

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

LUCAS DIAS BREDA

**ANÁLISE DE CUSTO DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO
DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM CONVENCIONAL E PARA
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**Uberlândia
Março -2011**

LUCAS DIAS BREDA

**ANÁLISE DE CUSTO DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO
DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DE CONVENCIONAL E PARA
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia para obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Hudson de Paula Carvalho

Uberlândia
Março-2011

LUCAS DIAS BREDA

**ANÁLISE DE CUSTO DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO
DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM CONVENCIONAL E PARA AGRICULTURA
DE PRECISÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia para obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 30 de março de 2011.

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo
Membro da banca

Prof. Dr. Cláudio Ricardo da Silva
Membro da Banca

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho
Orientador

RESUMO

O método de agricultura de precisão é uma tecnologia relativamente nova no Brasil surgindo em um contexto em que há a necessidade de maximizar a produtividade das lavouras havendo assim um aumento na oferta de alimentos, porém buscando uma redução nos custos. Este trabalho teve como objetivo analisar os custos de correção e adubação do solo em função dos métodos de amostragem convencional e para agricultura de precisão. Variou-se o número de amostras simples utilizadas na metodologia convencional, sendo: a amostra composta A originada de 4 amostras simples (furos aleatórios); B de 15 amostras simples (7 furos na linha de plantio e 8 furos na entrelinha) e C de 15 amostras simples (8 furos na linha de plantio e 7 furos na entrelinha) com o intuito de obtermos uma maior variabilidade de resultados na análise química do solo. A variação dos resultados, na análise química do solo, obtidos pelo método da agricultura convencional foram mínimas. Com relação ao custo dos insumos utilizados, no método de agricultura de precisão o custo com calcário foi 44,97% superior ao obtido pela agricultura convencional, o custo com superfosfato simples foi 29,90% inferior ao obtido pelo método da agricultura convencional, o custo com cloreto de potássio foi 33,22% superior ao obtido pelo método da agricultura convencional e o custo por hectare da agricultura de precisão foi 7,56% superior ao obtido pelo método de agricultura convencional.

Palavras chaves: agricultura de precisão, amostragem convencional, análise química do solo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1	Agricultura de precisão.....	6
2.2	Identificação da variabilidade da fertilidade dos solos.....	7
2.3	Custos de amostragem, análises de solo e elaboração de mapas.....	7
3	MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1	Amostragem de solo convencional.....	10
3.2	Determinação da classe textural do solo.....	11
3.3	Amostragem sistemática do solo	11
3.4	Elaboração dos mapas de fertilidade	11
3.5	Cálculo da necessidade e quantidade de calcário	11
3.6	Relação entre os custos da agricultura convencional e agricultura de precisão	12
3.7	Cálculo de adubação	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1	Necessidade de calcário.....	15
4.2	Cálculo da adubação.....	15
4.3	Cálculo de custo de calcário e adubos para o método da agricultura convencional. 16	
4.4	Cálculo de calagem e adubação para o método da agricultura de precisão.....	17
4.5	Adubação	18
4.6	Calcário.....	19
4.7	Fósforo.....	20
4.8	Potássio.....	20
4.9	Comparação dos custos obtidos para agricultura convencional e de precisão	20
4.10	Cálculo do custo	21
5	CONCLUSÕES	23
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, há a necessidade de maximizar a produtividade das lavouras para o aumento na oferta de alimentos. Nesse contexto surge uma ferramenta, a agricultura de precisão.

A agricultura praticada atualmente é excessivamente simplificada, embasada em valores médios principalmente no que diz respeito aos diagnósticos e recomendações. Segundo Molin (2004), a agricultura praticada pela média deixa de considerar aspectos muito importantes. Por exemplo, com acesso aos mapas de fertilidade podemos ver que as lavouras possuem manchas de fertilidade distintas e variadas.

A Agricultura de Precisão pode ser definida como um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e os sistemas de produção sejam otimizados, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidos (SWINTON; LOWENBERG-DEBOER, 1998).

Segundo Manzato et al. (1999), o principal conceito é aplicar os insumos no local correto, no momento adequado, nas quantidades necessárias à produção agrícola.

Através da agricultura de precisão é possível analisar áreas extensas levando em consideração os detalhes e diferenças existentes dentro de cada talhão, podendo assim identificar as regiões de altas e baixas produtividades e administrar essas diferenças. A adoção dessa tecnologia teve início com as culturas de grãos, porém, hoje há potencial para se estender a maioria das culturas presentes no campo.

Uma das estratégias sobre a adoção de técnicas de agricultura de precisão foca o gerenciamento da adubação. Essa estratégia está embasada no conceito da economia ou racionalização de insumos, porém com poucos recursos de conferência do efeito das intervenções na produtividade das culturas (MOLIN, 2004).

Uma segunda estratégia citada por Molin (2004) visa à reposição de insumos com base na sua extração, medida a partir da produtividade de cada porção dos talhões.

Atualmente, a estratégia mais utilizada é a primeira, devido ao seu grau de simplicidade. Entanto à medida que houver um maior domínio das técnicas tanto pelos produtores quanto pelos profissionais que atuam na agricultura haverá uma maior expansão da estratégia que considera o sistema completo, onde há maiores desafios.

O presente trabalho teve por objetivo analisar o custo de correção e adubação do solo em função dos métodos de amostragem, no sistema convencional e de agricultura de precisão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agricultura de precisão

A incorporação de novas técnicas, objetivando o aumento da produtividade das lavouras e ao mesmo tempo buscando reduzir o custo de produção, faz com que as tecnologias de agricultura de precisão despontem, como promissoras alternativas para o aumento da eficiência agrônômica do setor produtivo.

Conceituadamente, a agricultura de precisão é uma forma integrada de gerenciamento da informação nas lavouras, que se fundamentam na existência de variabilidade espacial e temporal dentro da agricultura convencional (VIEIRA, 1986).

A origem desse moderno sistema foi resultado da rígida política de proteção ambiental da Europa na década de 1980. Não sendo mais permitido ao agricultor aplicar insumos em excesso, ele passou a adotar mecanismos de orientação e controle.

Nos Estados Unidos, deu-se um enfoque mais comercial ao tema com a introdução dos conceitos de agricultura de precisão, passando a amostragem a ser sistematizada, ou seja, com a utilização de amostradores mais sofisticados e metodologias específicas para essa tecnologia. No Brasil culturas como: milho, soja, cana-de-açúcar, e com certo potencial, o café, demandam esse tipo de agricultura (MOLIN, 1997).

Embora as tecnologias de agricultura de precisão possam ser utilizadas na aplicação de diferentes insumos agrícolas (sementes e densidade de plantio, dosagem de defensivos, monitoramento de pragas e doenças, etc.), foi no manejo da fertilidade do solo e monitoramento da disponibilidade de nutrientes para as plantas que esse novo conceito de manejo foi originalmente empregado. Isso tudo ocorreu por causa da adição de fertilizantes em doses que atendam à real necessidade das plantas, que aumentem a renda dos agricultores, reduzam as perdas de nutrientes e diminuam o impacto ambiental associado a aplicação de fertilizantes. O desafio que se apresenta é o de interpretar a variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo a fim de que o lucro do agricultor seja aumentado sem que ocorra a aplicação de doses excessivas de fertilizantes (COELHO, 2003).

2.2 Identificação da variabilidade da fertilidade dos solos

Segundo Coelho (2003), a primeira etapa é identificar a variabilidade espacial dos indicadores de fertilidade do solo e, se possível, dependendo da magnitude e da estrutura espacial dessa variabilidade, estabelecer zonas uniformes de manejo.

As ferramentas desenvolvidas para dimensionar e localizar a variabilidade nos atributos físico-químicos dos solos e para a aplicação localizada de insumos já se encontram disponíveis no mercado. Embora vários métodos tenham sido recomendados para identificar, caracterizar e entender a variabilidade dos atributos físico-químicos dos solos, a amostragem sistematizada é obrigatória no caso de lavouras de agricultura de precisão (CHITOLINA et al., 2009).

2.3 Custos de amostragem, análises de solo e elaboração de mapas

De acordo com o Silva et al. (2009), um dos questionamentos relacionados ao uso das tecnologias da agricultura de precisão refere-se, principalmente, aos custos da amostragem e análises de solo. Isso decorre porque a utilização do sistema de amostragem em grades aumenta em muito a necessidade de mão-de-obra e o número de amostras a serem coletadas, impactando no custo final das análises.

Na Tabela 1, são apresentados os custos praticados pelo Centro de Análises Agrícolas (Campo) situado em Paracatu-MG, e pelo Planejamento e Assistência Técnica (Plantar) situado em Unaí-MG, na prestação de serviços georreferenciados de amostragem, análises de solos, elaboração de mapas e acompanhamento de aplicação de corretivos e fertilizantes a taxas variáveis (COELHO, 2005).

Enfatiza-se que no cálculo dos custos da aplicação das tecnologias da agricultura de precisão deve-se levar em conta que as informações coletadas podem ser utilizadas para vários anos. Por exemplo, dependendo dos sistemas de produção e de rotação de culturas utilizados, coleta, análises de solos e elaboração de mapas de fertilidade são atividades realizadas a cada 3 ou até a cada 5 anos. Mapas topográficos e cor dos solos em fotografias aéreas podem ser usados por 10 anos ou mais. Assim, quando as informações são utilizadas por vários anos, o custo anual tem dois componentes básicos – oportunidade de custo do dinheiro investido e depreciação –, que devem ser levados em consideração. Por exemplo, de acordo com a Tabela 1, se o agricultor investe R\$ 36,60 por ha em coleta, análises de solo e

elaboração de mapas a cada quatro anos, a depreciação anual será de R\$ 9,15 por ha (CHITOLINA et al., 2009).

Tabela 1. Custos, em R\$ ha⁻¹, de amostragem de solos, análises e elaboração de mapas de fertilidade do solo.

Área (ha)	Dimensão da malha de amostragem	
	2 ha (10 subamostras) ⁽¹⁾	5 ha (10 subamostras)
< 100	36,60 ⁽²⁾	32,10
100 a 200	34,90	30,40
200 a 300	33,80	29,30
300 a 400	32,70	28,10
> 400	31,00	26,50

⁽¹⁾ Número de amostras simples coletadas em cada célula para compor uma amostra composta.

⁽²⁾ Preço para prestação de serviços em um raio de atuação de 150 km. Para distâncias superiores, o custo é de R\$ 0,80 km⁻¹ excedente. Análises de solo incluem as determinações de rotina (pH, H + Al, Al, Ca, Mg, P, K e MO).

Fonte: Coelho (2005).

O aspecto mais importante relacionado à avaliação econômica da agricultura de precisão é que o valor é proveniente das informações coletadas no campo e não do uso em si das tecnologias (COELHO, 2003). Assim, as tecnologias disponíveis vão possibilitar a geração de dados que têm de ser analisados e transformados em informações práticas, que podem influenciar as decisões no manejo dos solos e das culturas. Os ganhos provenientes da agricultura de precisão são resultantes das decisões de manejo e não do uso das tecnologias disponíveis.

Esse é o aspecto contrastante das inovações com a agricultura tradicional, na qual o valor é proveniente do uso da nova tecnologia, como uma nova cultivar que aumenta a produção, ou um novo herbicida que reduz as perdas na produção.

O primeiro conceito estabelece que o retorno econômico da agricultura de precisão está diretamente relacionado com a natureza e a extensão da variabilidade do meio biofísico no qual ela é aplicada. Se o meio biofísico é uniforme, então não haverá diferenças no retorno econômico entre a agricultura de precisão e a convencional. Entretanto na medida em que há um aumento na heterogeneidade do meio biofísico, o retorno econômico tende a aumentar (CHITOLINA et al., 2009).

O segundo conceito é que o retorno econômico é altamente dependente da capacidade humana de manejar a variabilidade espacial e temporal. Por exemplo, podem-se estimar os custos das tecnologias disponíveis e, com base nos princípios agronômicos, prever as diferenças na eficiência da produção (aumento na produção por unidade de insumo). Entretanto, o retorno econômico pode não ser satisfatório se a decisão agronômica não for correta ou se o equipamento não estiver adequadamente calibrado (CHITOLINA et al., 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostragem de solo convencional

A amostragem de solo convencional foi realizada seguindo as instruções apresentadas por Ribeiro et al. (1999). A área amostrada, 30 ha, pertence à propriedade Fazenda Renascença que fica localizada à 50 km do município de Uberlândia (Figura 1a). A profundidade amostrada foi de 0 a 20 cm. As amostras foram coletadas ao longo de um caminhamento em zig-zag pela gleba, sendo utilizado para a obtenção das amostras o Trado Holandês (Figura 1b). No ponto de coleta das amostras simples, a superfície do solo foi limpa, procurando remover restos vegetais sem, contudo, remover a camada superficial do solo.

De acordo como Ribeiro et al. (1999), para que a amostra composta seja representativa da gleba, devem ser coletadas de 20 a 30 amostras simples por gleba. Porém, seguindo o modo como normalmente é realizado nas propriedades foram coletadas apenas 4 amostras simples, em toda a gleba.

Para fins de comparação foram também coletadas mais 2 repetições, as duas possuindo 15 amostras simples, porém, variando o número de coletas na linha e na entre linha de plantio. Após a coleta homogeneizou-se as amostras simples, de cada repetição, formando assim 4 amostras compostas, para isso utilizando-se um balde (Figura 1c). Realizada a homogeneização, as amostras compostas foram colocadas em saquinhos plásticos e devidamente etiquetadas para melhor armazená-las, posteriormente foram cuidadosamente destorroadas e secas a sombra para enviá-las ao laboratório.



Figura 1. Detalhe da área amostrada (a), do Trado Holandês (b) e das amostras compostas (c).

As análises executadas foram as seguintes: pH em água, carbono orgânico, cálcio trocável, magnésio trocável, acidez trocável, soma de bases, acidez potencial, capacidade de

troca de cátions a pH 7, saturação por alumínio, saturação por bases, fósforo disponível e potássio disponível. As análises descritas foram realizadas de acordo com a Embrapa (1997).

3.2 Determinação da classe textural do solo

A determinação da classe textural do solo foi realizada na Universidade Federal de Uberlândia pelo Laboratório de Manejo de Solos – LAMAS.

3.3 Amostragem sistemática do solo

A amostragem sistemática do solo foi feita pela empresa APagri, que presta serviço para o proprietário da fazenda. Os dados e mapas de fertilidade do solo foram fornecidos pelos mesmos.

3.4 Elaboração dos mapas de fertilidade

Os mapas utilizados neste trabalho foram elaborados com o auxílio do software, AutoCAD[®], o qual possibilitou dimensionar a área total do experimento, bem como as áreas de cada mancha de fertilidade utilizadas nos cálculos.

3.5 Cálculo da necessidade e quantidade de calcário

A quantidade real de calcário foi calculada com base na Equação 1 (RIBEIRO et al., 1999).

$$QC = [T*(Ve - Va)/100]* SC/100 * PF/20 * 100/PRNT \quad (1)$$

Em que:

$$T = CTC \text{ a pH } 7, \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3};$$

Va = Saturação por bases atual do solo, %;

Ve = Saturação por bases esperada para a cultura a ser implantada, %;

SC = Percentagem do terreno a ser coberta na calagem, %;

PF = Profundidade que o calcário será incorporado, cm;

PRNT = Poder relativo de neutralização total do calcário, %.

3.6 Relação entre os custos da agricultura convencional e agricultura de precisão

Para obtermos uma relação entre os custos foi elaborado o seguinte modelo matemático (Equação 2), em que resultados positivos implicam em um menor custo da agricultura convencional (AC) e resultados negativos implicam no inverso, ou seja, em um menor custo da agricultura de precisão (AP).

$$AC/AP = (1-AC/AP)*100 \quad (2)$$

Em que:

AC = Custo da agricultura convencional;

AP = Custo da agricultura de precisão.

3.7 Cálculo de adubação

O cálculo de adubação, fosfatada e potássica, foi realizado com base nas Recomendações para Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais, 5^a Aproximação (RIBEIRO, et al., 1999). A adubação mineral foi calculada de acordo com a disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K) na área em estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Relação de doses de P_2O_5 e K_2O com a disponibilidade de P e K na área em estudo (RIBEIRO, et al., 1999).

Disponibilidade de P			Disponibilidade de K		
Baixa	Média	Boa	Baixa	Média	Boa
-----Dose de P_2O_5 -----			-----Dose de K_2O -----		
-----kg ha ⁻¹ -----					
120	80	400	120	80	40

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado das análises de pH, fósforo (P), potássio trocável (K), cálcio trocável (Ca), magnésio trocável (Mg), acidez trocável (Al), soma de bases (SB), matéria orgânica (M.O.), CTC efetiva (t), CTC pH 7 (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) realizadas pelo método de amostragem convencional, estão contidos nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Resultado das análises químicas (pH, P, K, Ca, Mg, Al e SB) obtidas pelo método de amostragem convencional.

Amostras	pH	Pmeh-1 ¹	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB
		mg dm ⁻³						
A	6,3	5,2	0,1	2,37	0,8	0	2,85	3,28
B	6,3	5,1	0,1	2,60	0,8	0	2,82	3,5
C	6,3	4,9	0,1	2,70	0,9	0	2,85	3,7

A = 4 amostras simples; B = 15 amostras simples; C = 15 amostras simples; e D = 16 amostras simples.
1 = Método Mehlich-1

Tabela 4. Resultado das análises químicas (MO, t, T, V e m) obtidas pelo método de amostragem convencional.

Amostras	M.O.	t	T	V	m
	dag kg ⁻¹				
A	2,85	3,28	6,13	53,75	0
B	2,8	3,5	6,33	55,25	0
C	2,8	3,7	6,55	56,5	0

A = 4 amostras simples; B = 15 amostras simples; C = 15 amostras simples.

Os resultados da análise textural das amostras obtidas pelo método de amostragem convencional, estão contidos na Tabela 5. De acordo com Ribeiro et al. (1999), os resultados obtidos para P, K, Mg, Al, H + Al, M.O., t, T, V e m, presentes nas Tabelas 3 e 4 pertencem a uma mesma faixa de fertilidade, não havendo assim diferença entre eles. Somente para os teores de Ca e SB houveram diferenças, pois os dados da amostras A, no que diz respeito ao Ca, não pertencem à mesma faixa de fertilidade que os apresentados por B e C. Já para os teores de SB as amostras A e B pertencem a uma mesma faixa de fertilidade, diferindo de C.

Todas as amostras apresentaram teor de argila na faixa de 60-100% (Tabela 5), o que as colocam dentro de uma mesma classe textural, ou seja, muito argilosa.

Tabela 5. Análise textural das amostras coletadas no experimento.

Amostras	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural
			%		
A	15,3	10,4	53,0	68,97	Muito Argilosa
B	14,6	10,0	67,0	68,65	Muito Argilosa
C	21,3	12,3	28,0	63,75	Muito Argilosa

4.1 Necessidade de calcário

Com base nos dados obtidos na análise química do solo foi calculada a necessidade e a quantidade de calcário pelo método de saturação de bases. Os resultados obtidos estão compilados na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados da necessidade e quantidade de calcário obtidos no experimento.

Amostras	NC (t ha ⁻¹)	QC (t ha ⁻¹)
A	0,69	0,726
B	0,62	0,652
C	0,55	0,578

Analisando a Tabela 6 podemos observar que os valores obtidos para a necessidade e quantidade de calcário foram muito próximos, porém, a amostra A mostrou-se mais exigente que as demais. Isso é decorrente da menor taxa de cálcio (Ca) apresentada, o que influencia na quantidade de calcário utilizada.

4.2 Cálculo da adubação

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, a recomendação para a adubação fosfatada foi de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Sendo o superfosfato simples a fonte de fósforo

utilizada, pois possui 16% de P_2O_5 , serão necessários 750 kg ha^{-1} para atender a recomendação. Para a adubação potássica a recomendação foi a de 80 kg ha^{-1} de K_2O . Sendo a fonte utilizada cloreto de potássio, que apresenta 58% de K_2O , a quantidade necessária para atender a recomendação será de 138 kg ha^{-1} . Como a cultura que se planeja implantar é soja, será realizada a inoculação das sementes o que torna desnecessário a adubação nitrogenada.

4.3 Cálculo de custo de calcário e adubos para o método da agricultura convencional

Depois de realizados os cálculos para se obter a quantidade de calcário e adubos, foi realizado um levantamento dos preços de adubos e corretivos, feito através de orçamentos realizados em três diferentes revendas localizadas no município de Uberlândia, sendo obtido os seguintes valores médios: para cloreto de potássio R\$ 76,00 saco^{-1} de 50 kg; superfosfato simples R\$ 34,00 saco^{-1} de 50 kg; e o calcário dolomítico R\$ 7,50 saco^{-1} de 50 kg.

Esses valores médios foram utilizados como base de cálculo para o custo de produção de ambas modalidades de cultivo. O custo foi calculado utilizando os diferentes resultados da amostragem convencional, sendo os valores obtidos apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Custo dos insumos para o método da agricultura convencional.

Amostras	Calcário (R\$ ha^{-1})	Super Simples (R\$ ha^{-1})	KCl (R\$ ha^{-1})	Custo total (R\$ ha^{-1})	Custo em área total (R\$)
A	108,9	510,0	209,76	828,66	24.859,80
B	97,8	510,0	209,76	817,56	24.526,80
C	86,7	510,0	209,76	806,46	24.193,80

Analisando a Tabela 7, observa-se que o custo mais elevado foi aquele obtido através dos dados da amostra A, devido à maior necessidade de calcário. A diferença do custo por hectare entre a amostra A e B foi de R\$ 11,10 e entre A e C de R\$ 22,20. A diferença entre os custos podem parecer pequenas, porém, quando pensamos em extensas áreas, essa diferença se torna expressiva, onerando o sistema de produção.

4.4 Cálculo de calagem e adubação para o método da agricultura de precisão

Os cálculos de adubação e calagem para a agricultura de precisão foram realizados para cada mancha de fertilidade presente na área. No que diz respeito à calagem, os cálculos foram realizados com base nas manchas de saturação por base (V), explicitadas na Figura 2.

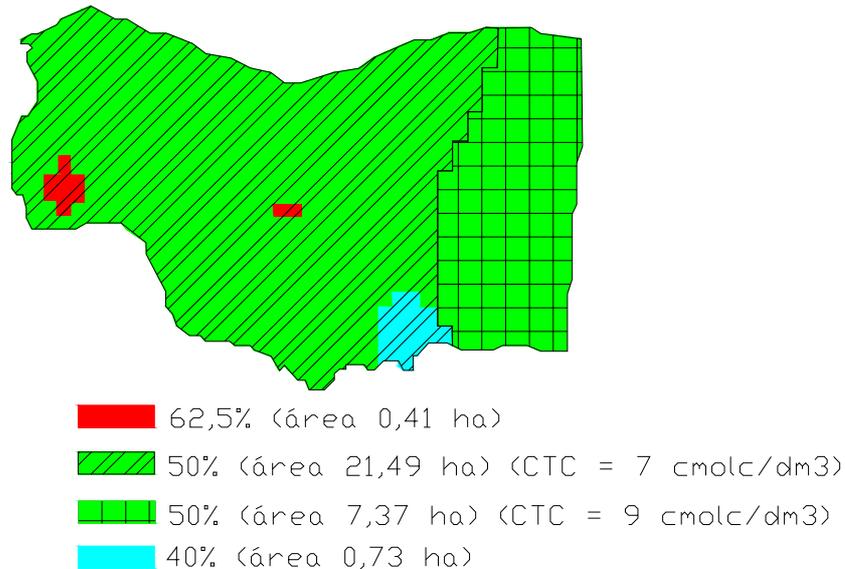


Figura 2. Mapa da área experimental, detalhando as diferenças em porcentagem nos teores de saturação por bases do solo (V).

A área de coloração azul (Figura 2), possui 0,73 ha, saturação por bases (V) de 40% e capacidade de troca catiônica total (T) de 7 cmol_c dm⁻³. Para essa área a necessidade de calcário calculada foi de 1,75 t ha⁻¹, sendo a quantidade necessária de 1,84 t ha⁻¹. A quantidade de calcário que deverá ser distribuída na área de 0,73 ha é de 1,34 toneladas. A faixa representada no mapa pela cor vermelha (Figura 2), possui uma área total de 0,41 ha, com V de 62,5% e T igual a 7 cmol_c dm⁻³. A quantidade de calcário calculada foi de 0,175 t ha⁻¹, sendo a quantidade real necessária de 0,184 t ha⁻¹. A quantidade total de calcário que deverá ser distribuída na área é de 0,075 toneladas. A faixa de cor verde hachurada com linhas na diagonal (Figura 2), possui uma área de 21,49 ha, com V de 50% e T igual a 7 cmol_c dm⁻³. A necessidade de calcário calculada foi de 1,05 t ha⁻¹, sendo que a quantidade necessária desse insumo deverá ser de 1,10 t ha⁻¹. A quantidade total de calcário que deverá ser distribuída na área é de 23,64 toneladas. A parte da Figura 2 de coloração verde e hachurada em

quadriculado, com área de 7,37 ha, possui um V de 50% e T igual a $9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A necessidade de calcário calculada foi igual a $1,35 \text{ t ha}^{-1}$, sendo a quantidade necessária de $1,42 \text{ t ha}^{-1}$. A quantidade total de calcário que será distribuída na área (7,37 ha) será de 10,46 toneladas.

4.5 Adubação

Os parâmetros utilizados para a recomendação de adubação fosfatada e potássica, para a agricultura de precisão foram os mesmos utilizados para a agricultura convencional, com base na Recomendação para Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais, 5^a Aproximação (RIBEIRO et al., 1999). No que diz respeito à agricultura de precisão, pode-se visualizar nas Figuras 3 e 4 os teores de fósforo e potássio, respectivamente, obtidos na área em estudo.

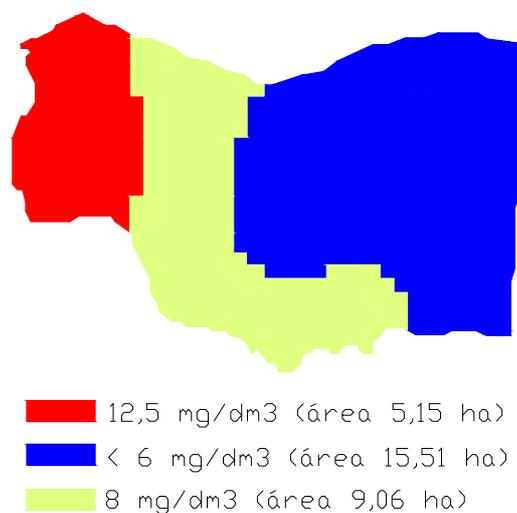


Figura 3. Mapa da área experimental, detalhando as diferenças nos teores de Fósforo presente no solo (P).

Para a faixa azul (Figura 3), com uma área de 15,51 ha, que possui baixa disponibilidade de fósforo no solo ($< 6 \text{ mg dm}^{-3}$), recomendando, neste caso, 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Para a faixa de coloração amarela, que possui área de 9,06 ha, com uma disponibilidade de fósforo média (8 mg dm^{-3}), a recomendação foi de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Na faixa de

coloração vermelha, com área de 5,15 ha, não foi necessária a recomendação de adubação fosfatada, por possuir teor de fósforo considerado bom ($12,5 \text{ mg dm}^{-3}$).

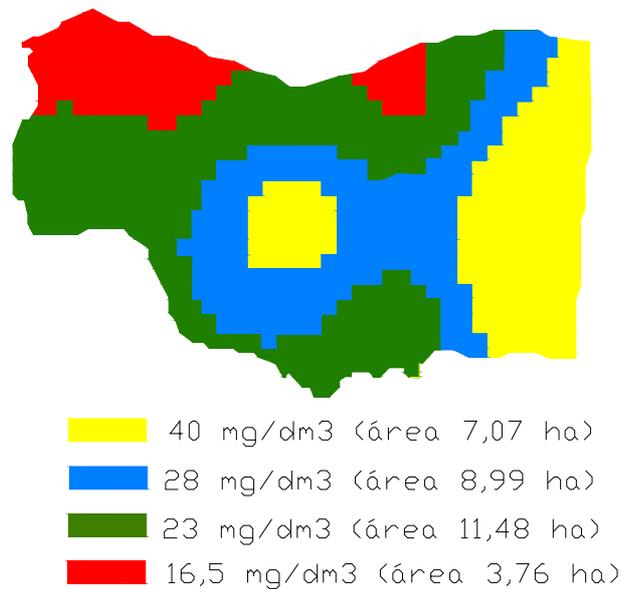


Figura 4. Mapa da área experimental, detalhando as diferenças nos teores de potássio presente no solo (K).

Para todas as faixas (Figura 4), foram constatados teores considerados baixos para potássio. Diante disso, torna-se necessária a utilização de 120 kg ha^{-1} de K_2O em todas as manchas de fertilidade.

4.6 Calcário

A quantidade total de calcário utilizada em toda a área (30 ha) foi de 35,51 toneladas, o que corresponde a 711 sacos de 50 kg de calcário dolomítico. Considerando um custo por saco de calcário de R\$ 7,50, é gerado um custo total de R\$ 5.332,50.

4.7 Fósforo

O total de P_2O_5 utilizado em área total (24,85 ha) foi de 2,58 toneladas, o que corresponde a 14,36 toneladas de superfosfato simples, ou seja, 287 sacos de 50 kg. Considerando um custo por saco de R\$ 34,00, isso totaliza R\$ 9.758,00.

4.8 Potássio

A quantidade de K_2O utilizada em toda a área foi de 3,6 toneladas, correspondendo a 6,2 toneladas de cloreto de potássio (KCl), 124 sacos de 50 kg, ocasionando um custo total de R\$ 9.424,00. Na Tabela 8, estão apresentados os custos de cada insumo utilizado por hectare, o custo total por hectare e o custo da área total (30 ha).

Tabela 8. Custo para a agricultura de precisão.

Calcário	Super Simples	KCl	Custo Total ha ⁻¹	Custo da área total
R\$ 177,75	R\$ 392,60	R\$ 314,13	R\$ 884,48	R\$ 26.534,40

Analisando a referida tabela, nota-se que o custo mais alto foi proporcionado pelo superfostato simples, seguido do cloreto de potássio e do calcário dolomítico. Essa situação é reflexo das quantidades calculadas para cada insumo, a qual está ligada à fertilidade da área.

4.9 Comparação dos custos obtidos para agricultura convencional e de precisão

Uma comparação dos custos obtidos pelo método convencional e pelo método de agricultura de precisão estão demonstrados na Tabela 9.

Tabela 9. Comparação dos custos (R\$ ha⁻¹) obtidos pelos métodos convencional e agricultura de precisão.

Amostras	Calcário	Super Simples	KCl	Custo ha ⁻¹	Custo da área total (30 ha)
A	108,90	510,00	209,76	828,66	24.859,80
B	97,80	510,00	209,76	817,56	24.526,80
C	86,70	510,00	209,76	806,46	24.193,80
AP	177,75	392,60	314,13	884,48	26.534,40

Pode-se observar na Tabela 9, que o método de agricultura de precisão promoveu custos mais elevados em relação ao método de agricultura convencional, no que diz respeito ao calcário e ao cloreto de potássio (KCl). Contudo, o custo do super simples foi inferior para o método de agricultura de precisão. A diferença entre o custo por hectare da amostra obtida na agricultura de precisão e a amostra A foi de R\$ 55,82.

4.10 Cálculo do custo

Para se obter uma relação entre os custos de produção na agricultura convencional e na agricultura de precisão, foi utilizada a Equação 2. Os resultados obtidos estão compilados na Tabela 10.

Tabela 10. Relação entre os custos de produção, agricultura convencional e agricultura de precisão.

Amostra	Calcário	Fósforo	Potássio	Custo ha ⁻¹	Custo total
A	38,73%	- 29,90%	33,22%	6,31%	6,31%
B	44,97%	- 29,90%	33,22%	7,57%	7,57%
C	51,22%	- 29,90%	33,22%	8,82%	8,82%

Analisando a Tabela 10 pode-se observar que o custo da agricultura de precisão se mostrou superior aos apresentados pelas amostras A, B e C. Contudo, a menor diferença ocorreu para o calcário obtidos na amostra A, já que o teor de cálcio encontrado na amostra foi inferior aos encontrados em B e C, o que influencia diretamente na soma de bases (SB). a

Apesar da SB das amostras A e B pertencerem a uma mesma faixa de fertilidade a diferença entre elas influencia diretamente o cálculo da necessidade de calcário, por esta ser uma das variáveis utilizadas.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos no presente trabalho, pôde-se concluir que:

- A metodologia de amostragem A apresentou menor teor de Ca, porém, para os demais elementos se mostrou indiferente;
- Não foi verificada variação na fertilidade do solo pelos métodos de amostragem B e C;
- Com relação ao calcário, o custo verificado na agricultura de precisão foi diferente para as amostras sendo em média 44,97% superior à agricultura convencional;
- No que diz respeito ao superfosfato simples, o custo observado na agricultura de precisão foi 29,90% inferior ao apresentado pela agricultura convencional;
- Para o cloreto de potássio, o custo verificado na agricultura de precisão foi de 33,22% superior à agricultura convencional;
- O custo por hectare da agricultura de precisão foi em média 7,56% superior ao apresentado pelo método da agricultura convencional.

REFERÊNCIAS

- CHITOLINA, J. C.; PRATA, F.; SILVA, F. C. da; COELHO, A. M.; CASARINI, D. C. P.; MURAOKA, T.; VITTI, A. C.; BOARETTO, A. E. Amostragem de solo para análises de fertilidade, de manejo e de contaminação. In: SILVA, F. C. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**, II. (Ed.). Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 2009. p. 25–55.
- COELHO, A. M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M. de; LOPES, A. S.; ALVARES, V. V. H. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, 2003, p. 249–290.
- COELHO, A. M. **Potencial de utilização das técnicas de agricultura de precisão na recuperação de fertilidade dos solos sob pastagens degradadas**. Sete Lagoas: EMPRAPA Milho e Sorgo, 2005, 8 p. (Boletim Técnico 68).
- MANZATTO, C. V.; BHERING, S. B.; SIMÕES, M. **Agricultura de precisão: propostas e ações da EMBRAPA Solos**. EMBRAPA Solos, 1999. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br>> Acesso em: 10 dez 2008.
- MOLIN, J. P. Qual a filosofia da agricultura de precisão? **Boletim Informativo do Grupo de Estudos “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, n. 11, p. 3. 1997.
- MOLIN, J. P. **Tendências da agricultura de precisão no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. Piracicaba, 2004, p. 2-3. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br>> Acesso em: 20 jan 2009.
- RIBEIRO, A. C.; ALVAREZ, V. H.; GUIMARÃES, P. T. G. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 14-20.
- SWINTON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site-specific farming. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 11, n 4, p. 439-446, 1998.
- VIEIRA, S. **Introdução à bioestatística**. Rio de Janeiro: Campus, 1986. p. 284