

## Elaboração de mapas temáticos para correção de fertilidade e compactação de solos

Ricardo Zenatti<sup>1</sup>, Wilson João Zonin<sup>1</sup>, Armin Feiden<sup>1</sup>, Nardel Luiz Soares da Silva<sup>1</sup> e Pedro Celso Soares da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Centro de Ciências Agrárias. Rua Pernambuco 1777, Marechal Cândido Rondon, PR, CEP:85960-000.

ricardoze83@yahoo.com.br, wzonin@yahoo.com.br, armin\_feiden@yahoo.com.br, nardel@unioeste.br, pcessagro@yahoo.com.br

**Resumo:** O objetivo do trabalho foi realizar análises espaciais de alguns nutrientes e da compactação do solo, e posteriormente interpolar estes dados para gerar mapas. O trabalho foi realizado no município de Quatro Pontes - PR. Os resultados obtidos foram analisados pelo software SPRING. Foram determinadas diferentes classes de fertilidade para os nutrientes estudados, muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. Os resultados obtidos para o fósforo as classes foram de bom e muito bom, o potássio , médio e bom, matéria orgânica, baixo e médio, pH variou baixo a muito bom, saturação de bases, médio e alto. Para compactação na profundidade de 0 a 10cm e 10 a 20cm os valores variaram espacialmente de 1,6 a 3,2 MPa e de 20 a 40cm a variação foi de 0,8 a 2,4 MPa. Para recomendação da calagem os valores variaram de 0 a 2,5 ton/ha. Com a realização do trabalho conclui-se os valores de fósforo apresenta-se em geral muito bom e o potássio com nível bom e que se deve levar em consideração a variação espacial para recomendação de adubos. A matéria orgânica se encontra em geral baixo no solo, as camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm estão compactadas, necessita-se utilização de práticas de rotação de culturas com adubos verdes.

**Palavras-chave:** Palavras-chave: geoestatística, fertilidade, compactação.

## Preparation of thematic maps to correct soil fertility and soil compaction

**Abstract:** The objective of the work was to carry through analyzes space of some nutrients and the compacting of the ground, and later to interpolate these data to generate maps. The work was carried through in the city of Quatro Pontes - PR. The gotten results had been analyzed by software SPRING. Different classrooms of fertility for the studied nutrients had been determined, high low, low, average, high and very high. The results gotten for the match the classrooms had been of good and very good, the potassium, good medium and, organic substance, low average e, pH very varied low the good one, saturation of bases, high medium and. For compacting in 10cm and 10 the depth of 0 20cm the values had varied space of 1,6 the 3,2MPA and of 20 40cm the 2,4 variation was of 0,8 MPa. Para recommendation of the calagem the 0 values had varied of 2,5 ton/ha. With the accomplishment of the work one concludes the values of match in general presents very good and the potassium with good level and that if it must take in consideration the space variation for seasoning recommendation. The organic substance if finds low in general in the ground, the layers of 0 the 10 and the 10 20 cm are compact, need use practical of rotation of cultures with green seasonings.

**Key-Words:** geoestatistic, fertility, compaction.

## Introdução

As utilizações de técnicas de geoprocessamento estão se tornando comuns na caracterização dos recursos naturais e na agricultura e tem proporcionado aos usuários uma visão mais ampla e profunda do comportamento das variáveis envolvidas no processo.

Há interesse por parte de pesquisadores, especialistas e agricultores, em adotar e utilizar essas técnicas para caracterização dos recursos naturais, gerenciamento das atividades agrícolas e monitoramento ambiental em seus estudos, empreendimentos e propriedades rurais.

A busca pela elevação ou a manutenção da produtividade de uma área produtora é uma grande preocupação, que além do manejo depende de outros fatores, como da disponibilidade de nutrientes no sistema para o desenvolvimento da cultura, como a reserva dos mesmos no solo.

Como a reserva de alguns nutrientes são baixas em alguns pontos e outros em excesso no solo, limitam a produção. Para representar ou modular a variabilidade dos elementos químicos do solo é fundamental o conhecimento e aplicação de geoestatística, sendo que a mesma pode ser representada por “grades” e estas por mapas temáticos facilitando sua compreensão.

Com o uso destas tecnologias em mãos, o agricultor pode entender melhor sua área, devido as várias informações que lhe serão fornecidas, além de facilitar nas decisões a serem tomadas, como por exemplo: na quantidade de fertilizantes à serem aplicados ou na utilização de alguns adubos verdes que ajudam a descompactar o solo, se necessário as ferramentas podem ser adaptadas, como por exemplo, para identificar pontos com maior incidência de pragas, áreas de acamamento, controle no avanço de nematóides e outras pragas e doenças do solo.

Além dos diversos benefícios ao agricultor como ganho de tempo, economia de insumos e combustíveis o meio ambiente também ganha muito, devido à redução de insumos e operações mecânicas sobre os solos.

Os objetivos deste trabalho foram: avaliar com mapas com as diferentes classes de fertilidade, muito baixo, baixo, médio, bom, muito bom, dos principais nutrientes dos solo; elaborar mapas de variação espacial da resistência a penetração em diferentes profundidades; elaborar um mapa visando aplicação de calcário a taxa variada como exemplo para economia de insumos.

## Materiais e Métodos

### *Caracterização da área de estudo*

A propriedade em estudo está localizada no município Quatro Pontes, no Oeste do estado Paraná. Geograficamente estão localizados no Fuso 22 Latitude (-24°33'51.24) longitude (-53° 56' 54.62), com altitude media de 330 m e área de 19,05 hectares.

O clima da região segundo o sistema de classificação climática de Köppen, baseado na vegetação, temperatura e pluviosidade é subtropical, sendo a temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (Iapar, 2007).

O Solo da propriedade é classificado Segundo Sistema Brasileiro de classificação do solos como Latossolo Vermelho Eutroférico (Embrapa,1999).

### *Ferramentas*

Para amostragem química dos solos foi utilizado o trado holandês, e para o georreferenciamento foi utilizado um GPS de navegação marca Garmim, para determinar a compactação foi utilizado penetrômetro de impacto e para analise e elaboração dos mapas o Software SPRING.

O produto SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas) é um banco de dados geográfico de segunda geração, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para ambiente Linux e Windows .

Os dados são importados para uma categoria MNT (modelo digital de terreno) que é formado por três dimensões, sendo duas geográficas (x,y) e a terceira o (z) uma dimensão que leva a informação do campo, teor de fósforo por exemplo.

Com cada atributo são realizadas as seguintes etapas:

Analise exploratória dos dados, posterior geração de semivariograma de amostragem irregular, ajuste do semivariograma aos modelos teóricos, validação do modelo de ajuste, interpolação dos dados pela Krigagem e finalmente é a realizado fatiamento onde são definidas as cotas e as cores temáticas.

### *Amostragem dos solos*

A escolha de cada ponto do solo para amostragem foi feita de modo aleatório, as amostras foram retiradas com trado holandês na profundidade 0 a 20 cm, sendo retirado 3 amostras para cada ponto e destas elaboradas uma amostra composta e encaminhada ao Laboratório de Análise Química de Solo da Unioeste.

Para verificação da resistência a penetração do solo utilizou-se um penetrômetro de impacto, com embolo de 2 kg, onde foi realizada a penetração nas seguintes profundidades 0

a 10 cm; 10 a 20 cm e 20 a 40 cm, foram analisados 33 pontos.

#### *Parâmetros fertilidade*

As amostras foram realizadas para se conhecer a distribuição dos elementos na área, e posteriormente serem classificados de acordo com sua disponibilidade no solo. As classes de fertilidade são divididas segundo Alvarez *et al.*, (1999) como (muito baixo, baixo, médio, bom e muito bom), sendo as mesmas independentes da cultura.

#### *Determinação da resistência a penetração*

A determinação da resistência à penetração com o penetrômetro de impacto foi realizada com êmbolo de 2 kg e 600g a barra. A penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto) em resistência à penetração foi obtida pela fórmula dos holandeses, segundo Stolf (1991):

$$R = \frac{Mg + mg + \left( \frac{M}{M+m} * \frac{Mg * h}{x} \right)}{A}$$

em que,

R -resistência à penetração, kgf cm  $-2$ (kgf cm  $-2$ \* 0,098 = MPa);

M -massa do êmbolo, 2 kg ( Mg 2 kgf);

m -massa do aparelho sem êmbolo, 0,6 kg ( mg 0,6 kgf);

h -altura de queda do êmbolo, 50 cm;

x -penetração da haste do aparelho, cm/impacto, e

A -área do cone, 1,29 cm  $^2$ .

#### *Analises estatísticas*

Os resultados obtidos foram avaliados também pelo software SPRING versão 4.3 3.

## **Resultados e Discussão**

#### *Resultados obtidos a campo*

A Tabela 1 apresenta os resultados estatísticos para o fósforo, potássio, matéria orgânica, pH e saturação de bases.

Tabela 1. Resultados das analises químicas.

	P mg dm $^{-3}$	K mg dm $^{-3}$	MO g dm $^{-3}$	pH	V%
Mínimo	3,19	23,39	6,84	4,88	49,45
Médio	17,75	83,08	17,58	5,58	62,95
Máximo	56,86	210,60	38,95	6,26	76,34
Desvio Padrão	11,16	44,97	6,19	0,43	7,99
Coeficiente Variação	0,63	0,54	0,35	0,07	0,12
Variância	124,70	2022,90	38,40	0,18	63,87

O solo em questão apresentou 78% de argila e 26% de umidade, analises realizadas no

laboratório de Física do Solo da Unioeste.

Pela Tabela 2 verifica-se a resistência a penetração no solo nas profundidades de 0 a 10cm de 10 a 20cm e de 20 a 40cm de profundidade.

Tabela 2. Resultados dos testes penetração em Mpa

	<b>0-10</b>	<b>10-20</b>	<b>20-40</b>
Mínimo	1,26	1,80	1,25
Médio	2,55	2,57	1,66
Máximo	4,47	3,95	2,33
Desvio Padrão	0,74	0,49	0,29
Coeficiente Variação	0,29	0,24	0,17
Variância	0,55	0,24	0,08

Através da visualização da Tabela 3, observa-se os resultados estatísticos para a recomendação de calcário. Foi considerado V% requerido 70% e o PRNT 80%, conforme as necessidades avaliadas nos pontos de amostragem. Os resultados obtidos concordam com os de Alvarez *et. al.*, (1999).

Tabela 3. Necessidade de Calagem.

	Calcário em ton/ha
Mínimo	0,13
Médio	1,23
Máximo	3,24
Desvio Padrão	1,09
Coeficiente Variação	0,88
Variância	1,18

*Variação espacial dos nutrientes representados por mapas temáticos.*

A seguir são representados mapas temáticos para o fósforo, potássio, matéria orgânica, pH e saturação de bases com suas respectivas classes.

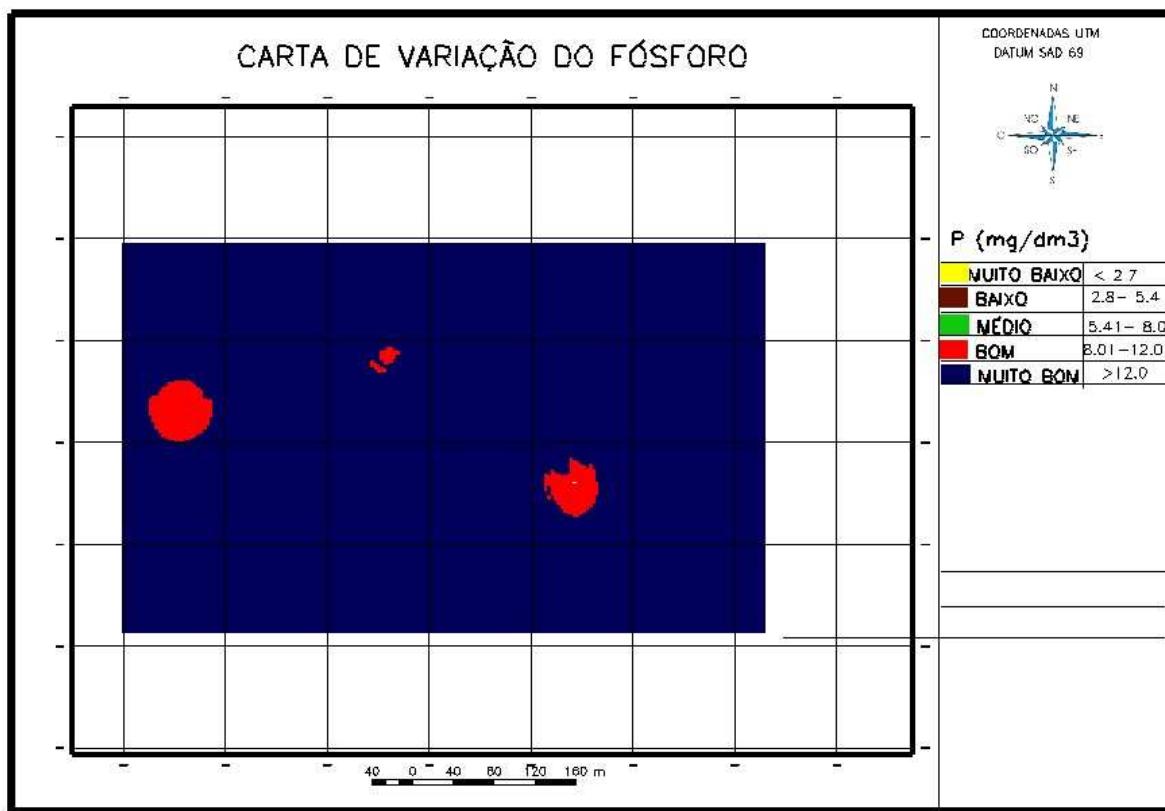


Figura 1. Mapa temático do Fósforo.

O mapa temático representado acima pela Figura 1, indica pelas manchas vermelhas que o solo apresenta um nível bom de fósforo que varia de 8,01 a 12,0 mg/dm<sup>3</sup>.

A maior parte da área apresenta nível acima de 12,0 mg/dm<sup>3</sup> que é considerado muito bom segundo Alvarez *et al.*, (1999).

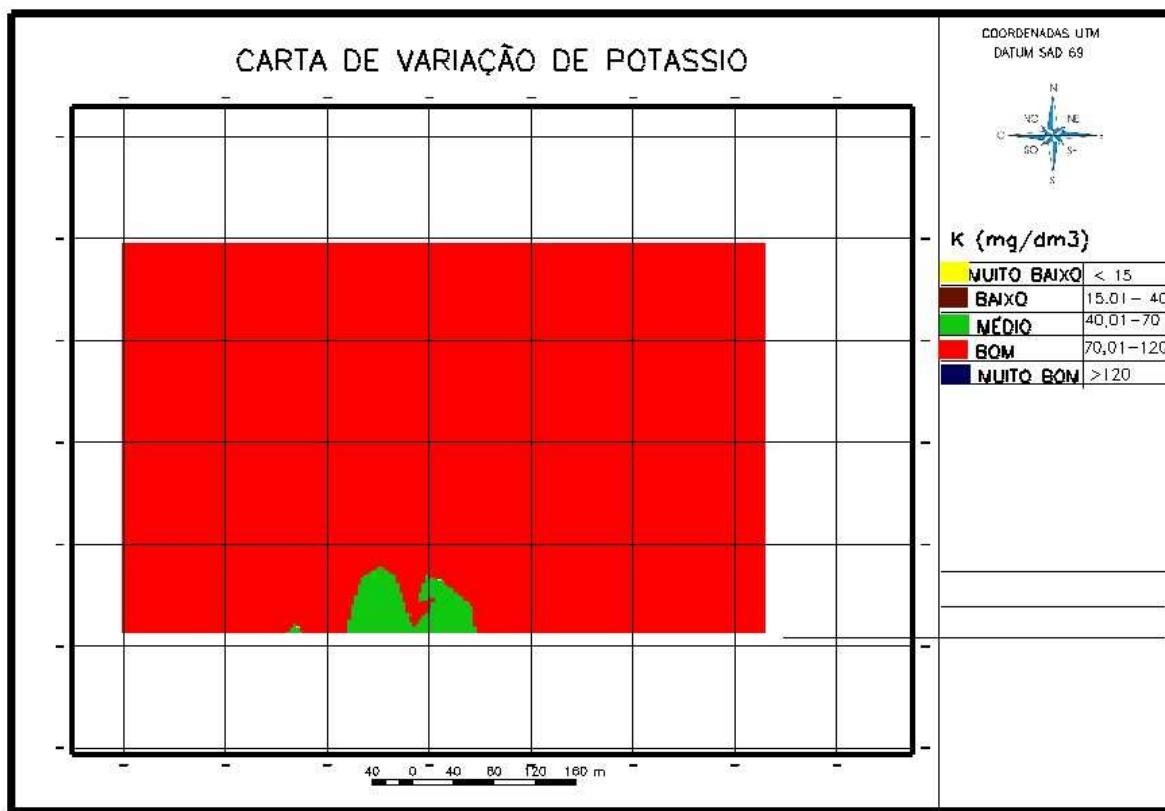


Figura 2. Mapa temático do Potássio.

O mapa temático da Figura 2, indica pelas manchas verdes que no solo representa um nível médio de fósforo que varia de 40,01 a 70  $\text{mg}/\text{dm}^3$ .

A maior parte da área apresenta nível acima de 120  $\text{mg}/\text{dm}^3$  que é considerado muito bom segundo tabelas elaboradas por Alvarez *et al.*, (1999).

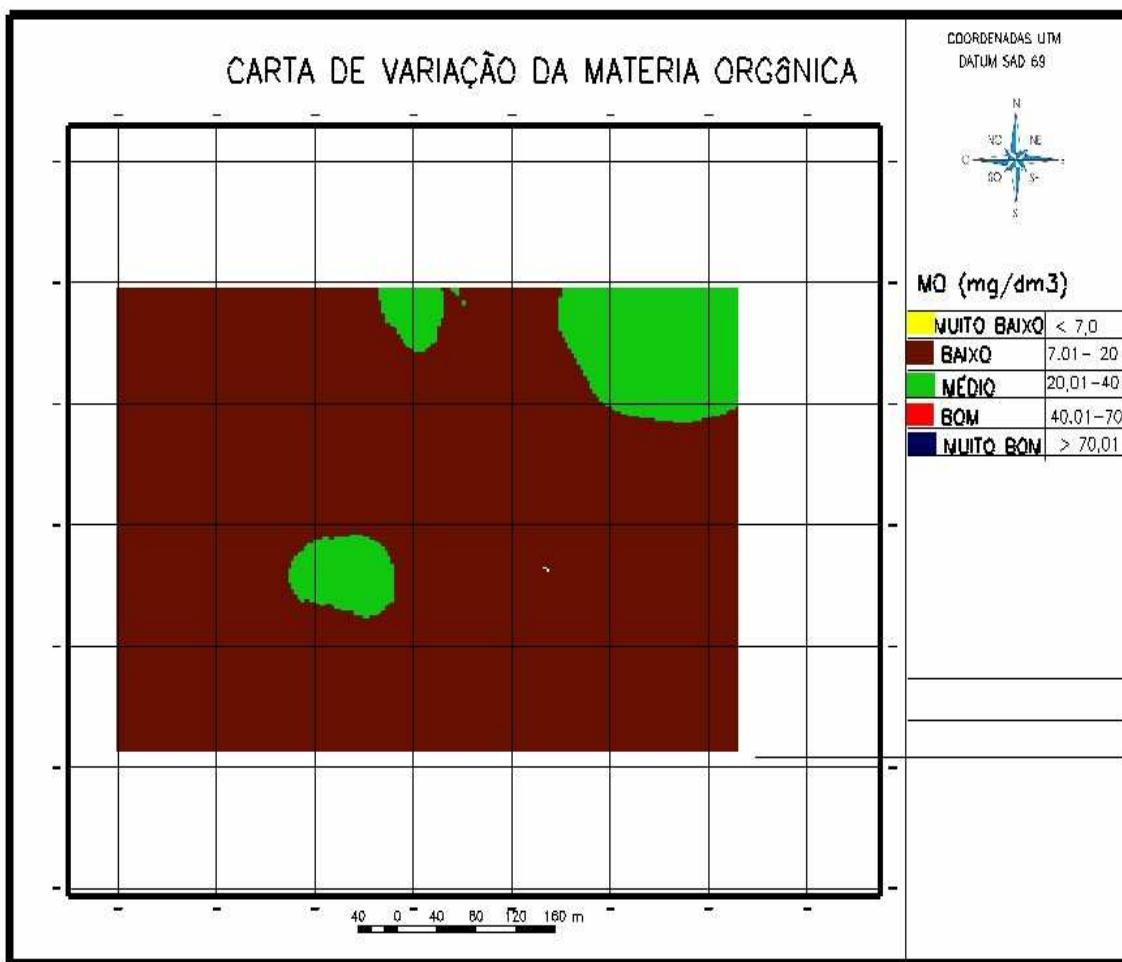


Figura 3. Mapa temático da matéria orgânica.

A Figura 3 mostra o mapa temático para matéria orgânica, onde se verifica pelas manchas verdes que o solo apresenta um nível médio de matéria orgânica que varia de 20,01 a 40 mg/dm<sup>3</sup> segundo a definição dada por Alvarez *et al.*, (1999).

A maior parte da área em marrom apresenta um nível baixo de que compreende valores de 7,01 a 20 mg/dm<sup>3</sup> de matéria orgânica.

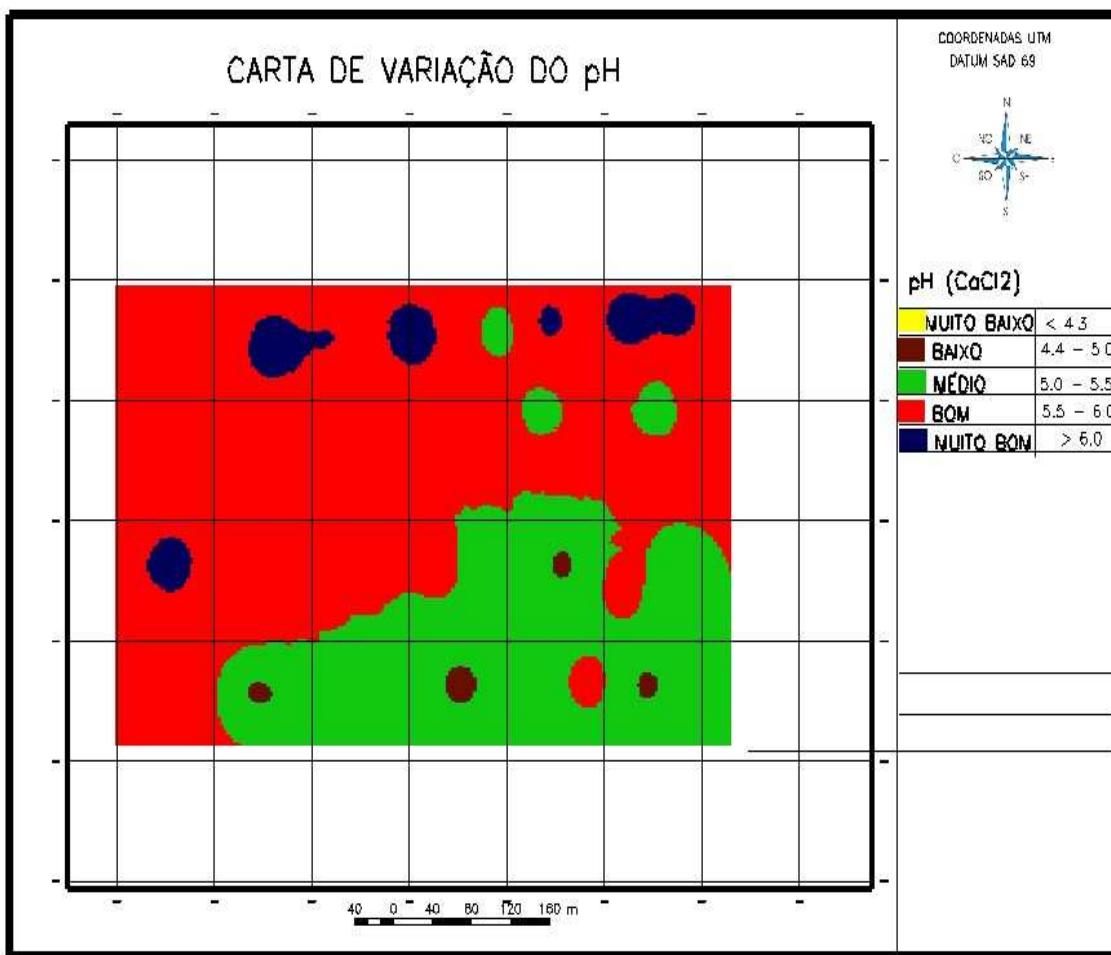


Figura 4. Mapa temático do pH

O mapa temático representado através da Figura 4, indica pelas manchas verde que o solo apresenta um nível médio variando o pH 5,0 a 5,5. A maior parte da área em vermelho, apresenta um nível bom de que compreende valores acima 5,5 ao pH 6,0.

Há algumas manchas marrom que é considerado pH baixo e algumas manchas azul onde o pH é considerado muito bom segundo Alvarez *et al.*, (1999).

Para Kuhar (1997) o mapa de fertilidade é elaborado a partir da coleta das amostras de solo e, em geral, é confeccionado um mapa para cada uma das propriedades do solo.

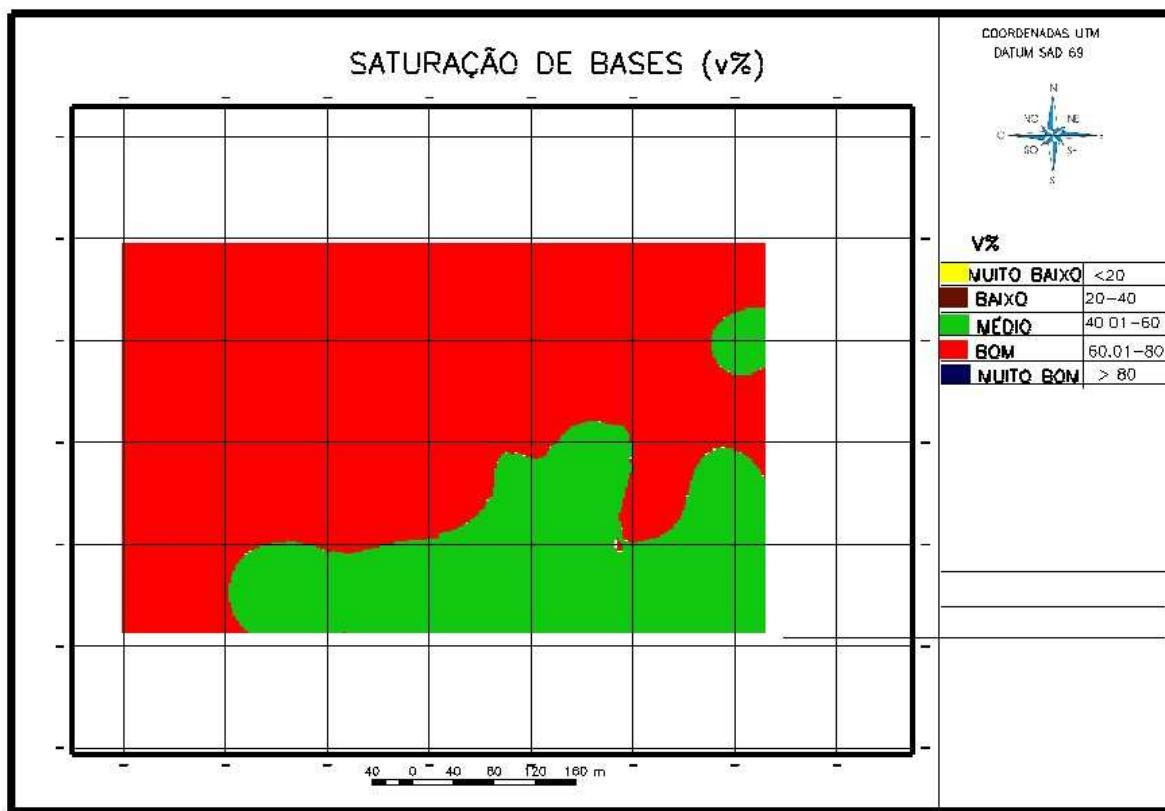


Figura 5. Mapa temático do V%.

O mapa temático representado pela Figura 5, indica pelas manchas verde que o solo apresenta um nível médio variando a saturação de bases de 40 a 60%..

A maior parte da área em vermelho apresenta um nível bom, segundo os trabalhos de Alvarez *et al.*, (1999) e que compreende valores acima de 60 e que chegam a 80% .

*Resultados da resistência a penetração do solo em diferentes profundidades*

Os Mapas temáticos da resistência a compactação nas profundidades de 0 a 10cm de 10 a 20cm e 20 a 40cm são apresentados a seguir:

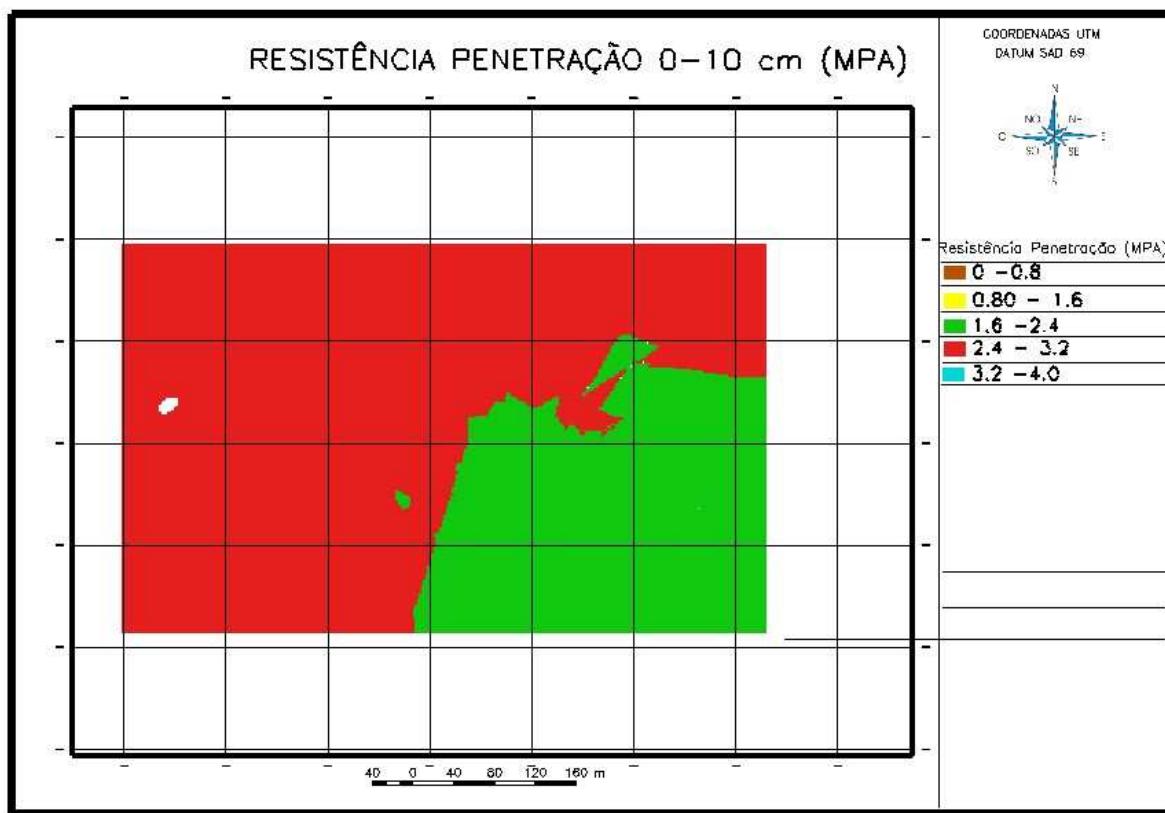


Figura 1. Mapa temático da compactação de 0 a 10 cm.

O mapa temático representado acima pela Figura 6, indica pelas manchas verde que o solo apresenta valores da resistência a penetração entre 1,6 Mpa a 2,4 Mpa, a área em vermelho, apresenta valores de 2,4 Mpa a 3,2 Mpa. Esses valores de resistência apresentam-se críticos para desenvolvimento das raízes, principalmente na área em vermelho.

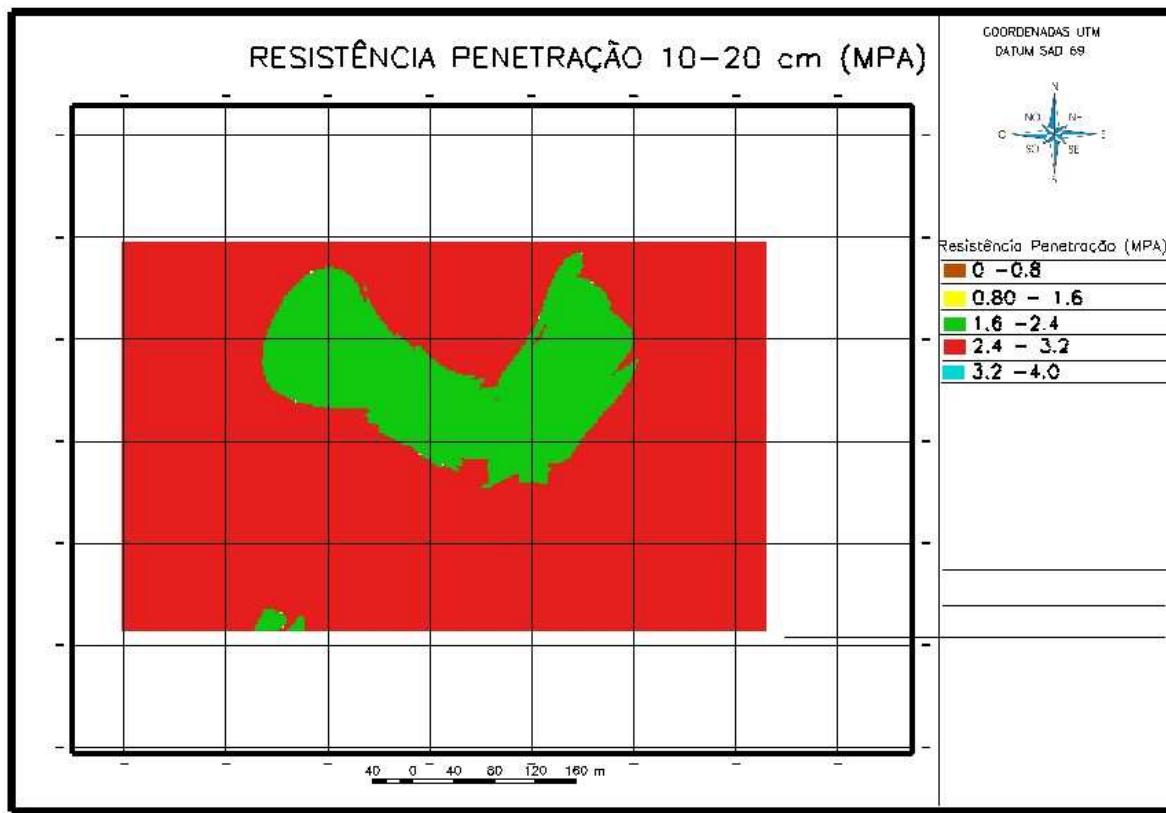


Figura 7. Mapa temático da compactação de 10 a 20 cm.

O mapa temático da Figura 7, indica pelas manchas verde que o solo apresenta valores da resistência a penetração entre 1,6 Mpa a 2,4 Mpa, a área em vermelho, apresenta valores de 2,4 Mpa a 3,2 Mpa.

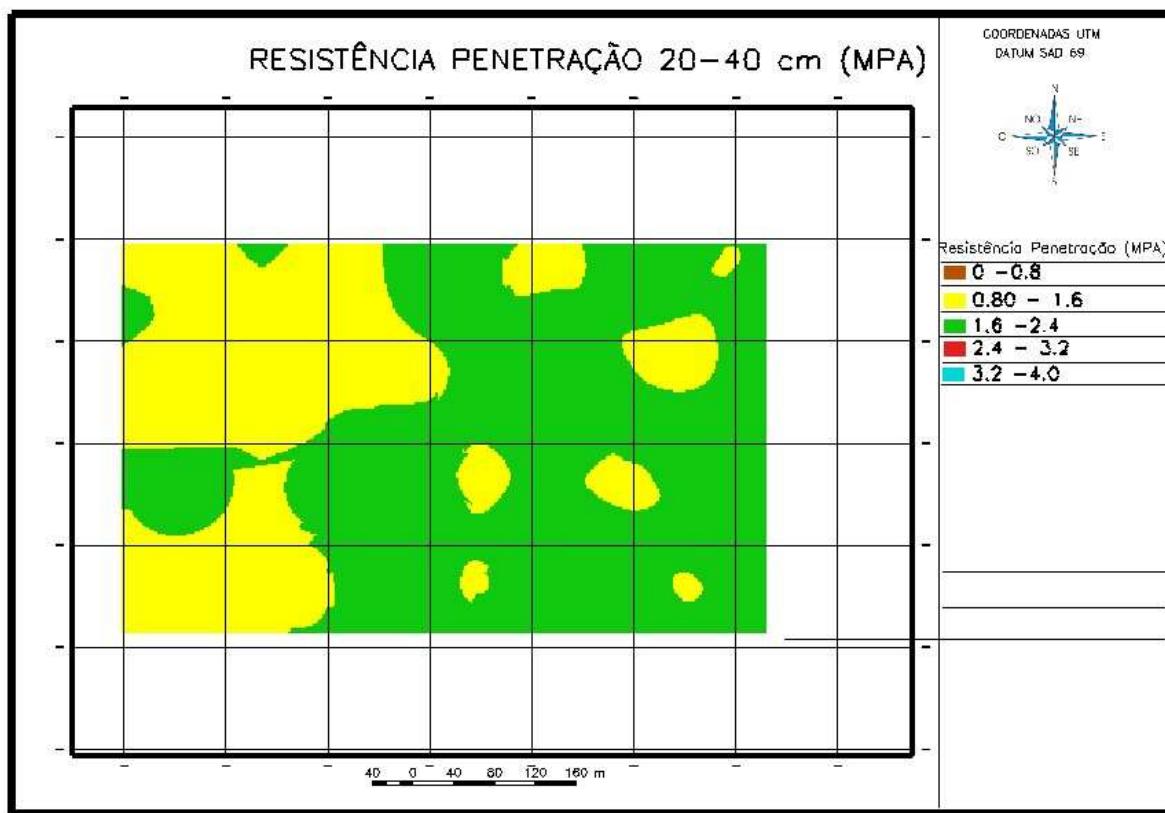


Figura 8. Mapa temático da compactação de 20 a 40 cm.

A Figura 8 mostra o mapa temático representado pelas manchas verdes que o solo apresenta variação de 1,6 a 2,4 Mpa, a cor amarela indica valores de resistência de 0,80 a 1,60 Mpa.

A intensificação do uso de máquinas agrícola no manejo e cultivo do solo tem provocado, em seu perfil pedológico, um aumento de sua densidade natural. Tal ocorrência é verificada por Mantovani (1987) através da formação de camadas superficiais e subsuperficiais de solo compactado, cuja condição é quase sempre prejudicial ao perfeito desenvolvimento das culturas, principalmente ao sistema radicular e ao processo de infiltração e armazenamento de água em seu perfil, causa principal de erosão do solo.

Os níveis críticos de resistência do solo para o crescimento das plantas variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada (Taylor e Brar, 1991). Num latossolo roxo verificou que a resistência de 2,8 MPa foi limitante para o crescimento radicular da soja. Por sua vez, Nesmith (1987), adotou o valor de 2,0 MPa como limite crítico de resistência para à penetração de raízes. Hakansson e Danfors, (1981) encontrou valores críticos para a resistência à penetração do solo, de 2 a 3 Mpa e verificou que quando os valores de resistência à penetração ficaram acima de 1,8 MPa, reduziram em 70 % o enraizamento da cultura do milho em um latossolo muito argiloso.

De maneira geral, aceita-se o valor de 2,0 MPa como sendo o valor limite ao crescimento radicular da maioria das espécies cultivadas e o solo passa a ser considerado como sendo compactado, porém em função da resistência a penetração estar diretamente relacionada a umidade do solo (Secco, 2003).

*Mapa temático de necessidade de calagem*

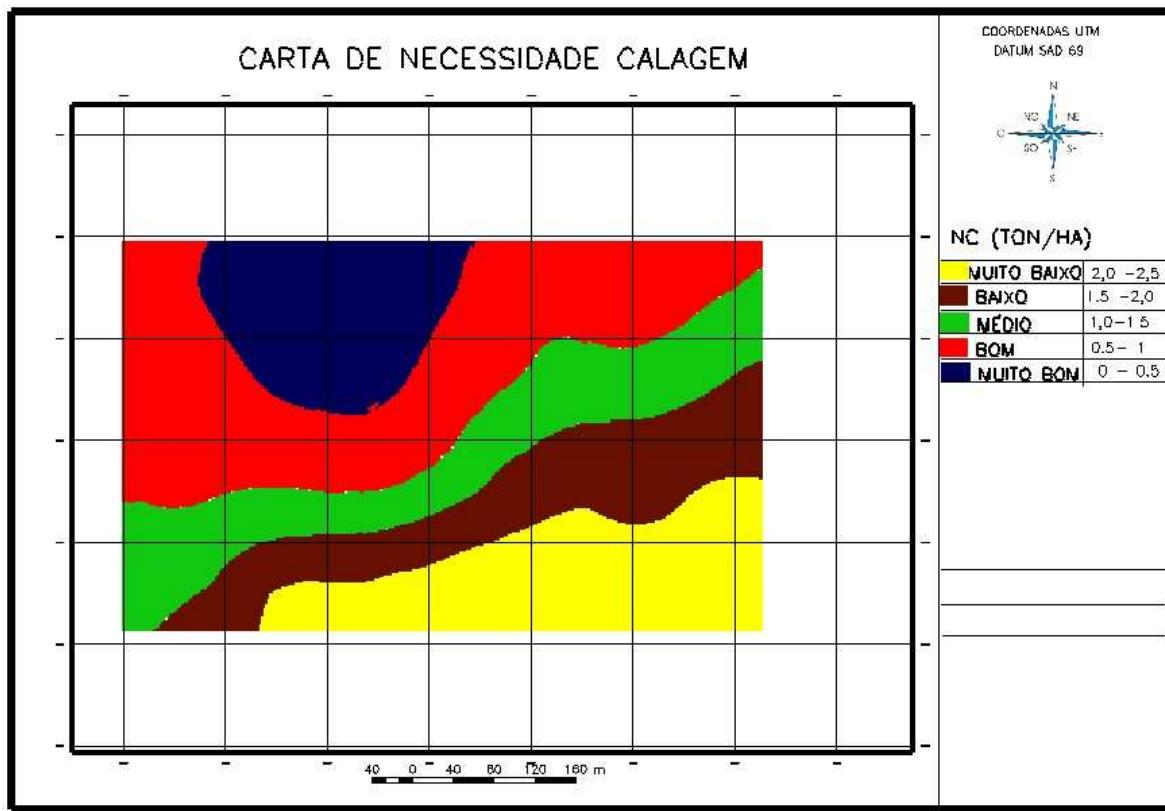


Figura 9. Mapa temático de necessidade de calagem.

Através da Figura 9 verifica-se que a cor azul demonstra que há necessidade de calcário de 0 a 0,5 ton/ha, o vermelho de 0,5 a 1 ton/ha, o verde 1,0 a 1,5 ton/ha, o marrom 1,5 a 2,0 ton/ha e o amarelo 2,0 a 2,5 ton/ha.

Para Jakob (1999) quando os atributos de solo são mapeados em uma seqüência de anos, certa tendência sobre os dados brutos pode ser percebida.

### Conclusões

Com a realização deste trabalho foi possível concluir que:

Em relação aos nutrientes, o fósforo e o potássio apresentam-se com nível em geral muito bom no solo. Devem ser levados em consideração, além do nível, a variação espacial dos mesmos no solo para uma recomendação de adubação.

A matéria orgânica apresentam-se baixa na maioria da área estudada. Existe manchas de valores médios nas camadas de 0 a 10cm e 10 a 20cm de profundidade, indicando neste

caso um solo vermelho e compactado.

Na área em estudo há necessidade de utilizar rotação de culturas com adubos verdes, a fim de aumentar a matéria orgânica e descompactar o solo nas camadas menos profundas, promovendo uma maior infiltração de água, nutrientes aumentando a aeração e diminuindo a perda por lixiviação.

O mapa da recomendação de calagem representa que há variação das exigências em diferentes pontos, e até pontos sem necessidade de aplicação de calcário.

Com a elaboração do mapa temático, torna-se mais fácil a compreensão da informação sobre a área em estudo, assim facilita realizar uma recomendação racional de insumos.

Os mapas temáticos devem ser utilizados com certa freqüência para que com o tempo de uso erros de variação diminuam, aproximando a correlação entre os mapas temáticos e o campo.

### Referências

ALVAREZ, V. V.H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5. Aproximação**. Viçosa, MG:CFSEMG, 1999. p. 25-32.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. p. 412.

HAKANSSON, I.; DANFORS, B. **Effects of heavy traffic on soil conditions and crop growth**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ISTVS, 7, Calgary, 1981. Proceedings, v. 1, p. 239-53, 1981.

IAPAR; Instituto Agronômico do Paraná. **Classificação Climática**. Disponível em: <[http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas\\_Climaticas/Classificacao\\_Climatica.htm](http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificacao_Climatica.htm)> Acesso em: 22 jun. 2007.

JAKOB, A. A. E. **Estudo da correlação entre mapas de propriedades de solo e mapas de produtividade para fins de agricultura de precisão**. 1999. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

KUHAR, J.E. **The precision-farming guide for agriculturists**. Moline, 1997. 117 p.

MANTOVANI, E. C. **Máquinas e implementos agrícolas**. Informe Agropecuário, v. 23, n. 1,p. 56-63, 1987.

NESMITH, D.S. Soil compaction in double cropped weath and soybean on Ultissol. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.51, p.183-6, 1987.

SECCO, D. **Estados de compactação e suas implicações no comportamento no comportamento mecânico e na produtividade de culturas em dois latossolos sob plantio direto** Santa Maria, 2003. 128p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria.

STOLF, R. **Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.15, p.229-35, 1991.

TAYLOR, H.; BRAR, G. **Effect of soil compaction on root development.** *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 19, n. 2-3, p.111-9, 1991.

---

*Recebido em: 11/08/2010*

*Aceito para publicação em: 14/09/2010*