

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO

CLEBER RODRIGO CANEPPELE

INSTRUMENTO DE COLETA NA AMOSTRAGEM DE SOLO COM
AGRICULTURA DE PRECISÃO

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

DOIS VIZINHOS

2016

CLEBER RODRIGO CANEPPELE

**INSTRUMENTO DE COLETA NA AMOSTRAGEM DE SOLO COM
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com Ênfase em Agricultura de Precisão Aplicada ao Manejo da Fertilidade do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Casali

DOIS VIZINHOS

2016



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Coordenação de Agronomia
Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo**



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia nº 013

**INSTRUMENTO DE COLETA NA AMOSTRAGEM DE SOLO COM AGRICULTURA DE PRECISÃO
por**

Cleber Rodrigo Caneppele

Monografia apresentada às dezenove horas do dia dezenove de dezembro de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com Ênfase em Agricultura de Precisão Aplicada ao Manejo da Fertilidade do Solo, Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Examinadora:

Jairo Calderari de Oliveira Junior

Elisandra Pocojeski

Carlos Alberto Casali
orientador

Dr Carlos Alberto Casali
Coordenador do Curso

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo.

RESUMO

CANEPPELE, Cleber Rodrigo. **Instrumento De Coleta Na Amostragem De Solo Com Agricultura De Precisão** 2016. 24f. Monografia (Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo) – Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

O presente trabalho objetivou avaliar o uso da agricultura de precisão e de diferentes instrumentos de coleta de solo na qualificação da amostragem de solo. A área de estudo possui 21,83 há e localiza-se em Mangueirinha, no Sudoeste do Estado do Paraná. A lavoura utilizada está sob sistema plantio direto (SPD) a 20 anos, com cultivo de soja, milho, feijão no verão e trigo, cevada, centeio e aveia no inverno, sempre com bons índices de produtividade. Após a colheita da soja, em abril de 2016, realizou-se a amostragem de solo utilizando diferentes espaçamentos de grid e instrumentos de coleta: a) modelo convencional, dividindo a área em 5 glebas menores e utilizando pá de corte e 5 sub amostras por gleba; b) Agricultura de Precisão, com grid de amostragem de 2 ha e 12 sub amostras por gleba utilizando trado de rosca; c) Agricultura de Precisão, com grid de amostragem de 2 ha e 05 sub amostras por gleba utilizando e pá de corte. Coletou-se o solo na camada de 0-10 cm e apenas o solo da entrelinha da soja para não ter interferência da adubação aplicada. Após, as amostras de solo foram encaminhadas para o laboratório de solos da UTFPR-DV. Elas foram secadas ao ar, moídas e peneiradas em malha de 2,0 mm. As amostras de solo foram caracterizadas quando aos valores de pH em H₂O, em CaCl₂ e em SMP, e teores de C, P, K, conforme metodologias descritas em Tedesco et al. (1995). Para áreas agrícolas sob sistema plantio direto no Sudoeste do PR, que possui elevada variação de relevo e solo, a amostragem convencional, mesmo sendo feita com grid de 4,3 há, metade da área aceita que é de 10 há, não consegue caracterizar adequadamente a heterogeneidade da fertilidade do solo. A amostragem de solo para análises químicas com grid de 02 há é adequada para melhor a caracterização da heterogeneidade das áreas agrícolas sob sistema plantio direto consolidado. A pá de corte é o instrumento mais adequado para a amostragem de solo com agricultura de precisão, pois é mais fiel as variações do perfil do solo até 10 cm. Já o trado de rosca dá mais dinamismo a amostragem de solo com agricultura de precisão, mas coleta menos solo em profundidade, alterando os valores de P, K e MOS, bem como os mapas de aplicação de insumos.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão, coletas de solo, trado de rosca, Pá de corte.

ABSTRACT

CANEPPELE, Cleber Rodrigo. **Collection Instrument of soil sampling With Precision Agriculture**. 2016. 24f. Monography (Specialization in Soil Fertility Management) - Agronomy Course, Federal Technological University of Paraná. Two Neighbors, 2016.

The objective of this work was to evaluate the use of precision agriculture and of different soil collection instruments in soil sampling qualification. The study area has 21.83 ha and is located in Mangueirinha, in the Southwest of the State of Paraná. The crop used under no-tillage system (SPD) at 20 years, with soybean, corn, summer beans and wheat, barley, rye and winter oats, always with good productivity indexes. After the soybean harvest, in April 2016, soil sampling was performed using different numbers of fields and collection instruments: a) conventional model, dividing the area into 5 smaller areas using a cutting blade and 5 sub samples per Gleba; B) Precision Agriculture, with a sampling grid of 2 ha and 12 sub samples per gleba using screw thread; C) Precision Agriculture, with a sampling grid of 2 ha and 05 sub samples per gleba using a cutting blade. The soil was collected in the 0-10 cm layer and only the soil of the soybean interlayer was used to avoid interfering with the applied fertilization. Afterwards, the soil samples were sent to the soil laboratory of UTFPR-DV. They were air dried, milled and sieved in a 2.0 mm mesh. The soil samples were characterized when the pH values in H₂O, CaCl₂ and SMP, and C, P, K, according to the methodologies described in Tedesco et al. (1995). For agricultural areas under no-tillage system in the Southwest of PR, which has a high relief and soil variation, conventional sampling, even if it is done with a grid of 4.3 ha, half the area accepted, which is 10 ha, can not adequately characterize The heterogeneity of soil fertility. Soil sampling for chemical analyzes with grid of 02 ha is adequate to better characterize the heterogeneity of the agricultural areas under consolidated no - tillage system. The cutting blade is the most suitable instrument for soil sampling with precision agriculture, because soil profile variations up to 10 cm are more accurate. On the other hand, the screw feed gives more dynamism to soil sampling with precision agriculture, but collects less soil in depth, altering the values of P, K and MOS, as well as the application maps of inputs.

Palavras-chave: Precision Agriculture, Soil Collecting, Screw Feeding, Cutting Shovel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 01: Delimitação da área de estudo de 21,83 ha no município de Mangueirinha..... 12
- FIGURA 02: Mapas de amostragem de solo com (A) agricultura de precisão com grid de 2ha e utilizando trado de rosca e pá de corte e (B) sistema convencional de amostragem de solo com pá de corte..... 13
- FIGURA 03: Quadriciclo acoplado com amostrador de solo com trado de rosca utilizado na amostragem de solo.....13
- FIGURA 04: Mapas de pH-CaCl₂ do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte..... 15
- FIGURA 05. Mapas de pH-H₂O do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.....15
- FIGURA 06. Mapas de pH-H₂O do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.....16
- FIGURA 07. Mapas de calagem do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.....17
- FIGURA 08. Mapas de fósforo (P) do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.....18
- FIGURA 09. Mapas de potássio (K⁺) do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.....20
- FIGURA 10. Mapas de potássio (K⁺) do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.....21

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 Agricultura de Precisão	9
2.2 Amostragem de solo na Agricultura de Precisão.....	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	144
5. CONCLUSÃO	222
6. REFERÊNCIAS.....	233

1 INTRODUÇÃO

A agricultura tem evoluído rapidamente e os agricultores tem adotado sistemas de manejo que buscam lavouras mais homogêneas e com produtividades superiores. Uma destas otimizações está relacionada ao uso da Agricultura de Precisão (AP), que pode orientar a aplicação a taxa variável de vários insumos, como os principais nutrientes de plantas (nitrogênio, fósforo e potássio), calcário, sementes, genótipos, agroquímicos, água e práticas de manejo do solo. Para cada insumo, deve ser desenvolvida uma estratégia para guiar com precisão a aplicação variável (DOERGE, 2000).

A AP tem sido utilizada principalmente na aplicação de fertilizantes e corretivos, a partir da mudança da interpretação de que o solo das áreas agrícolas é heterogêneo e carece de manejos diferenciados. Comumente, em uma determinada lavoura se faz uso da média dos valores diagnosticados em uma análise de solo e a aplicação dos insumos segue esses valores, sem respeitar a variabilidade natural e artificial da área. A técnica descrita atende apenas as necessidades médias e não considera as necessidades específicas de cada parte do campo (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

Um dos principais aspectos alterados no manejo do solo com a AP está relacionado a amostragem de solo, onde ela preconiza a diminuição do tamanho das glebas de amostragem e a realização da coleta de solo por sistemas automatizados, como equipamentos de coleta acoplados em quadriciclos ou motos. Essa alteração permitiu coletar mais rapidamente um maior número de amostras de solo, conseguindo abranger maiores áreas de uma forma mais eficiente. Associado a isso, tem o georreferenciamento dos pontos de coleta de solo, o que permite a elaboração de mapas que podem ser utilizados para identificar áreas com maior e menor fertilidade, possibilitando a aplicação de insumos à taxa variável que respeita essa variabilidade de solo.

Anchieta (2012) destaca que a AP mostra-se uma ferramenta eficaz para suprir as demandas de eficiência que a sociedade exige quanto aos aspectos sócio-econômicos e ambientais. Porém, existem algumas lacunas relacionadas aos protocolos de levantamento da fertilidade que são pouco abordadas pela literatura. Há uma necessidade de padronização do processo de levantamento da fertilidade para

subsidiar informações de qualidade ao agricultor e permitir discussões relacionadas a certificações agrícolas de insumos e corretivos.

Salienta-se que a AP tem um custo maior em relação ao sistema de diagnóstico e aplicação de insumos tradicional e muitos agricultores deixam de adotar essa tecnologia por receio quando a real economia ou maior retorno que pode ter a partir da sua utilização. Ademais, existe questionamento sobre a efetividade de instrumentos de coleta de solo acoplados a quadriciclos em relação a sua eficiência na fidelidade ao perfil de solo coletado, tendo em vista que tradicionalmente se utiliza trados caladores ou de rosca ao invés da pá de corte, que é considerado o instrumento padrão.

Portanto, é fundamental a realização de trabalhos que busquem comparar o uso da AP ao manejo de solo tradicional, analisando a efetividade dos instrumentos de amostragem de solo, bem como os ganhos financeiros que a utilização da AP para trazer para o produtor rural. O presente trabalho objetivou avaliar o uso da agricultura de precisão e de diferentes instrumentos de coleta de solo na qualificação da amostragem de solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agricultura de Precisão

As tecnologias estão cada vez mais presentes no campo, buscando facilitar a vida do agricultor e elevar os lucros da sua atividade econômica. Para tanto, essas tecnologias devem se adequar a realidade do produtor, que enfrenta elevada variabilidade de clima, solos, cultivos, implementos e insumos. Como exemplo tem-se a agricultura de precisão, que é uma ferramenta que busca aplicar os insumos no local correto, no momento adequado e em quantidades necessárias. Segundo, Pierce; Nowak (1999), a AP é a aplicação de princípios e tecnologias para manejar a variabilidade espacial e temporal, associada com todos os aspectos da produção agrícola, com o objetivo de aumentar a produtividade na agricultura e a qualidade ambiental. A literatura aborda a AP como sendo um veículo promissor que otimiza os insumos agrícolas de forma a não haver desperdício e, assim, diminuir os custos de produção e os impactos ambientais (ANCHIETA, 2012).

A AP, ou manejo por zonas uniformes, tem por princípio básico o manejo da variabilidade dos solos e culturas no espaço e no tempo. Sempre que fracionamos uma área podemos perceber que a mesma tem diferentes níveis de fertilidade, então por que aplicar insumos a taxas fixas se podemos distribuí-lo respeitando a heterogeneidade natural e artificial do terreno? Isso pode gerar boa economia de insumos, pois será aplicada apenas a quantidade necessária em cada fração da área, gerando economia de insumos e evitando desperdícios, além disso, seremos responsáveis com a parte ambiental, poluindo menos e produzindo mais.

O uso da AP no manejo de solo ainda é pequeno em relação aos sistemas convencionais, devido ansiedade de produtores rurais por resultados imediatos, o que por vezes não é tão rapidamente visualizado. Desta forma é sempre importante desenvolver trabalhos que avaliem e demostrem as vantagens da AP em comparação a agricultura convencional. Segundo Molin (2004), muitas pessoas associam a um pacote mágico que irá resolver todos os problemas da agricultura após a sua adoção, o que irá persistir enquanto houver desinformação.

2.2 Amostragem de solo na Agricultura de Precisão

Uma amostra de solo é uma pequena porção de terra que ao ser analisada buscará representar um volume de solo infinitamente maior da área amostrada. Como esta porção é pequena em relação à quantidade de solo que irá representar, deve-se tomar todo cuidado na sua retirada. Uma amostragem mal executada pode induzir a posteriores erros na interpretação do resultado da análise, com o consequente comprometimento técnico e econômico de um programa de adubação e correção do solo. (IAPAR 1996).

Amostragem de solo requer cuidados que vão desde o número de sub amostras, profundidade de amostragem, formas de amostragem e tamanho do grid amostral. O sistema convencional impõe limites de interferência estatística e alguns pressupostos matemáticos devem ser respeitados quando se quer, a partir dos resultados das análises, gerar mapas especializando os resultados e as recomendações.

Na AP a amostragem de solo é diferente da tradicional, pois uma amostra de solo busca representar áreas menores, elevando o número de amostras coletadas em uma determinada área, tendo em vista que a amostragem de solo é automatizada,

aumentando o maior nível de detalhamento da área. Conforme Anchieta (2012), estudos vêm sendo realizados para definir e padronizar os corretos procedimentos para amostragem de solo relacionados, por exemplo, com as quantidades ideais de pontos por área para realização de uma amostragem. As quantidades de amostras dispostas em campo influenciam o custo/benefício da técnica. Para o aumento da precisão é necessário um aumento das amostras dispostas em campo, o que, conseqüentemente, aumenta o custo da aplicação.

Contudo, um dos pontos de estrangulamento da AP está relacionado à qualidade da amostragem de solo, tendo em vista que os trados acoplados aos veículos melhoram o tempo de coleta, mas podem ter problemas para caracterizar com fidelidade o perfil de solo, pois há perda de parte do material coletado. Segundo o Schlindwein et al. (1998), o instrumento utilizado na amostragem do solo também pode ser fonte de variabilidade, considerando o próprio tamanho (volume de solo) da sub amostra, como também possíveis perdas, como, por exemplo, na coleta com trado de rosca, que pode acarretar perdas de solo, principalmente das camadas superficiais, mais ricas em alguns dos atributos químicos do solo.

Nesse sentido, é fundamental a realização de trabalhos que busquem comparar o uso da AP no manejo de solo bem como identificar os pontos que podem ser melhorados para que ela seja mais bem difundida. Pensando nisso, deve-se analisar as diferenças encontradas entre a forma convencional e a agricultura de precisão.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo possui 21,83 ha e localiza-se em Mangueirinha, no Sudoeste do Estado do Paraná (Figura 1). A região apresenta relevo suave ondulado e altitude média de 840 m nível do mar. O clima é classificado como Cfa segundo Köppen e Geiger, a temperatura média anual é de 16.8 °C e a pluviosidade média anual é 1897 mm. Na área encontra-se manchas de Latossolo Bruno e Cambissolo húmico (EMBRAPA, 2013). O talhão selecionado de 21,83 ha é de um agricultor assistido pela empresa Agriprecisão.



**Figura 1. Delimitação da área de estudo de 21,83 ha no município de Mangueirinha-PR.
FONTE: Imagens Google Earth, (2016).**

A lavoura utilizada está sob sistema plantio direto (SPD) a 20 anos, com cultivo de soja, milho, feijão no verão e trigo, cevada, centeio e aveia no inverno, sempre com bons índices de produtividade. A área foi dividida em glebas uniformes, respeitando o histórico de manejo, a variação de cor e textura do solo, drenagem do terreno, tipo de vegetação e cultura anterior. Após a colheita da soja safra 2015/16, foram marcados os pontos de coleta através de um software da Farm Works instalado a um GPS, realizado a amostragem de solo 0-10 cm utilizando diferentes espaçamentos de grids e instrumentos de coleta: a) modelo convencional, dividindo a área em 5 glebas menores e utilizando pá de corte e 5 sub amostras por gleba; b) Agricultura de Precisão, com grid de amostragem de 2 ha e 12 sub amostras por gleba utilizando trado de rosca; c) Agricultura de Precisão, com grid de amostragem de 2 ha e 05 sub amostras por gleba utilizando e pá de corte (Figura 2).

A amostragem de AP foi realizada com quadriciclo equipado com trado de rosca (Figura 3) cedido pela empresa AGRIPRECISÃO, enquanto a coleta de AP com pá de corte e a coleta convencional foi realizada com caminhamento na área. Coletou-se apenas o solo da entrelinha da soja para não ter interferência da adubação aplicada. Antes da introdução do trado e da pá de corte no solo foram retirados resíduos orgânicos, como folhas e galhos mortos. Tanto para a pá de corte, quanto com trado de rosca, as subamostras foram coletadas fazendo caminhamento em zig-

zag dentro das áreas. Após as coletas, as subamostras foram misturadas para formar uma amostra composta, gerando em torno de 300 g de solo.



Figura 02. Mapas de amostragem de solo com (A) agricultura de precisão com grid de 2ha e utilizando trado de rosca e pá de corte e (B) sistema convencional de amostragem de solo com pá de corte.

Fonte: AGRIPRECISÃO, (2016).



Figura 3. Quadriciclo acoplado com amostrador de solo com trado de rosca utilizado na amostragem de solo.

Fonte: AGRIPRECISÃO, (2016).

Após, as amostras de solo foram encaminhadas para o laboratório de solos da UTFPR-DV. Elas foram secadas ao ar, moídas e peneiradas em malha de 2,0 mm. As amostras de solo foram caracterizadas quando aos valores de pH em H₂O, em CaCl₂ e em SMP, e teores de carbono (C), Fósforo (P), Potássio (K), conforme metodologias descritas em Tedesco et al. (1995).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises químicas do solo estão representadas nas tabelas 1, 2 e 3 com os dados pH-CaCl₂, pH-H₂O, SMP, MOS (g/kg), K (mg/kg), P (mg/kg).

O solo analisado indica ter sido corrigido com aplicação de calcário, pois o pH-H₂O está acima dos limites estabelecidos para recomendação de calagem para o sistema plantio direto consolidado, que é de pH-H₂O acima de 5,5 (CQFS-RS/SC, 2004), acompanhado pelas variações do pH-CaCl₂. Contudo, verifica-se uma variabilidade na acidez da área, pois o índice SMP variou de 5,6 até 6,1 para amostragem com trado de rosca com AP (Tabela 1) e de 5,4 até 6,0 para amostragem com pá de corte com AP (Tabela 2).

Comparando os mapas de fertilidade do solo, verifica-se um mesmo comportamento para o pH-H₂O e pH-CaCl₂ (Figura 4 e figura 5), com o mapa amostrado por pá de corte indicando maior variabilidade na área para esses atributos, comparativamente ao trado de rosca. Isso indica que para a acidez ativa, o trado de rosca pode não ser tão fiel a caracterização do perfil de solo como a pá de corte, indicando maior homogeneidade do que realmente existe.

Analisando a AP em relação a amostragem convencional, para esses atributos a amostragem com AP indicou maior heterogeneidade do terreno (Figura 4 e figura 5), indicando que as áreas de lavoura do Sudoeste do PR devem ter menor grid de amostragem para visualizar as manchas de fertilidade dentro da mesma área. Conforme Anchieta (2012), pesquisadores, consultores e produtores deve levar em consideração uma estratégia diferenciada na introdução de grades amostrais em áreas agrícolas e é preciso introduzir em cada contexto ações que se adaptam às características da paisagem, histórico do manejo agrícola, tipo de solo, etc. fugindo do tratamento uniforme da grande variabilidade espacial que os atributos químicos do solo possuem.

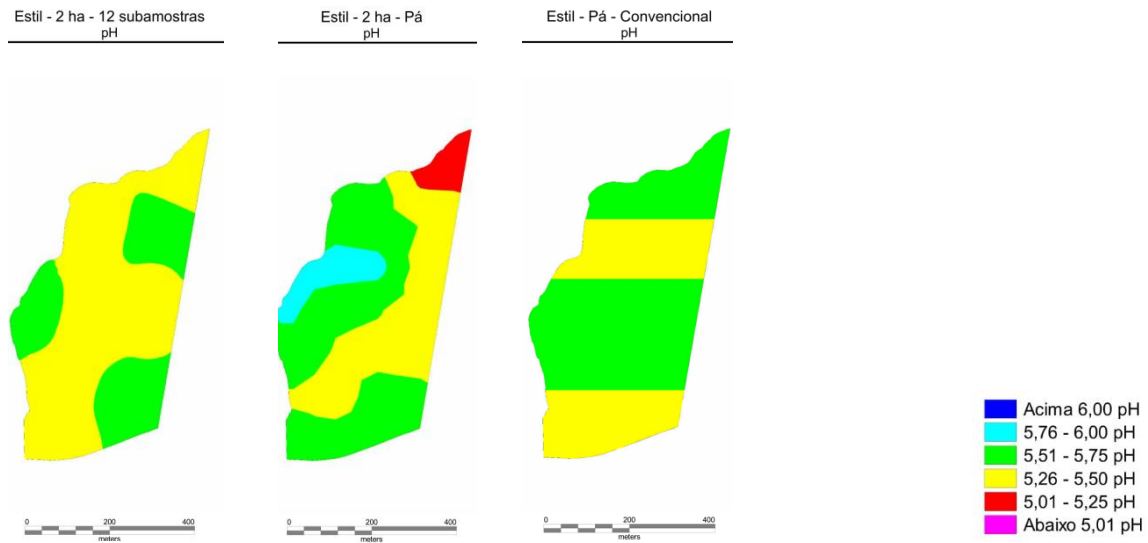


FIGURA 04. Mapas de pH-CaCl₂ do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.

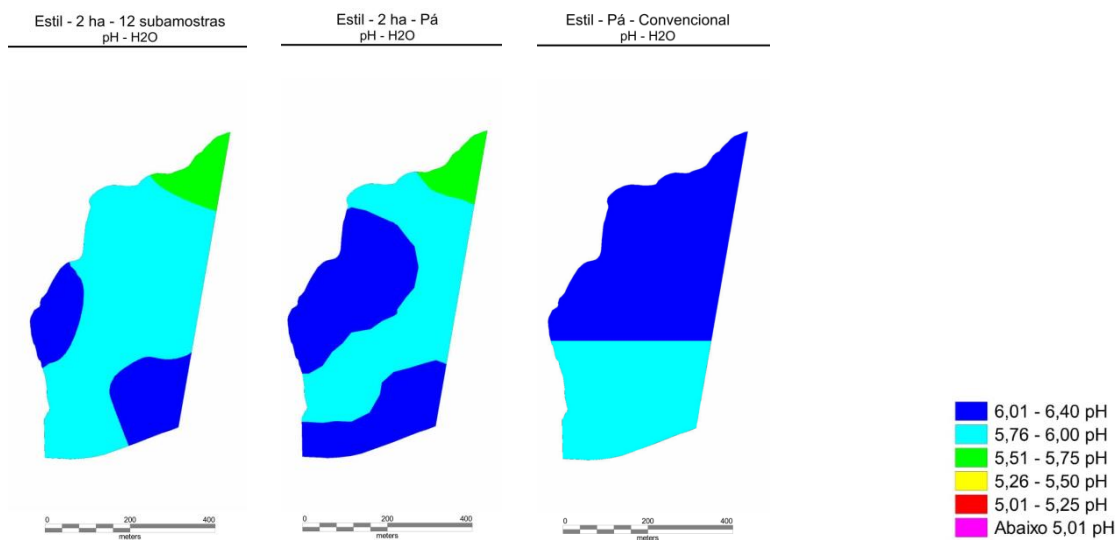


FIGURA 05. Mapas de pH-H₂O do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.

Para o índice SMP (Figura 6), os mapas apresentaram maior variabilidade entre os instrumentos de coleta com AP. Isso se deve ao fato que a avaliação da acidez ativa se dá em faixas de interpretação, enquanto para o índice SMP a interpretação se dá por variação na ordem de 0,1. Essa diferença entre os mapas de SMP dos instrumentos de coleta tem grande importância para a amostragem de solo, tendo em vista que esse método serve para orientar a aplicação de calcário (Figura 6). o que indica que as doses seriam próximas.

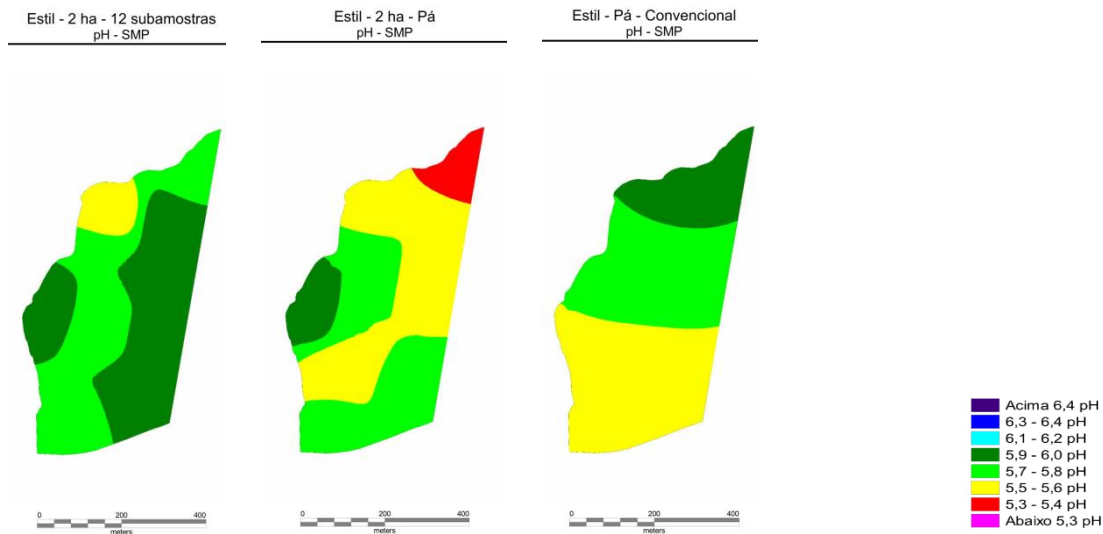


FIGURA 06. Mapas de pH-SMP do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.

Mesmo que a acidez ativa não indique aplicação de calcário para essa área, pois o pH-H₂O está acima de 5,5 e o pH-CaCl₂ está acima de 5,2 (Tabela 2, tabela 3 e tabela 4), produziu-se um mapa de aplicação de calcário conforme os valores de índice SMP (Figura 07), a fim de visualizar a discrepância entre os métodos de amostragem e entre a AP e o método convencional. O comparativo desses mapas mostrou que a amostragem com trado de rosca a variação de dose de calcário de 1300 kg/ha a 2700 kg/há, o que totalizaria na área 41.912 kg. Já quando coletado com pá de corte e AP a variação da dose ficou entre 1800 kg/ha a 3400 kg/há, totalizando 53.985 kg do produto, gerando aumento de 22% na quantidade de calcário. Isso indica que a amostragem com trado de rosca pode subestimar as doses de calcário necessárias para as lavouras do Sudoeste do PR, além dos mapas de aplicação não coincidirem em relação as doses.

Comparando a AP com a amostragem convencional, o problema se torna mais grave, pois as doses variaram entre 1800 kg/ha a 2700 kg/ha, contudo, o volume total de calcário atingiu 51.319 toneladas, sendo que os mapas de aplicação são praticamente inversos, onde com as áreas de pequena aplicação com AP coincidem com áreas de grande aplicação na amostragem convencional (Figura 07). Isso é função da variabilidade das áreas agrícolas do Sudoeste do PR em função das

variações de solo e relevo, o qual mesmo grid de amostragem de 05 ha não são suficientes para contemplar essas variações.

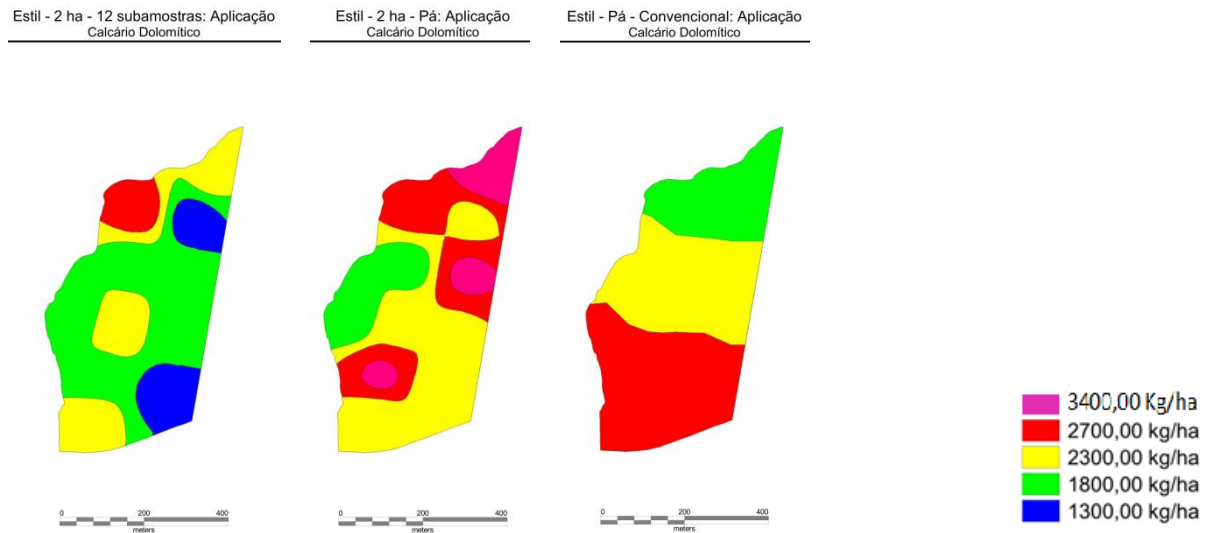


FIGURA 07. Mapas de calagem do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte.

Tabela 1. Atributos do solo amostrado com agricultura de precisão em um grid de 2 ha com 12 sub amostras e trado de rosca. Mangueirinha, 2016.

Amostra	Parâmetros Analisados						
	pH-CaCl ₂	pH-H ₂ O	SMP	MOS (g/kg)	K (mg/kg)	Classe *	P (mg/kg)
1	5,7	6,2	6,1	78	113	Alto	20,8
2	5,5	6,0	6,0	81	122	Alto	25,3
3	5,5	5,9	6,0	81	111	Alto	23,7
4	5,7	6,0	6,1	82	103	Alto	26,7
5	5,3	5,6	5,8	99	48	Baixo	27,0
6	5,4	5,8	5,6	116	78	Médio	25,6
7	5,5	6,0	5,9	84	101	Alto	22,9
8	5,3	5,8	5,7	82	98	Alto	26,1
9	5,4	6,0	5,9	77	58	Baixo	19,4
10	5,4	5,8	5,8	88	97	Alto	21,3
11	5,6	6,1	6,0	81	97	Alto	22,9

*Classe de disponibilidade de K conforme a CQFS-RS/SC (2004).

Os teores de P do solo amostrado pelos três métodos (Tabela 1, 2 e 3) classificam o solo como muito alto, conforme a CQFS-RS/SC (2004), o que não muda as doses de P a ser aplicada na área. Além disso, verifica-se uma variabilidade nos

teores de P, o qual oscilou entre 27,0 e 19,4 mg/kg na amostragem com trado e AP (Tabela 1) e de 25,3 a 15,1 mg/kg para a amostragem com pá de corte e AP (tabela 2). Mesmo não mudando a classe de interpretação da CQFS-RS/SC (2004), dos 11 pontos amostrados, em 7 pontos o solo coletado com trado e AP apresentou maior teor de P que o amostrado com pá e AP. Isso indica que o trado de rosca utilizado na amostragem pode superestimar os valores de P, comparativamente a pá de corte, produzindo mapas de teor de P do solo com pouca semelhança (Figura 08). Isso pode estar relacionado ao volume de solo amostrado em profundidade, onde o trado de rosca pode não coletar a mesma quantidade de solo em 10 cm de profundidade, fazendo com que a contribuição da camada superficial (0-5 cm) seja maior para o volume total de solo. Como essa camada possui teor de P três vezes maior que a camada de 5-10 cm, a menor coleta de solo das camadas inferiores pode superestimar o teor de P do solo. Anchieta (2012) verificou diferença significativa o teor de P de um solo no Estado de São Paulo amostrado com trado de rosca e pá de corte na camada de 0-20 cm.

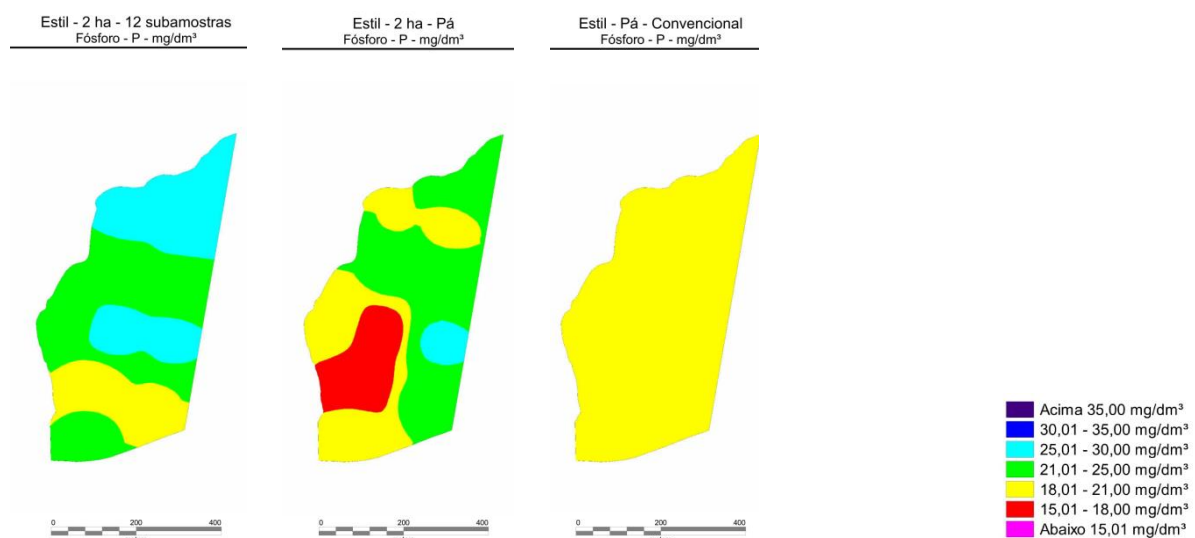


FIGURA 08. Mapas de fósforo (P) do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte

Comparando a AP com a agricultura convencional, novamente os mapas mostram que quanto menor o grid de amostragem, e conseqüentemente o número de subamostras, maior será a variação entre os pontos do mapa (Figura 08). Isso ficou evidente, pois a amostragem convencional indica que o teor de P de toda a área é a mesma, subestimando e superestimando a adubação com esse nutriente. Quando se

fraciona em grid menor e com mais sub amostras, é mais fácil visualizar onde se deve usar mais ou menos fertilizante.

Tabela 2. Atributos do solo amostrado com agricultura de precisão em um grid de 2 ha com 5 subamostras e pá de corte. Mangueirinha, 2016.

Amostra	Parâmetros Analisados						
	pH-CaCl2	pH-H2O	SMP	MOS (g/kg)	K (mg/kg)	Classe*	P (mg/kg)
1	5,6	6,1	5,8	91	103	Alto	21,8
2	5,4	6,0	5,7	92	113	Alto	25,3
3	5,4	5,8	5,5	95	149	Alto	23,2
4	5,5	6,0	5,7	98	98	Alto	20,7
5	5,2	5,6	5,4	104	84	Médio	22,9
6	5,6	6,0	5,6	122	75	Médio	21,0
7	5,9	6,4	5,9	110	115	Alto	21,6
8	5,5	5,9	5,7	85	78	Médio	16,2
9	5,4	5,8	5,5	91	87	Médio	15,1
10	5,6	6,1	5,8	95	88	Médio	19,1
11	5,8	6,3	6,0	95	90	Médio	20,5

*Classe de disponibilidade de K conforme a CQFS-RS/SC (2004).

A análise de K apresentou a maior variabilidade entre os 11 pontos amostrados, oscilando de 122 a 48 mg/kg para amostragem com trado de rosca (Tabela 1) e de 149 a 75 mg/kg com pá de corte (Tabela 2). Comparando os instrumentos de coleta, verifica-se uma maior variabilidade na análise de K entre os pontos amostrados com trado de rosca em relação a pá de corte (Tabela 1 e 2). Conforme a CQFS-RS/SC (2004), as classes de disponibilidade de K variaram de baixo até alto. Dos 11 pontos amostrados, 5 apresentaram discrepância de classe de disponibilidade entre o solo amostrado com trado de rosca e com pá de corte, com dois pontos o trado de rosca apresentando classe menores (baixo contra médio) e três pontos apresentando classes maiores (alto para médio).

Os mapas de teor de K (Figura 09) mostraram maior variação nos níveis de potássio quando usado o trado de rosca, os níveis variaram, mesmo assim estão todos altos. Já nos mapas onde a coleta foi feita com pá de corte com AP

Comparando os teores de K do solo coletado com AP e no sistema convencional, verifica-se que as classes de disponibilidade não alteraram, sendo ambos apresentaram apenas classes médio e alto conforme a CQFS-RS/SC (2004) (Tabela 02 e tabela 03). Contudo, os mapas de teor de K apresentaram uma elevada discrepância, pois os teores médios e altos não coincidem entre os dois sistemas de

coleta (Figura 09), produzindo mapas de aplicação com grande variabilidade na distribuição das doses de fertilizante potássico.

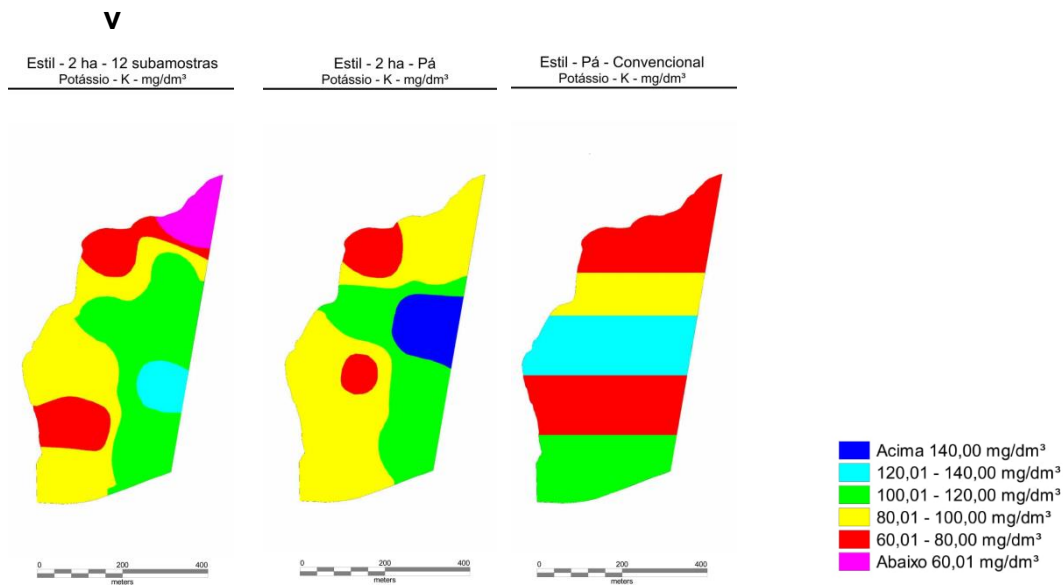


FIGURA 09. Mapas de potássio (K⁺) do solo amostrado com grid de 02 ha e 12 sub amostras com trado de rosca, grid de 02 ha e 5 sub amostras com pá de corte e coleta convencional com pá de corte

Tabela 3. Atributos do solo amostrado no sistema convencional, com glebas de aproximadamente 4,3 há e 5 subamostras com pá de corte. Mangueirinha, 2016.

Amostra	Parâmetros Analisados						
	pH-CaCl ₂	pH-H ₂ O	SMP	MOS (g/kg)	K (mg/kg)	Classe*	P (mg/kg)
1	5,7	6,1	6,0	119	63	Médio	21,0
2	5,5	6,1	5,7	85	90	Médio	18,1
3	5,6	6,1	5,8	83	126	Alto	18,6
4	5,6	6,0	5,6	92	80	Médio	19,1
5	5,5	5,9	5,6	86	101	Alto	19,1

*Classe de disponibilidade de K conforme a CQFS-RS/SC (2004).

A recomendação de cloreto de potássio foi calculada pensando em elevar os níveis para 120 mg/kg, teores considerados adequados e que colocaria toda a área para um nível alto do nutriente. Comparando o trado de rosca com a pá de corte nos mapas de AP, a variação foi pequena no geral, com 2.241 kg de KCl para trado de rosca e 2.148kg de KCl, sendo uma diferença aceitável.

Já na coleta convencional demandou-se maior quantidade de KCl, totalizando 2.498kg do produto, considerando o preço de R\$ 70,00 50 kg de KCl, isso representa um custo de R\$ 360,00, o qual paga o serviço de AP de 40% da área.

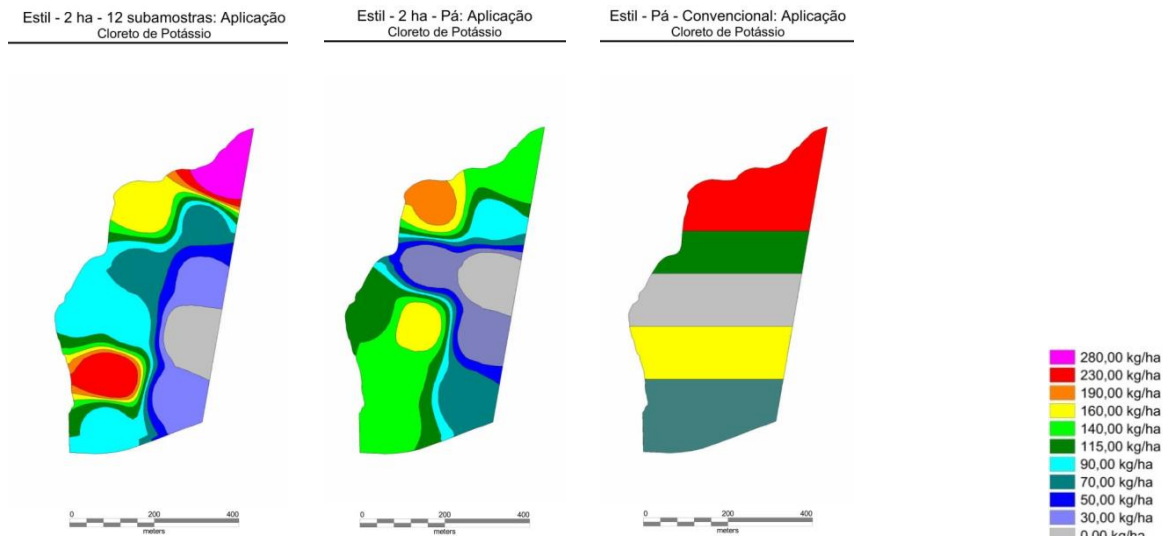


FIGURA 11. Comparativo dos mapas de correção de potássio com grid de 02 ha e 12 sub amostras X grid de 02 ha e 5 sub amostras pá X pá convencional.

A MOS é fundamental para quem espera grandes produtividades. O teor de MOS variou de 116 a 77 g/kg para a amostragem com trado de rosca (Tabela 1) e de 122 a 85 g/kg para a pá de corte (tabela 2), não tendo diferença de classes conforme a CQFS-RS/SC (2004). Salienta-se que, assim como para o P e K, para a MOS o solo amostrado com trado de rosca apresentou maior variabilidade entre os pontos amostrados comparativamente a pá de corte, contudo, os valores foram menores para o primeiro instrumento de coleta.

Analisando o mapa de MOS (Figura 10) pode-se perceber a variação nos níveis de MOS, mesmo estando todos com níveis muito altos, indicando que as ferramentas de coleta apresentam diferenças. Anchieta (2012) confirmou que amostrando solo na camada de 0-20 cm no PR o trado de rosca obteve os maiores índices de variação em relação a amostragem com pá de corte. O trado de rosca foi o que apresentou menores níveis de MOS quando comparado com a pá de corte, podendo atribuir isso ao processo de coleta onde a pá de corte tende a pegar uma fatia mais homogeneia do solo. Contudo, analisando a parte operacional, ao se passar horas fazendo o mesmo processo de coleta, o trado de rosca, por ser automatizado, mantém sempre a mesma profundidade de coleta e coletando uma proporção igual de solo.

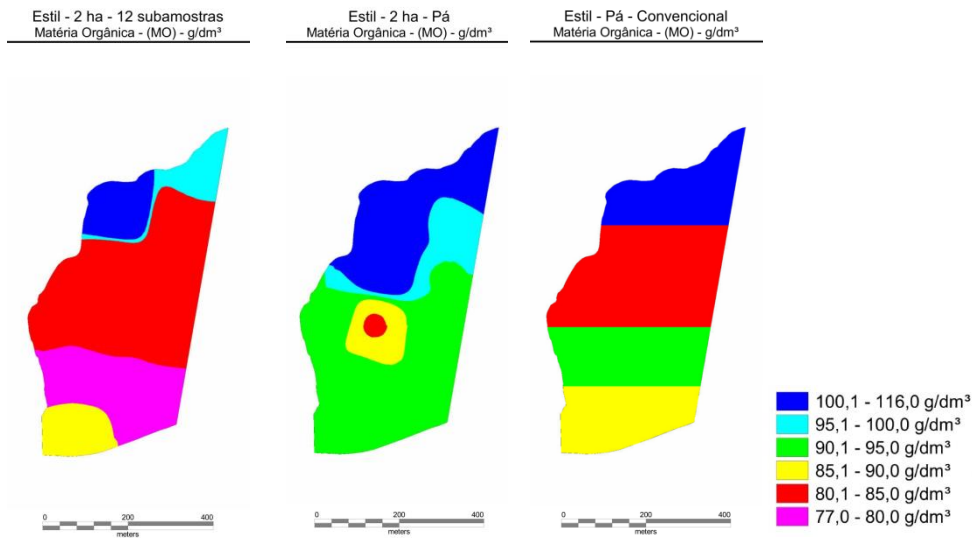


FIGURA 07. Comparativo dos mapas de MOS, com grid de 02 ha e 12 sub amostras X grid de 02 ha e 5 sub amostras pá X pá convencional.

Analisando a amostragem de solo com AP em relação a amostragem convencional, verifica-se que para a acidez ativa (pH-H₂O e pH-CaCl₂) e P a variabilidade entre os pontos amostrados foi menor para a amostragem convencional. Isso é preocupante, pois a amostragem convencional dá a ideia de que a área amostrada é mais homogênea do que realmente é, tendo em vista que na amostragem com AP observa-se maior amplitude entre os pontos amostrados para as referidas análises. Isso indica que, mesmo a amostragem convencional sendo feita com glebas em média de 4,3 ha, onde o indicado é ser menor que 10 ha, para os solos do Sudoeste do PR que possui maior variação no relevo a amostragem convencional deve ter menores grid's de amostragem. Para o índice SMP, a MOS e o K a variabilidade foi proporcional a observada na amostragem de solo com AP (Tabela 2 e 3), contudo, essa variabilidade não coincide entre os pontos amostrados com AP, produzindo mapas de aplicação equivocados e que levam ao aumento do custo do produtor ou aplicação errada dos insumos.

5. CONCLUSÃO

Para áreas agrícolas sob sistema plantio direto no Sudoeste do PR, que possui elevada variação de relevo e solo, a amostragem convencional, mesmo sendo feita com a área subdividida em espaçamento de 4,3 há, metade da área aceita pela CQFS

RS/SC (2004) que é de 10 há, não consegue caracterizar adequadamente a heterogeneidade da fertilidade do solo.

A amostragem de solo para análises químicas com grid de 02 há é adequada para melhor a caracterização da heterogeneidade das áreas agrícolas sob sistema plantio direto consolidado.

A pá de corte é o instrumento mais adequado para a amostragem de solo com agricultura de precisão, pois é mais fiel as variações do perfil do solo até 10 cm. Já o trado de rosca dá mais dinamismo a amostragem de solo com agricultura de precisão, mas coleta menos solo em profundidade, alterando os valores de P, K e MOS, bem como os mapas de aplicação de insumos.

6. REFERÊNCIAS

ANCHIETA, L. **Amostragem de solo em Agricultura de Precisão: particularidades e recomendações**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2012. 106 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS/RS e SC. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Ed.10, 2004. 400 p.

DOERGE, T. A. **Management zone concepts. Site-Specific management guidelines series**. Potash & Phosphate Institute 4p. 2001. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ssmg.nsf/0/C0D052F04A53E0BF852579E500761AE3/\\$FILE/SSMG-02.pdf](http://www.ipni.net/publication/ssmg.nsf/0/C0D052F04A53E0BF852579E500761AE3/$FILE/SSMG-02.pdf)>. Acesso em 03/12/2015.

EMATER-MG. **Coleta de amostras de solo para análise**. 2016. 6p. Disponível em: <<http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/LivrariaVirtual/folder%20coleta%20de%20amostra%20de%20solo%20intranet.pdf>> Acesso em 14/12/2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

IAPAR. **Amostragem de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras.** CIRCULAR N° 90, 1996, 29p.

MOLIN, J.P. Tendência da agricultura de precisão no Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão.** Piracicaba, ESALQ, 2004. 10 p.

PIERCE, F.J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Adv. Agronomy**, v. 67, p.1-85, 1999.

SCHLINDWEIN, J.A.; SALET, L.R. & ANGHINONI, I. Variabilidade dos índices de fertilidade do solo no sistema plantio direto e coleta de amostras representativas de solo. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO,** Caxambú, 1998. Resumos. Caxambú, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.265.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5)

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 159-163, 2002.