

## MUDANÇAS TEMPORAIS NA VARIABILIDADE ESPACIAL DO SOLO

<sup>1</sup>Julia Côrrea Côrtes, <sup>2</sup>J.P. Molin (orientador): Departamento de Engenharia Rural – ESALQ/USP

**RESUMO:** O projeto desenvolvido teve como finalidade verificar a mudança temporal na variabilidade espacial, com base em dados dos anos de 1999 e 2001, na região de Castro, PR, sendo o objetivo verificar a eficiência em se utilizar mapas de concentrações de um único ano para realizar aplicações de diferentes taxas de fertilizantes para os anos seguintes. Para isso foram realizados levantamentos das concentrações de doze variáveis do solo, incluindo alguns nutrientes e algumas características do solo, como soma de bases e pH. A partir desses dados foram gerados os mapas de concentrações pelo programa SSToolbox, que após interpolados com o mesmo mapa de contorno e tamanho de célula, foram atribuídos notas de classificação dos teores, com base no Boletim 100 do IAC. Os dados interpolados foram estudados por análises de estatística descritiva, sendo desvio padrão, média, coeficiente de variação e posterior correlação de Pearson. Os resultados mostraram em sua maioria uma razão de relação quanto à distribuição espacial nos anos de 1999 e 2001, porém não indicando o mesmo para as médias de concentrações, que se mostraram na maioria não tão próximas de um ano para o outro. Com isso pode-se concluir que há uma tendência em se manter relativamente igual os contrastes de manchas de concentrações produzidas nos mapas, entretanto não indicando necessariamente uma constância quanto ao nível de teores das variáveis.

<sup>1</sup>Bolsista de Iniciação Científica do CNPq , <sup>2</sup>Prof., Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A busca pela maior eficiência e melhor controle de informações no campo do setor agrícola tem sido direcionada pela globalização da economia e competitividade de preços dos produtos. O aspecto ambiental esta cada vez mais se tornando um item relevante, causando maior pressão pela conservação dos recursos naturais e menor poluição do solo. Com objetivo de uma melhor uniformização da produtividade e maior aproveitamento dos recursos na agricultura, com menos impacto ambiental possível, tem-se a Agricultura de Precisão (Lamparelli et al., 2001). Para Mantovani (2000) a Agricultura de Precisão pode ser definida como sendo o uso de tecnologias atuais na aplicação específica para o manejo do solo,

insumos e culturas, podendo assim identificar as variações espaciais e temporais em campos de produção.

A variabilidade espacial do solo tem sido estudada por muitos anos e seu conhecimento e domínio tiveram avanços devido a disponibilidade do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e do Sistema de Informação Geográfica (GIS) que favoreceram o mapeamento físico e análise desses dados (Hoskinson et al., xx). Burrough (1993) constatou que a variabilidade espacial podendo ser mapeada fornece informações suficientes para realizar correções específicas da área com fertilizantes.

A variabilidade temporal durante o desenvolvimento da cultura dificulta a concepção de que a aplicação de diversificadas taxas de fertilizantes podem ser baseadas somente na variabilidade espacial do solo de uma única época. Há indícios de que há mudança nas variáveis espaciais quanto as concentrações dos nutrientes do solo durante as etapas de crescimento da cultura (Hoskinson et. al, xx).. A análise da variabilidade espacial mostra que essa estrutura não é constante ano após ano, indicando que há uma significativa variância temporal nos dados (Roel et al., xx)

Este conceito de mudança ao longo do tempo das variáveis espaciais tem sido estudado gerando alguns trabalhos, como o de. Hoskinson et al. (xx) que descreveu as mudanças temporais da variabilidade espacial dos nutrientes do solo em região com cultivo de batata em Idaho, EUA, nos anos entre 1995 a 1998 e Roel et al., realizou análises das variáveis espaço-temporais de arroz na Califórnia, EUA, com enfoque na variância temporal.

O conhecimento da variabilidade dos parâmetros do solo é essencial na aplicação de técnicas agrícolas (Wijaya et. al (6°)) A confiabilidade da estrutura espacial e temporal de um campo de cultura precisa ser estudada antes de implantar qualquer estratégia de manejo e controle da área (Roel et. al, xx).

Existe um interesse único em estimar a variância ao longo do tempo de uma estrutura espacial de grande escala (através de valores de tendência ou valores corrigidos) uma vez que é o componente da variável espacial que deve ser estável e responder aos fatores do campo (Roel et al., 6)

Pouco se conhece sobre muitos dos fenômenos que causam essas mudanças espaciais, promovendo a variabilidade temporal. Sobre condições de laboratório o desenvolvimento e crescimento da cultura pode ser descrita e acompanhada em detalhes (Gardner et al., 1985), porém em sistemas naturais estes são influenciados por fatores de mudanças ambientais e características genéticas e fisiológicas das planta, dificultando respostas conclusivas (Hoskinson et al., xx).

Roel et al. (6°) concluiu que o componente temporal da variabilidade espacial precisa ser considerado para que possa ser realizada uma decisão administrativa eficiente quanto ao manejo não uniformizado da área sendo implicações muito importantes para a filosofia de precisão agrícola.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

- **Área**

A área de experimentação está localizada no Centro de Tecnologia da Fundação ABC, em Castro, Paraná, nas coordenadas geográficas 24°51' de latitude sul e 49°55' de longitude oeste de Greenwich, com cerca de 23,7 há e altitude média de 1000m acima do nível do mar. O clima predominante é do tipo cfb, ou seja, temperado, isto segundo a classificação de Köppen (1948), na qual temperatura média no mês mais frio abaixo dos 18°C (mesotérmico), com verões frescos e temperatura média no mês mais quente abaixo dos 22°C e sem estação seca definida, com precipitação meia anual de 1690 mm. O solo é classificado como latossolo vermelho amarelo, com densidade de 1,29 g/cm<sup>3</sup> e macroporosidade de 14,6%.

A área foi cultivada com milho e soja no verão e aveia e trigo no inverno, em sistema de semeadura direta.

- **GPS**

Utilizou-se um GPS da marca OMNISTAR, constituído por uma antena de GPS e uma antena de DGPS, alimentado por uma bateria portátil de 12 volts, recarregável. A correção diferencial foi feita em tempo real via satélite geostacionário, com serviço fornecido pelo próprio fabricante do GPS.

As coordenadas foram monitoradas por um microcomputador portátil, conectado com receptor GPS, rodando um programa de caminhamento de campo (Field Rover).

- **Programas Computacionais**

Para geração dos mapas de concentração das variáveis do solo utilizou-se o programa de Sistema de Informação Geográfica- SIG SSToolbox (SST Development Group, Inc), personalizado para aplicação em agricultura de Precisão.

Para análises de estatística descritiva foi usado a planilha eletrônica Excel (Microsoft Inc).

- **Análises químicas de terra**

Os pontos de amostragem são localizados em intervalos regulares, realizados na área experimental nos anos de 1999 e 2001. Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,10m. As amostras foram coletadas manualmente com trado holandês (5 cm de diâmetro) nas interseções da malha obedecendo um arranjo sistemático, perfazendo número variado de amostras georreferenciadas em cada área.

Nas amostras de terra, determinaram-se os valores de: potencial de hidrogênio (pH), determinado em solução  $\text{CaCl}_2$ ; matéria orgânica (MO) ( $\text{g dm}^{-3}$ ), determinada pelo método de Walkley-Black; fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), extraído por resina; alumínio (Al) ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), extraído por KCl; acidez potencial (H+Al) ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), determinado potenciométricamente após adição da solução tampão (SMP); potássio (K) ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Ca (Ca) ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e magnésio (Mg) ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) extraídos por resina e por último argila (%) e areia (%) determinados pelo método de dispersão total. Além desses atributos foram calculados os valores da soma de bases (SB) ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), da capacidade de troca de cátions (CTC) ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), da saturação por bases (V%) (%) e da saturação por alumínio (Al%) (%). Referências mais completas a todas as metodologias de determinações dos teores desses atributos podem ser encontradas no trabalho de Raij et al. (1987).

As análises químicas das amostras foram realizadas no laboratório da Fundação ABC, localizado na cidade de Castro.

- **Produção dos mapas de concentrações**

Os mapas das concentrações das variáveis do solo dos anos de 1999 e 2001, destacando a variabilidade espacial da área ao longo dos anos foram gerados no programa SStoolbox, interpolando os dados originais utilizando o mesmo field boundary e o mesmo tamanho da célula de interpolação, sendo este 10 m de lado. O método de interpolação dos dados usado foi o inverso da distância ao quadrado.

Para avaliar os teores e classificar as concentrações, de acordo com as classes de interpretações de análise do solo, foi usado o boletim 100 (Raij et al., 1996) desenvolvido pelo IAC de Campinas, SP, que apesar de ser do estado de SP é utilizado na região de Castro, Paraná.

## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

A tabela 1 mostra os dados coletados e calculados referentes aos anos de 1999 e 2001, quanto o desvio padrão, a média e o coeficiente de variação.

	Desvio Padrão		Média		CV%	
	1999	2001	1999	2001	1999	2001
<b>Fósforo</b>	38,1	42,3	101,3	154,6	37,6	27,4
<b>Potássio</b>	0,6	0,5	2,7	2,4	22,3	21,3
<b>Magnésio</b>	6,1	8,3	22,8	34,0	26,9	23,4
<b>Cálcio</b>	10,4	12,1	52,0	64,5	20,0	18,7
<b>Alumínio</b>	0,9	0,4	1,0	0,3		
<b>Mat.</b>	5,3	4,4	50,7	57,3	10,5	7,7
<b>Orgânica</b>						
<b>H + Al</b>	17,1	17,0	59,0	47,7	29,0	35,6
<b>pH</b>	0,3	0,5	5,2	5,5	6,4	9,1
<b>CTC</b>	11,0	12,3	136,7	148,6	8,0	8,3
<b>V%</b>	11,2	11,0	56,8	67,4	19,7	16,4
<b>M%</b>	1,9	0,7	1,8	0,5		
<b>SB</b>	15,9	19,7	100,9	77,7	20,5	19,5

**Tabela 1** – Desvio padrão (mesma unidade que os dados originais), a média (mesma unidade que os dados originais) e o coeficiente de variação (em %) das 12 variáveis dos anos de 1999 e 2001.

Com análise nas médias dos anos pode-se confirmar que mantiveram-se relativamente constante principalmente as concentrações das variáveis potássio e pH. A maior parte das variáveis mostraram uma mudança quanto as concentrações de um ano para o outro, no caso do fósforo constatou-se um aumento maior que 50% , tendo o alumínio queda de 30%. Com base nos dados das médias é possível observar uma melhora na fertilidade do solo, identificando que houve um aumento nas concentrações de variáveis como fósforo, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), magnésio, entre outros e uma diminuição nas variáveis prejudiciais a qualidade do solo, como o alumínio e a acidez potencial, e conseqüentemente a saturação por alumínio (m%)

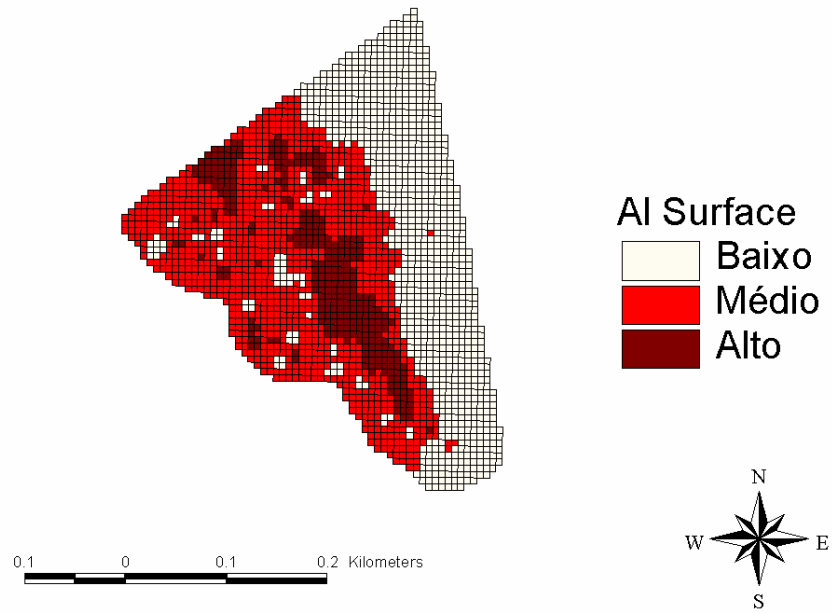
Os dados de coeficiente de variação indicam o ano de 2001 como sendo mais uniformizado em relação ao ano de 1999, isto significa que a maioria das variáveis de 2001 apresentaram uma menor variabilidade espacial, sendo, de uma forma geral, mais homogêneo na área quanto as concentrações.

	<b>Correlação</b>
<b>Fósforo</b>	0,74
<b>Potássio</b>	0,62
<b>Magnésio</b>	0,81
<b>Cálcio</b>	0,68
<b>Alumínio</b>	-0,17
<b>H + Al</b>	0,92
<b>pH</b>	0,86
<b>Mat.</b>	0,59
<b>Orgânica</b>	
<b>CTC</b>	0,47
<b>V%</b>	0,88
<b>M%</b>	0,62
<b>SB</b>	0,75

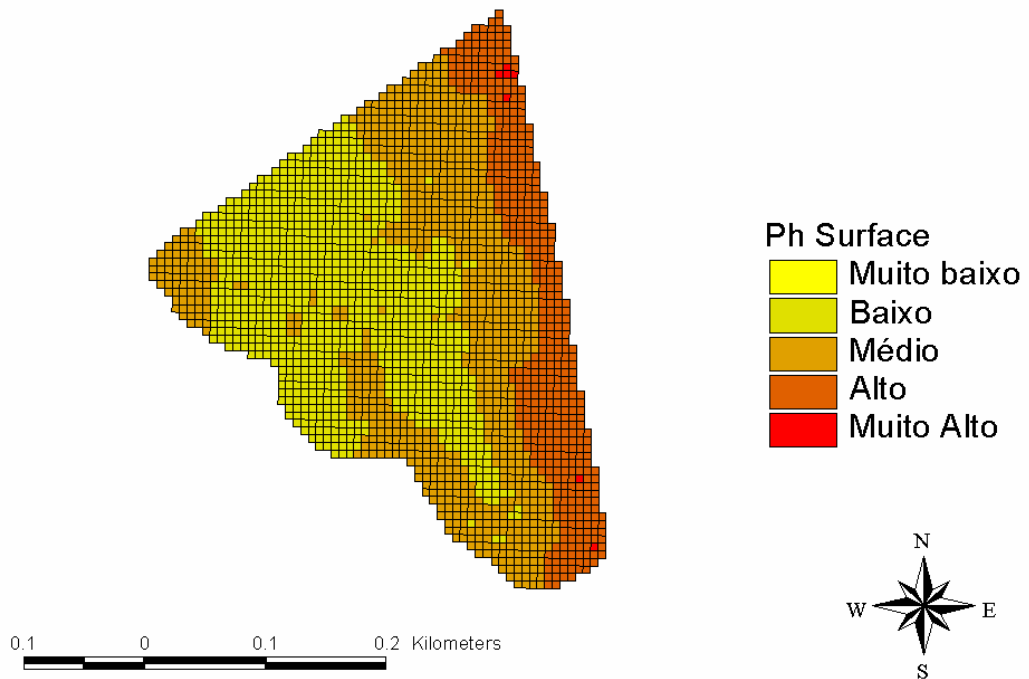
**Tabela 2** – Correlação entre os anos de 1999 e 2001

A tabela 2 representa a correlação de cada variável ao longo dos 3 anos, indicando que na grande maioria a distribuição espacial se manteve constante, com exceções a dados extremos como o caso do alumínio. A acidez potencial mostrou uma maior razão quanto a distribuição espacial, sendo valores altos também o fósforo, o magnésio, o pH, o saturação por bases (v%) e soma de bases (SB). O potássio, cálcio, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions (CTC) e o m% resultaram em valores médios.

Esses valores indicam que não houve entre os anos de 1999 e 2001 uma grande mudança quanto a distribuição da variabilidade espacial da área. Abaixo segue mapas de concentração de algumas variáveis.



*Figura 1- Mapa de concentração de alumínio para ano de 2001*



*Figura 2- Mapa de pH para o ano de 2001*

Porém, deve-se lembrar que tal dado não indica uma não variabilidade temporal quanto as concentrações, para tanto deve-se analisar juntamente com os dados de correlação os dados de médias. Com isto, pode-se dizer que, por exemplo, que a acidez potencial apresentando uma alta correlação, mostra também uma diferença relativa quanto as médias, ou seja, a distribuição espacial continua relativamente a mesma, porém com diferentes concentrações. Figura 2- Mapa de pH para o ano de 2001

## **CONCLUSÃO**

Avanços nas áreas de nutrição de plantas e aplicação de fertilizantes são fatores de grande importância na área de agricultura, sendo uma das melhores maneiras de se garantir ganhos significativos na produção, na qual firma uma boa relação de qualidade e custo. A agricultura de precisão é uma ferramenta para realização de tal objetivo. A utilização de mapas em função da variabilidade espacial facilita e colabora com o manejo da área, principalmente quanto a distribuição de fertilizantes. Esta variável sofre mudanças ao longo do tempo, sendo essencial ter esse conhecimento temporal, quando se tem somente dados de variabilidade espacial de um único ano, para se tomar decisões administrativas eficientes quanto a aplicação de diferentes taxas de fertilizantes e manejo não uniformizado da área para os próximos anos.