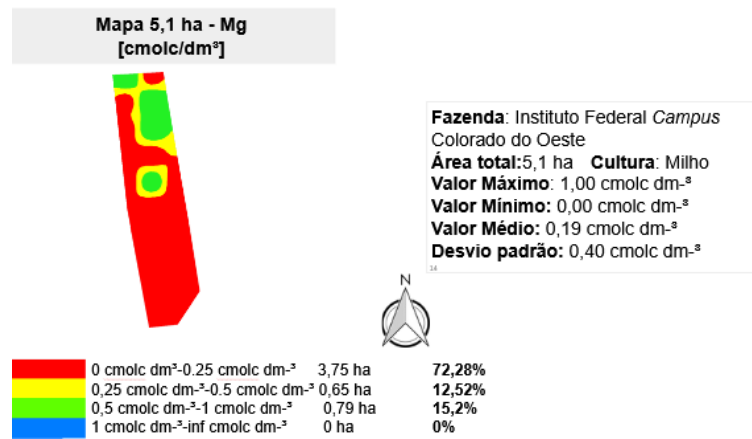
Figura 6: Variabilidade espacial do Potássio na camada de 0,00-,20 m.



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermapp.com.

Quanto á Figura 6 indica que o atributo Potássio varia de 0 mg dm⁻³ a 110 mg dm⁻³, tendo como maior resultado no mapa de variabilidade 110 mg dm⁻³ com um valor médio de 144,05 mg dm⁻³ em 5,08 ha.

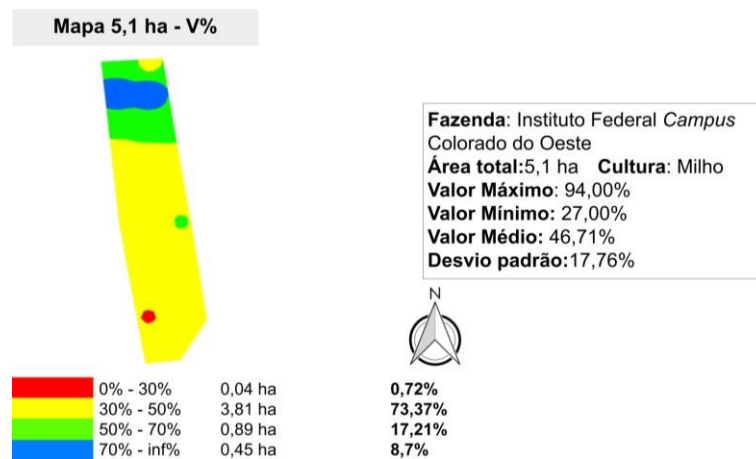
Figura 7: Variabilidade espacial do Magnésio na camada de 0,00-,20 m.



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

Quanto á Figura 7 pode se perceber que o atributo Magnésio varia de 0 cmolc dm⁻³ a 1 cmolc dm⁻³, tendo como maior resultado no mapa de variabilidade 0 cmolc dm⁻³ com um valor médio de 0,19 cmolc/ dm⁻³ em 3,75 ha.

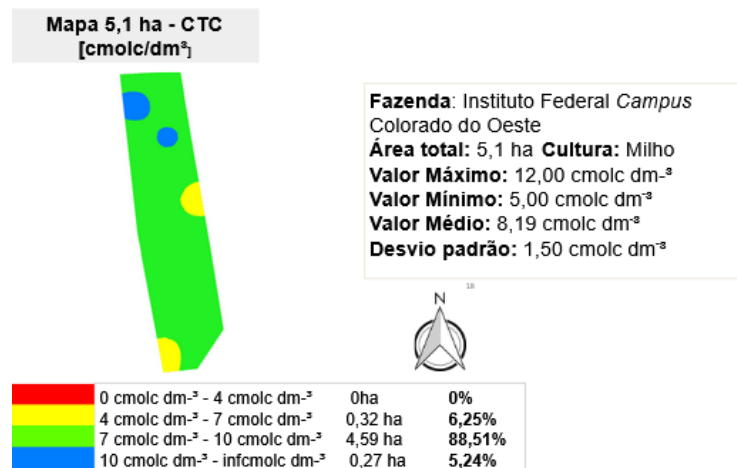
Figura 8: Mapa de saturação por base (V%).



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

Quanto á Figura 8 indica a saturação de base (V%) de 0 a 70% tendo como maior resultado no mapa de variabilidade de 30 a 50% com um valor médio de 46,71% em 3,81 ha.

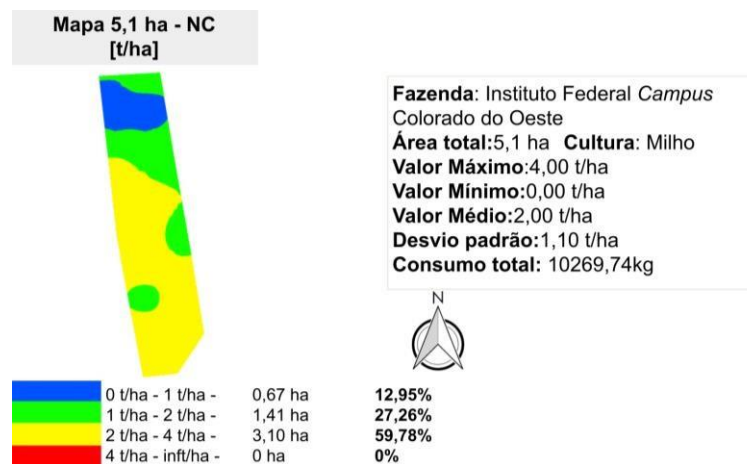
Figura 9: Mapa de teor do CTC.



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

Na Figura 9 observa-se que quanto ao teor de CTC variando de 0 cmolc dm⁻³ a 10 cmolc dm⁻³, obtendo um CTC elevado de 7 cmolc dm⁻³ a 10 cmolc dm⁻³ em 4,59 ha, ou seja 88,51% da área, obtendo um valor médio de 8,19 cmolc dm⁻³.

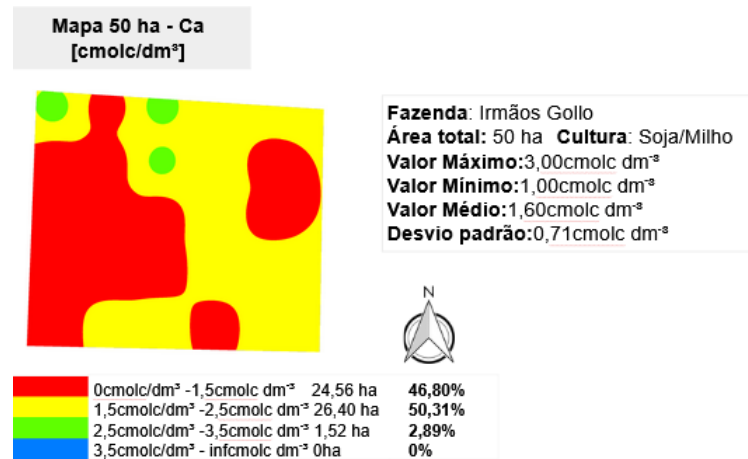
Figura 10: Mapas de Necessidade de calagem (NC).



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

De acordo com a Figura 10 ao utilizar AP em taxa variável a necessidade de calagem diminui em um valor médio de 2,00 t/ha, obtendo um consumo em área total de 10,3 t.

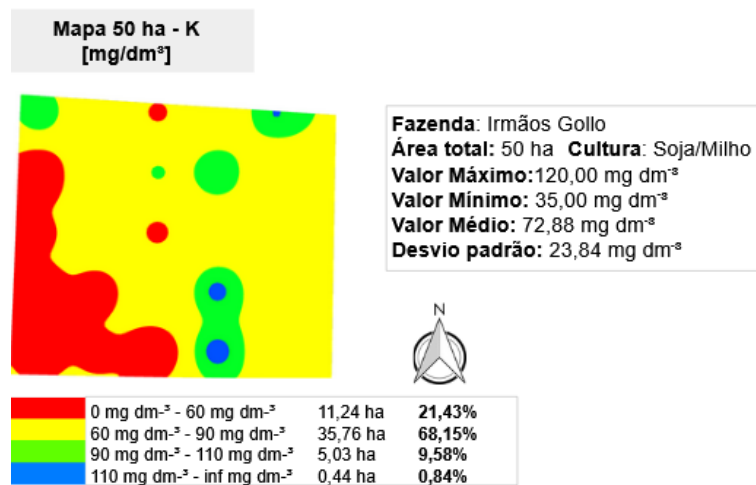
Figura 11: Variabilidade espacial do Cálcio na camada de 0,00-20 m.



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

Quanto á Figura 11 pode se perceber que o atributo Cálcio varia de 0 cmolc dm⁻³ a 3,5 cmolc dm⁻³, tendo como maior resultado no mapa de variabilidade 1,5 cmolc dm⁻³ a 2,5 cmolc dm⁻³ com um valor médio de 1,60 cmolc dm⁻³ em 26,40 ha.

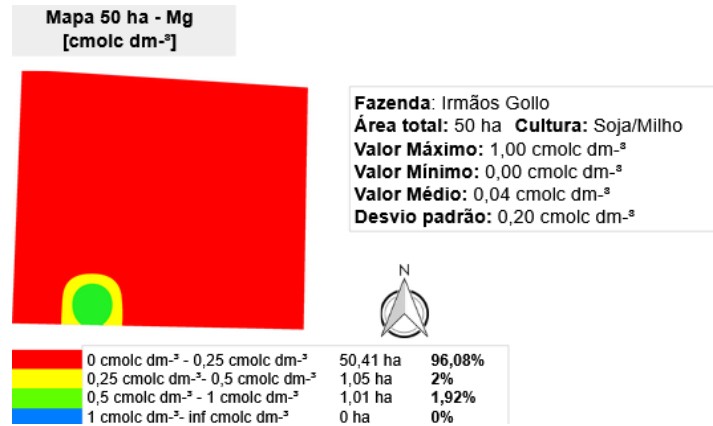
Figura 12: Variabilidade espacial do Potássio na camada de 0,00-20 m.



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

Quanto á Figura 12 pode se perceber que o atributo Potássio varia de 0 mg dm⁻³ a 110 mg dm⁻³, tendo como maior resultado no mapa de variabilidade 60 mg dm⁻³ a 90 mg dm⁻³ com um valor médio de 72,88 mg dm⁻³ em 35,76 ha.

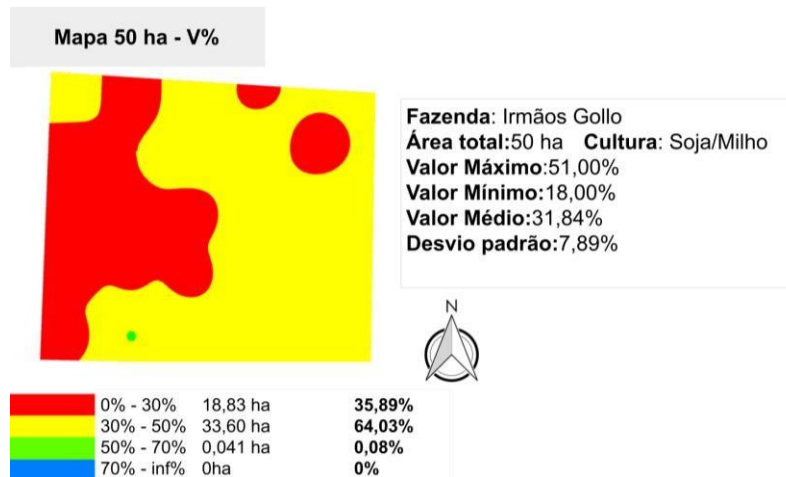
Figura 13: Variabilidade espacial do Magnésio na camada de 0,00-20 m.



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

Quanto á Figura 13 pode se perceber que o atributo Magnésio varia de 0 cmolc dm⁻³ a 1 molc dm⁻³, tendo como maior resultado no mapa de variabilidade 0 cmolc dm⁻³ com um valor médio de 0,04 cmolc dm⁻³ em 50,41 ha.

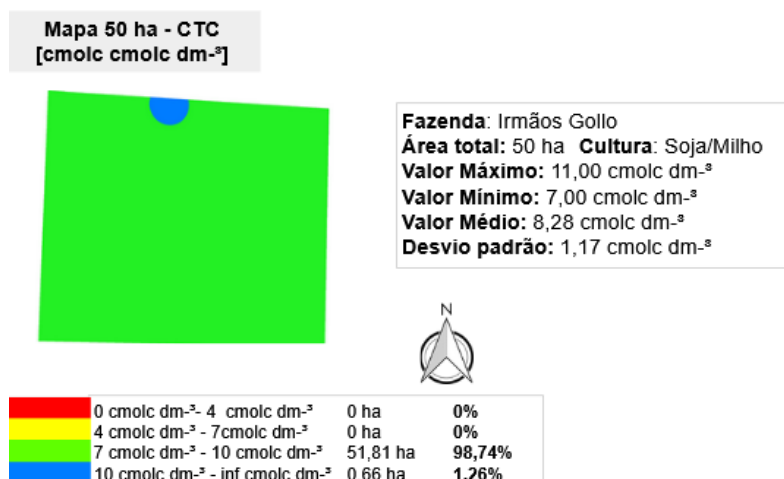
Figura 14: Mapa de saturação por base (V%).



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

Quanto á Figura 14 apresenta os valores obtidos quanto ao V% de 0 a 70%, no qual se destaca 30% a 50% obtendo uma saturação média de 31,84% na A2, sendo utilizada para o cálculo de recomendação de calagem.

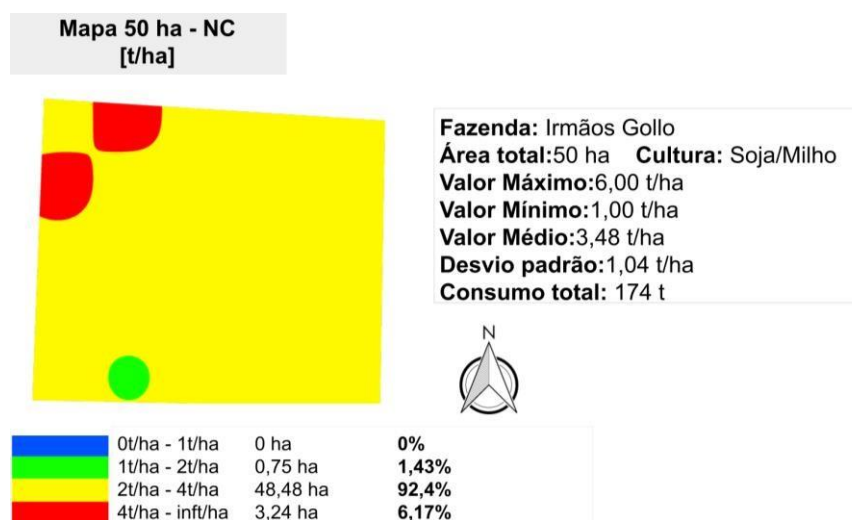
Figura 15: Mapa de teor de CTC.



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

Quanto á Figura 15 observa-se que quanto ao CTC varia de 0 cmolc dm⁻³ a 10 cmolc dm⁻³, obtendo um CTC elevado de 7 cmolc dm⁻³ a 10 cmolc dm⁻³ em 51,80 ha, ou seja 98,74% da área, obtendo um valor médio de 8,28 cmolc dm⁻³.

Figura 16: Mapa de Necessidade de calagem (NC).



Fonte: Própria autora. Elaborado em Falkermap.com.

Analisando a Figura 16 onde se encontra o mapa de NC ao utilizar AP em taxa variável a necessidade de calagem diminui obtendo um valor médio de 3,48 t/ha, obtendo um consumo em área total de 174 t.

A análise e a comparação econômica acerca das recomendações de calagem a partir dos dois sistemas foram realizadas a partir da simulação de compra dos insumos considerando os preços praticados no comércio local considerando dois orçamentos para cada insumo recomendados para A1 e A2.

Tabela 1: Cotação de preços incluindo frete do calcário.

Cotação de preço do calcário	
Usina de Parecis- (Grupo Cesar Cassol)	100,00 R\$+135,00 R\$ Frete por t
Usina capa zero- (Grupo Cesar Cassol)	130,00 R\$ +130,00 R\$ Frete por t

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Tabela 2:Cotação de preço para recomendação da agricultura de precisão de 10,3 t para A1-5ha.

Cotação de preço do calcário- Agricultura de precisão 10,3 t (5,1 ha)	
Usina de Parecis- (Grupo Cesar Cassol)	1.030,00 R\$+1.390,50 R\$ Frete por t
Usina Capa zero- (Grupo Cesar Cassol)	1.339,00 R\$ +1.339,00 R\$ Frete por t

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Tabela 3:Cotação de preços para recomendação da agricultura convencional 11,3t para A1-5ha.

Cotação de preço do calcário- Agricultura convencional 11,3 t (5,1 ha)	
Usina de Parecis- (Grupo Cesar Cassol)	1.110,00 R\$+1.498,50 R\$ Frete por t
Usina Capa zero- (Grupo Cesar Cassol)	1.443,00 R\$ +1.443,00 R\$ Frete por t

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Conforme a Tabela 1 foi realizada a cotação de preços com o Grupo Cassol localizado na avenida 25 de Agosto, N° 3786- Centenário saída para Pimenta Bueno (em frente ao posto fox) em Rolim de Moura (RO), de acordo com a recomendação convencional e AP incluindo o frete no qual seria realizado utilizado um Rodotrem 45 Ton.

Sendo assim a Tabela 2 representa a recomendação da agricultura de precisão direcionada aos valores de aplicação de 10,3 t incluindo o frete no qual a usina de parecis apresenta o valor de 2.420,00 R\$ e a usina de capa zero 2.678,00 R\$, tendo uma diferença entre ambas de 257,50 R\$.

A Tabela 3 aborda a cotação de preço direcionado a agricultura convencional incluindo o frete, no qual a recomendação se aplica aos 5,1 ha sendo utilizados 11,3 t em área total trazendo consigo o total de 2.608,5 R\$ a usina de Parecis e 2.886,00 R\$ a usina capa zero, tendo uma diferença entre ambas de 277,50 R\$.

Tabela 4:Cotação de preços para recomendação da agricultura de Precisão de 174 t para A2-50 ha.

Cotação de preço do calcário- Agricultura de precisão 174 t (50 ha)	
Usina de Parecis- (Grupo Cesar Cassol)	17.400,00 R\$+23.490,00 R\$ Frete por t
Usina Capa zero- (Grupo Cesar Cassol)	22.620,00 R\$ +22.620,00 R\$ Frete por t

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Tabela 5:Cotação de preços para recomendação da agricultura de Precisão de 185 t para A2-50 ha.

Cotação preço do calcário- Agricultura convencional 185 t (50 ha)	
Usina de Parecis- (Grupo Cesar Cassol)	18.500,00 R\$+24.975,00 R\$ Frete por t
Usina Capa zero- (Grupo Cesar Cassol)	24.050,00 R\$ +24.050,00 R\$ Frete por t

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Segundo a Tabela 4 segue a cotação de preços da A2-50 ha abordando a tabulação de preços de aplicação de calcário da agricultura de precisão no qual a recomendação é de 174 t em área total trazendo consigo o total de 40.890,00 R\$ a usina de Parecis e 45.240,00 R\$ a usina capa zero, tendo uma diferença entre ambas de 4.350,00 R\$.

Conforme a Tabela 5 segue a cotação de preços da A2-50 ha indicando os valores pesquisados na aplicação de 185 t de calcário recomendados pelo manual do cerrado pela agricultura convencional trazendo consigo o total de 43.475,00 R\$ a usina de Parecis e 48.100,00 R\$ a usina capa zero, tendo uma diferença entre ambas de 4.625,00 R\$.

Foi realizada a análise e a comparação econômica de três laboratórios comerciais de análise de solos.

Tabela 6: Cotação de preços de análises de solos.

Cotação de preço de análise de solos.	
Solo mais-Vilhena (RO)	85,00 R\$ (Por amostra)
Qualitá-Ji-paraná (RO)	59,00 R\$ (Por amostra)
Solum-Cuiabá (MT)	45,00 R\$ (Por amostra)

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Tabela 7: Cotação de preços de análises da A1-5,1 ha de acordo com o grid realizado em AP.

Preço análise de solos (5,1 ha) 21 amostras.	
Solo mais-Vilhena (RO)	1.785,00 R\$-21 amostras sem o custeio do frete
Qualitá-Ji-paraná (RO)	1.239,00 R\$-21 amostras sem o custeio do frete
Solum-Cuiabá (MT)	945,00 R\$-21 amostras sem o custeio do frete

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Tabela 8: Cotação de preços de análises da A2-50 ha de acordo com o grid realizado em AP.

Preço análise de solos (50 ha) 25 amostras.	
Solo mais-Vilhena (RO)	2.125,00 R\$-25 amostras sem o custeio do frete
Qualitá-Ji-paraná (RO)	1.475,00 R\$-25 amostras sem o custeio do frete
Solum-Cuiabá (MT)	1.125,00 R\$-25 amostras sem o custeio do frete

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Na Tabela 6 representa a cotação de preços locais de três empresas, sendo a Solo Mais localizado na Rua Jamari 580, Bairro São José, Vilhena (RO), 76980-36; Qualitá localizada na Rua Almirante Barroso, Casa preta N° 1820, Ji-Paraná (RO) e na empresa Solum localizada na Av.Archimedes Pereira Lima, N° 4360-Cachoeira das Garças, Cuiabá (MT), 78077-200 não foi realizada as pesquisas de fretamentos devido a logística e as empresas laboratoriais não se responsabiliza pelo envio das amostras coletadas.

Quanto á Tabela 7 e a tabela 8 retratam a cotação dos preços em relação às análises de solos direcionadas a recomendação de AP, no qual foram 21 amostras coletadas em A1-5,1 ha e 25 amostras em A2-50 ha são empresas distintas de localidades distintas no qual o valor de envio pode oscilar.

Tabela 9: Cotação de preços de análises da A1-5,1 ha de acordo com a coleta realizada para recomendação convencional.

Preço análise de solos (5,1 ha) 2 amostras.	
Solo mais-Vilhena (RO)	170,00-R\$-2 amostras sem o custeio do frete
Qualitá-Ji-paraná (RO)	118,00 R\$-2 amostras sem o custeio do frete
Solum-Cuiabá (MT)	90,00 R\$-2 amostras sem o custeio do frete

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Tabela 10: Cotação de preços de análises da A2-50 ha de acordo com a coleta realizada para recomendação convencional.

Preço análise de solos (50 ha) 5 amostras.	
Solo mais-Vilhena (RO)	425,00 R\$-5 amostras sem o custeio do frete
Qualitá-Ji-paraná (RO)	295,00 R\$-5 amostras sem o custeio do frete
Solum-Cuiabá (MT)	225,00 R\$-5 amostras sem o custeio do frete

Fonte: Elaborada pelo autor com pesquisas locais, 2024.

Quanto á Tabela 9 e tabela 10 apresenta-se a cotação de valores direcionada a agricultura convencional obtendo valores de análise do solo.

A tabela 7 aborda a cotação de valores direcionados a AP em A1 e a tabela 9 aborda a cotação de preços referente á coleta de solos realizada de modo convencional em A1, as amostras de solos na empresa Solo mais contém uma diferença de 1.615,00 R\$, na empresa Quálita 1.121,00 R\$ e por fim na empresa Solum 855,00 R\$.

Quanto á Tabela 8 e a Tabela 10 indica a cotação de preços da A2 abordando a diferença de valores direcionados a AP e a coleta de solos realizada de modo convencional, as amostras de solo na empresa Solo mais contém uma diferença de 1.700,00 R\$, na empresa Quálita temos uma diferença de 1.180,00 R\$ e por fim na empresa Solum uma diferença de 900,00 R\$.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos o comparativo agronômico direcionado a agricultura de precisão e a agricultura convencional, economicamente há diferença tornando a AP mais cara de acordo com os custos de análise de solo, porém se considerar a área total realizando coleta de mais pontos amostrais se torna viável a comparação de dados trazendo assim estatísticas mais seguras para a recomendação agronômica.

Quanto a quantidade necessária a utilizar na área se torna viável a recomendação agronômica da AP, sendo assim utilizando o necessário para maximizar o empenho da área e

a não utilização do uso de insumos de forma indiscriminada, sem considerar as características, necessidades e potencialidades de cada local específico de sua área de cultivo.

Sendo assim o comparativo econômico da recomendação convencional e AP da necessidade de calagem de 11,3 t e 10,3 t em 5,1 ha na usina de parecis tem uma diferença de 188,50 R\$ e na usina capa zero em 11,3 t e 10,3 t obtemos uma diferença de 208,00 R\$, já a recomendação convencional e AP a necessidade de calagem de 185 t e 174 t em 50 ha na usina de parecis tem uma diferença de 2.585,00 R\$, já na usina capa zero obtemos uma diferença de 2.860,00 R\$.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, J.A. **Adoção da agricultura de precisão na Amazônia: estudo de caso na região cone sul do estado de Rondônia**. Santa Maria-RS, 9 ago. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/4841#:~:text=A%20agricultura%20de%20precis%C3%A3o%20apresenta,em%20intensificar%20o%20seu%20uso>. Acesso em: 29 maio 2023.
- BATISTA, J.A. **Caracterização e manejo do solo por unidades de gestão diferenciada em lavoura de urucum durante 2 anos agrícolas**. Ilha Solteira-SP, 19 ago. 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/194127>. Acesso em: 29 maio 2023.
- CARNEIRO, J.S; SANTOS, A.C.M.; FIDELIS, R. R., et al. **Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí**. Universidade do Estado de Mato Grosso, 18 dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1469>. Acesso em: 29 maio 2023.
- CEPEA - **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB do agronegócio brasileiro**. Cepea-USP/CNA, jan./dez 2020. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 29 maio 2023.
- CISTERNAS, Isabel et al. **Systematic literature review of implementations of precision agriculture**. [S. l.], setembro de 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169920312357?via%3Dihub>. Acesso em: 29 maio 2023.
- EMBRAPA (org.). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/169149/1/Manual-de-metodos-de-analise-de-solo-2-ed-1997.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.
- GELAIN, E.; BOTTEGA, E. L.; MOTOMIYA, A. V. de A, et al. **VARIABILIDADE ESPACIAL E CORRELAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO COM PRODUTIVIDADE DO MILHO E DA SOJA**. Sinop-MT: Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ, 18 dez. 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/11717>. Acesso em: 29 maio 2023.
- HAGHVERDI, L.; BUETTNER, F.; THEIS, F.J. **Diffusion maps for high-dimensional single-cell analysis of differentiation data**. 18 de set. 2015.S.l. v. 31. n. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioinformatics/article/31/18/2989/241305?login=false>. Acesso em: 29 de maio de 2023.
- MANZATTO, C.V.; BHERING, S.B.; SIMÕES, M. **Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos**. São Carlos-SP, 2011. EMBRAPA, Solos, 1999. Acesso em: 28 maio 2023.
- MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R. do; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.
- REATTO, Adriana et al. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Cerrados Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento., 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de>

publicacoes/-/publicacao/555355/cerrado-correcao-do-solo-e-adubacao. Acesso em: 23 out. 2024.

SANTOS JÚNIOR, A.B. *et al.* **VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS NO ECÓTONO CERRADO-AMAZÔNIA**. V.7 n.1. ed. [S. l.], 23 jun. 2021. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/5224>. Acesso em: 30 jul. 2024.

SANTOS, Railton O. dos *et al.* **Variabilidade espacial da fertilidade do solo e sua relação com a produtividade do cacauzeiro**. [S. l.], fevereiro 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p88-93>. Acesso em: 30 jul. 2024.

SANCHEZ, R. B.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; *et al.* **Mapeamento das formas do relevo para estimativa de custos de fertilização em cana-de-açúcar**. Engenharia Agrícola, Cidade, v. 32, n. 2, p. 280-292, 16 jul. 2012.

SÁTIRO, José Nivaldo de Oliveira *et al.* **AGRICULTURA DE PRECISÃO NA CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE FÓSFORO E POTÁSSIO NO MUNICÍPIO DE CORONEL DOMINGOS SOARES**. Ponta Grossa (PR), 2019. Disponível em: https://www.rpcs2019.com.br/trabalhos_aprovados/arquivos/04082019_130431_5cab723b41f45.pdf. Acesso em: 30 jul. 2024.

SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL – SEDAM. **Boletim climatológico de Rondônia**. Porto Velho: Editora, 2005.

SILVA, Wanderson Vasconcelos Rodrigues da; SILVA-MANN, Renata. **Agricultura de Precisão no Brasil: conjuntura atual, desafios e perspectivas**. [S. l.: s. n.], novembro 2020. 26 p. v. 9. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346981141_Agricultura_de_Precisao_no_Brasil_conjuntura_atual_desafios_e_perspectivas/link/61b4264863bbd93242848225/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19. Acesso em: 30 jul. 2024.