

# CONFRONTAÇÃO DE MAPAS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO COM MAPAS PEDOLÓGICOS E SUA APLICAÇÃO NA DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE GERENCIAMENTO PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO

<sup>1</sup>Flávia Roncato Frasson, <sup>1</sup>Wilson Cerqueira Pereira, <sup>2</sup>José Paulo Molin

**RESUMO:** A Agricultura de Precisão preconiza que o manejo das lavouras pode ser mais bem conduzido se as variabilidades espaciais da produtividade e dos fatores a ela relacionados forem conhecidos. Existe uma subutilização das informações pedológicas pelo usuário com pouco conhecimento de solos, devido à falta de disponibilidades de mapas pedológicos, ou escalas incompatíveis. Este estudo visou correlacionar os mapas de condutividade elétrica do solo, obtida com sensor de campo, com os mapas pedológicos, visando analisar se as características de condutividade elétrica podem servir como um indicador indireto de algumas características pedológicas. Objetivou-se, portanto, encontrar possíveis correlações entre a condutividade elétrica do solo e mapas pedológicos de alta resolução e para tanto foram utilizadas medições e mapas pedológicos em um talhão de 22,2 ha em Campos Novos Paulista, região sudoeste do Estado de São Paulo e em três talhões dentro da área de atuação da Fundação ABC, na região dos Campos Gerais do Paraná, no total de 71,8 ha. Os dados analisados permitiram observar que a correlação entre a condutividade elétrica do solo e a pedologia deste existe, isso pode ser observado comparando visualmente os mapas gerados de condutividade elétrica com os mapas de pedologia das áreas, e também por estudos estatísticos. Foi encontrada a melhor profundidade para essa correlação, e também verificado que para um melhor estudo é necessário a inserção de mais fatores para um estudo mais completo.

<sup>1</sup>Estagiário, <sup>2</sup>Prof., Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP

## INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão preconiza que o manejo das lavouras pode ser mais bem conduzido se as variabilidades espaciais da produtividade e dos fatores a ela relacionadas forem conhecidos.

As ferramentas para gerar mapas de produtividade já estão disponíveis para o usuário, no entanto, o domínio das variáveis associadas à variabilidade espacial da produtividade dentro do talhão, ainda carece de muito estudo.

Alem dos mapas de produtividade, outras investigações podem auxiliar na definição de unidades de manejo. Estudos com o uso da condutividade elétrica têm apontado seu potencial para a mensuração de conteúdo de argila (Willians & Hoey, 1987), conteúdo de água (Kachanoski et al., 1988), capacidade de troca catiônica (McBride et al., 1990), profundidade de camada de impedimento (Clark et al., 2000), teor de matéria orgânica (Jaynes et al., 1996), teor de sais da solução (Caminha Junior et al., 1998).

O conhecimento das características físicas e hídricas dos solos é de grande importância para subsidiar o manejo de uso e ocupação das terras, com vistas à produção sustentável de alimentos e à recuperação de áreas degradadas, além de fornecer informações para fins não agrícolas, como o planejamento de rodovias, ferrovias, aterros sanitários e construções de edificações.

Tem-se verificado que as informações pedológicas são subutilizadas pelo usuário com poucos conhecimentos de solos. Procurando mudar esta situação o presente trabalho tem por objetivo correlacionar os mapas de condutividade elétrica do solo com os mapas pedológicos visando confirmar se aquela é um indicador indireto de algumas características do solo.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Condutividade elétrica**

A Condutividade elétrica é a agilidade que um material tem em conduzir corrente elétrica. De acordo com Bohn et al. (1982) o solo pode ser considerado como um recipiente truncado para solução eletrolítica, como um condutor possuindo um percurso tortuoso, ou um grande número de percursos de condução de comprimentos e seções transversais variáveis.

Rhoades & Corwin (1990) apresentam um modelo de condutividade elétrica que descreve a condutância através de três vias atuando em paralelo: condutância através de camadas alternantes de partículas do solo e entre os limites de suas soluções, condutância através de soluções do solo contínuas e condutância através ou entre superfícies de partículas do solo em contato direto entre elas. Na ausência de sais dissolvidos na água presente na segunda via, condutividade, textura e umidade se correlacionam muito bem entre si.

Para medição da condutividade elétrica dos solos os dois principais métodos utilizados são o de indução eletromagnética, que mede a condutividade elétrica do solo até uma profundidade de 1,20m na configuração vertical e a uma profundidade de até 0,30m na configuração horizontal e é não penetrante, e outro por contato direto que utiliza sensores que penetram no solo medindo a sua condutividade elétrica a profundidades que são função do

espaçamento entre sensores em contato com o solo (Rhoades & Corwin, 1984).

O solo é um sistema polifásico constituído de partículas sólidas, solução e ar. Quando partículas carregadas eletricamente, incluindo colóides e íons, migram sob influência de um campo elétrico aplicado, vários fatores físicos do solo, incluindo textura, estrutura, e conteúdo de água, podem afetar a condutividade elétrica interferindo na inter-relação entre as partículas coloidais e os íons (Li, 1997).

A real condutividade elétrica do solo depende do teor de água, da composição química da solução do solo e dos íons trocáveis, da porcentagem de argila no solo, e da interação entre os íons não trocáveis e os trocáveis (Nadler & Frenkel, 1980).

Partículas do solo e de rochas, na sua maioria, são isolantes elétricos, mas são capazes de conduzir a eletricidade através dos poros retentores de umidade e de camadas eletricamente carregadas na superfície das partículas do solo (Rhoades, 1993). Portanto, a porosidade do solo, formato, tamanho, e a quantidade de água nos poros, assim como a distribuição dos poros no solo, afetam a condutividade do mesmo. Entre outros fatores que a afetam é possível citar a concentração dos eletrólitos na água dos poros, a temperatura do solo, a quantidade e a composição dos colóides, a densidade, e o conteúdo de matéria orgânica do solo (Rhoades et al., 1976; Cook et al., 1992).

Mudanças na temperatura influenciam a condutividade elétrica do solo e da solução do mesmo de uma maneira parecida. Ocorre um aumento de aproximadamente 2% na mesma para cada grau de aumento na temperatura, no entanto já foi demonstrado que a temperatura do solo tem influências desprezíveis sobre os valores de leituras dos sensores de CE do solo se todas as leituras num mesmo campo foram feitas sob condições semelhantes no decorrer de um mesmo dia (Brevik & Fenton, 2000). Essa mudança devido a temperatura é causada principalmente pelo fato de que com o aumento da temperatura diminui a viscosidade do líquido, o que aumenta a facilidade com a qual os íons se movimentam (Harstock et al., 2000).

Já foi demonstrado que, enquanto a magnitude de medições temporais da condutividade elétrica varia com a temperatura e a umidade do solo, o padrão espacial dos valores de condutividade elétrica do solo permanece constante (Harstock et al., 2000; Veris Technologies, 2001). Essa constatação é essencial para a utilização do método de mapeamento da CE do solo como base para identificar unidades de amostragem e gerenciamento do mesmo.

## **Pedologia**

Conforme Lepsch (1982), pedologia é um ramo da ciência que estuda o solo como parte natural da paisagem e tem como maior interesse o estudo de sua origem, evolução e classificação.

A pedologia, de acordo com Prado (1995), é uma ciência relativamente recente que estuda o solo tendo como base o seu perfil, sendo este uma secção vertical que contém horizontes ou camadas sobrejacentes ao material de origem.

Ainda, segundo Prado (1995), vários são os procedimentos que devem ser tomados no campo para se classificar os solos. As observações podem ser feitas mediante tradagens, trincheiras ou em barrancos adequados de estradas (sem sinais de erosão ou de adição de materiais).

A descrição morfológica é feita segundo as normas contidas no Manual de descrição e coleta do solo no campo, de Lemos & Santos (1984).

### **Principais atributos do solo para fins de classificação**

#### ***a) Cor***

A cor é a sensação visual que se manifesta na presença da luz e, de certo modo, reflete a quantidade de matéria orgânica, o tipo de óxido de ferro presente, além da classe de drenagem do solo como descreve Prado (1995).

Em geral, existe boa correlação entre os valores de pH em água e o grau de saturação por bases (V%), válida para o horizonte A (Quaggio, 1983) e geralmente para o B. Nesta correlação, o valor de pH em água é maior ou igual a 5,5 quando o valor de saturação por bases for maior ou igual a 50%. Entretanto, alguns solos ácidos apresentam valores relativamente altos de pH em água no horizonte B, e não possuem valores elevados de saturação por bases. Por isso, não se deve sempre considerar no horizonte B a referida correlação, especialmente para solos ácidos.

#### ***b) Textura do solo***

A textura, que constitui a fase mineral sólida do solo, mede, em porcentagem, as proporções de argila, silte e areia, e tem sido utilizada como sinônimo de granulometria.

A Tabela 1, de acordo com Prado (1995), apresenta a relação entre os atributos de textura, interpretação pedológica e as características do solo.

#### ***c) Estrutura***

As partículas de argila, silte e areia normalmente estão reunidas, formando agregados. A estrutura refere-se ao arranjo dessas partículas, sendo os principais tipos: bloco, prismática, granular, laminar, Lepsch (1982).

#### ***d) Consistência***

A consistência do solo ocorre em função das forças de adesão e coesão, que variam com o grau de umidade do solo. A consistência

inclui propriedades como resistência à compressão e ao esboroamento, friabilidade, plasticidade e pegajosidade, Lepsch (1982). Ela varia com textura, quantidade de matéria orgânica, quantidade e natureza do material coloidal e teor de água.

**e) Cerosidade**

São filmes de material inorgânico muito fino de natureza diversa, orientados ou não, constituindo revestimentos ou superfícies brilhantes na superfície dos elementos estruturais como define Prado (1995). Quando bem desenvolvidos são facilmente perceptíveis, apresentando o aspecto lustroso.

Tabela 1: Atributos de textura, interpretação pedológica e características do solo.

<b>Atributos</b>	<b>Interpretação pedológica</b>	<b>Características do solo</b>
Textura arenosa	Fração sólida normalmente constituída de quartzo. Teor de argila + silte $\leq$ 15%.	Elevada suscetibilidade à erosão. CTC baixa. Poros grandes. Baixos valores de retenção de água, não só a altas como a baixas tensões. Alta taxa de infiltração de água. Densidade do solo apresenta valor próximo a 1,3 g/cm <sup>3</sup> em área não compactada.
Textura média	Teor de argila + silte maior que 15% e argila $\leq$ 35%.	Baixa /moderada suscetibilidade à erosão. Médios / baixos valores de retenção de água não só a altas como a baixas tensões. Densidade do solo apresenta valor próximo a 1,3 g/cm <sup>3</sup> em área não compactada.
Textura argilosa	Teor de argila entre 35 e 60%.	Solo menos suscetível à erosão em área não muito declivosa. Drenagem boa ou acentuada. Altos valores de retenção de água não só a altas como a baixas tensões. Densidade do solo apresenta valor

		<p> muito próximo a 1 g/cm<sup>3</sup>  em área não compactada</p>
--	--	--

#### *f) Atributos químicos*

Os valores de saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) servem para indicar o potencial nutricional dos solos, e o de retenção de cátions (RC) para informar sobre sua capacidade de reter cátions, Prado (1995).

## **METODOLOGIA**

Para fazer este estudo visando encontrar uma correlação entre a condutividade elétrica do solo com sua pedologia, foram feitas as medições e análises em quatro áreas distintas, uma localizada na fazenda Lagoa Velha, situada na região sudoeste do Estado de São Paulo, em Campos Novos Paulista, com uma área de 22,19 hectares, e as outras três localizadas próximas a Curitiba, Paraná com áreas de 28,50 hectares, 25,39 hectares e 17,90 hectares.

### **Estudo da Condutividade elétrica do solo**

O estudo da condutividade elétrica foi feito pela Fundação ABC, utilizando o equipamento Veris 3100 acoplado na barra de tração de um trator. Este equipamento utiliza quatro discos que medem a condutividade elétrica entre eles, passando pelo solo, assim medem a condutividade elétrica do solo nas profundidades de 0,30 m e 0,90m. Todos os dados coletados são transmitidos para um data logger do próprio fabricante do Veris, assim como as coordenadas geográficas também são transmitidas para esse data logger. As coordenadas geográficas são obtidas através de um receptor de DGPS, melhorando a qualidade dos dados devido à correção diferencial deste aparelho.

Após a coleta dos dados, foram gerados mapas utilizando o software SSToolbox. Os dados foram interpolados pelo método do inverso da distância com células com medida de 5,00m. Foram criados três mapas de condutividade elétrica para cada área, um com profundidade de 0,30 m, outro com profundidade de 0,90m e o terceiro com a media dos anteriores.

### **Estudo da pedologia do solo**

Os três mapas das áreas localizadas no Estado do Paraná foram feitos pela Fundação ABC que cedeu os dados brutos sendo necessário a elaboração dos mapas pedológicos com o auxílio do software SSToolbox.

O mapa da Fazenda Lagoa Velha foi feito por Prado (2000). Os pontos de observação foram feitos mediante tradagens e coletadas 400 amostras de solo nas profundidades 0-20, 20-40, 40-60 e 60-100cm, assim para esta parte do trabalho foi necessário a digitalização do

mapa pedológico e o georreferenciamento do mesmo no software SSToolbox.

Portanto com os mapas pedológicos e os de condutividade elétrica georreferenciados foi possível realizar uma correlação visual entre os mapas e avaliar o comportamento da condutividade elétrica do solo na classificação pedológica deste através de uma análise estatística descritiva.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

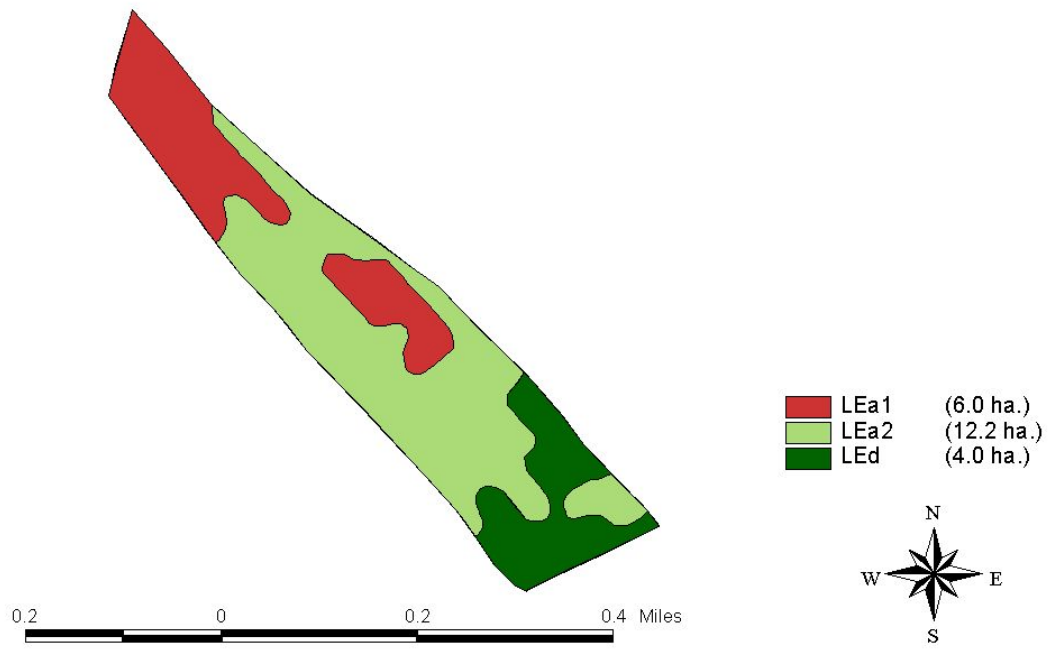
### 4.1 Área da Fazenda Lagoa Velha em Campos Novos Paulista, SP

Na área em estudo encontram-se os seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho Escuro Álico A moderado textura média, com argila até 28% (LEa1), Latossolo Vermelho Escuro Álico A moderado textura média, com argila até de 28 a 35% (Lea2) e Latossolo Vermelho Escuro Distrófico A moderado textura média, com argila de 28 a 35% (LEd). A participação destes em área total pode ser visto na tabela 1.

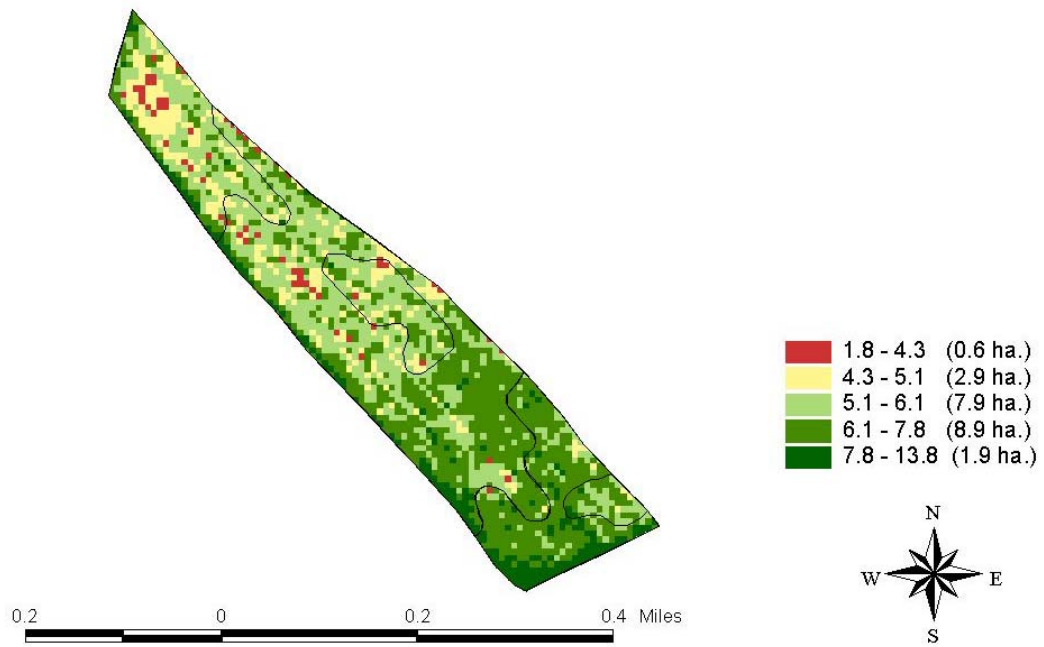
**Tabela 1:** Participação, em %, de cada tipo de solo em área total.

Tipo de solo	Valor (ha)	Participação (%)
LEa1	6,00	27,07
LEa2	12,19	54,96
Led	4,00	18,00
Total	22,19	100

Nas figuras 1, 2, 3 e 4 tem-se os mapas elaborados a partir dos dados de 2003, que mostram respectivamente: pedologia do solo (classificação), condutividade elétrica a 0,3 m (mmho/cm), condutividade elétrica a 0,9 m (mmho/cm) e a razão entre a condutividade a 0,3m(mmho/cm) e a condutividade a 0,9 m (mmho/cm).

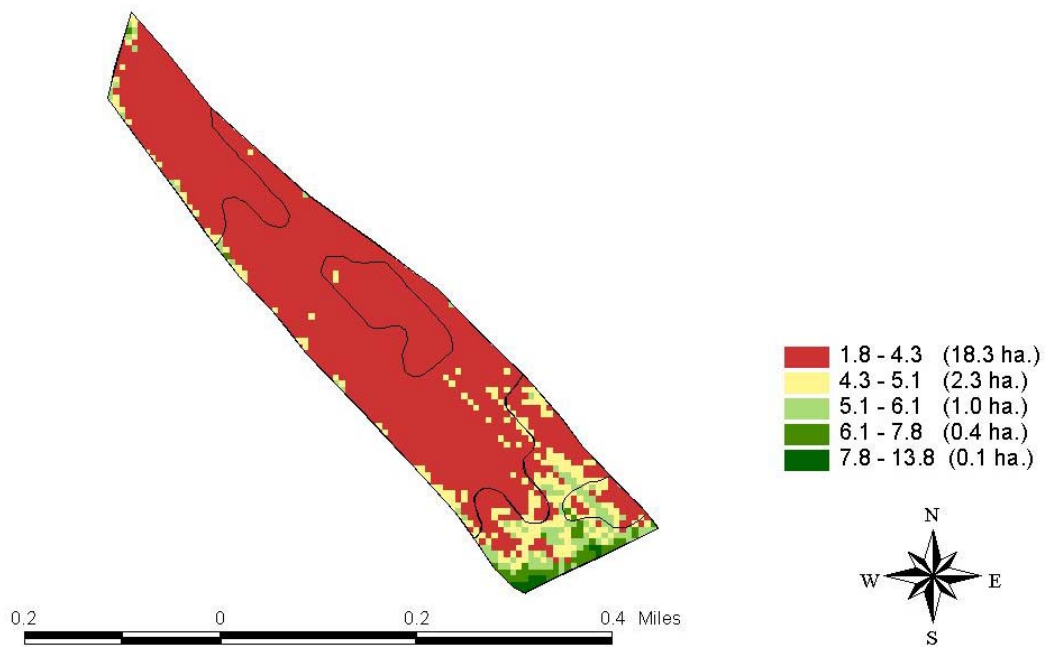


*Figura 1* – Mapa pedológico

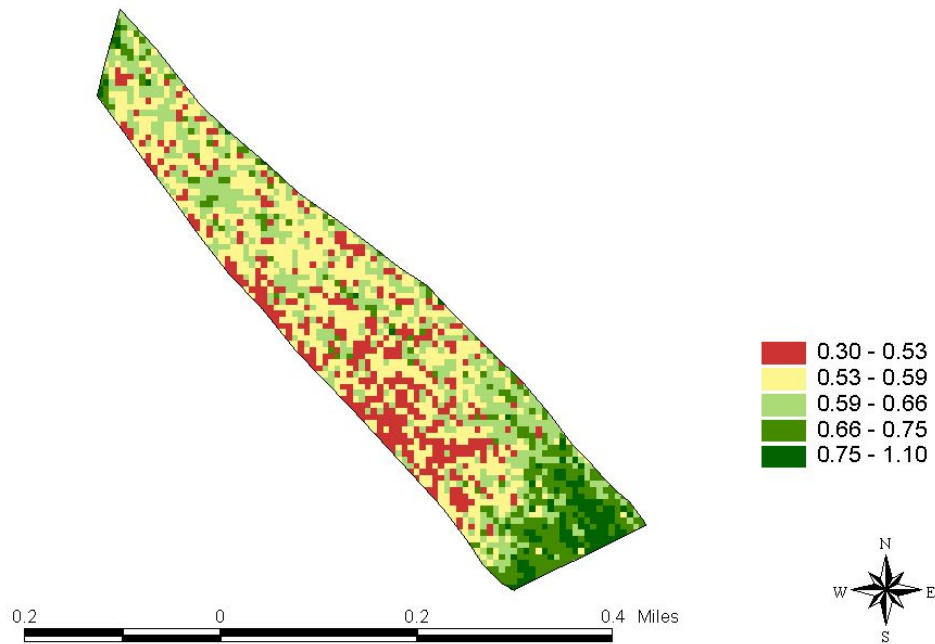


*Figura 2* – Mapa de condutividade elétrica a 0,3m





**Figura 3** – Mapa de condutividade elétrica a 0,9m



**Figura 4** – Mapa de condutividade elétrica da razão entre 0,3m e 0,9m

Com os mapas de pedologia e de condutividade elétrica (CE) gerados foi possível analisar quais intervalos de CE estão mais presentes em cada tipo de solo, como ilustram as tabelas 2, 3 e 4.

**Tabela 2:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LEa1.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	% da CE a 0,9 m
1,8 - 4,3	2,83	92,04
4,3 - 5,1	24,85	6,29
5,1 - 6,1	43,41	1,23
6,1 - 7,8	24,00	0,44
7,8 - 13,8	4,92	0,00

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0,3 - 0,5	3,20
0,5 - 0,6	56,13
0,6 - 0,7	46,21
0,7 - 0,8	3,74
0,8 - 1,1	0,45

**Tabela 3:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LEa2.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	% da CE a 0,9 m
1,8 - 4,3	1,40	86,64
4,3 - 5,1	10,22	11,14
5,1 - 6,1	35,48	1,91
6,1 - 7,8	45,33	0,31
7,8 - 13,8	7,57	0,00

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0,3 - 0,5	10,36
0,5 - 0,6	59,12
0,6 - 0,7	25,77
0,7 - 0,8	3,24
0,8 - 1,1	1,50

**Tabela 4:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo Led.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	% da CE a 0,9 m
1,8 - 4,3	0,25	31,97
4,3 - 5,1	0,89	35,99
5,1 - 6,1	11,73	17,98
6,1 - 7,8	61,54	10,32
7,8 - 13,8	25,59	3,75

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0,3 - 0,5	0,58
0,5 - 0,6	15,62
0,6 - 0,7	42,89
0,7 - 0,8	27,18
0,8 - 1,1	9,73

Uma análise estatística descritiva foi realizada com o objetivo de melhor explicar a relação da pedologia com a CE, estes dados podem ser vistos nas tabelas 5, 6 e 7 e no gráfico 1.

**Tabela 5:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância (s<sup>2</sup>), para a variável CE, no solo LEa1.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	6,00	808	5.700	5.700	10.200	2.900	0.970	17.018	0.940
0,9	6,00	808	3.300	3.321	6.200	1.800	0.561	17.000	0.314
razão	6,00	808	0.586	0.586	0.897	0.406	0.060	10.239	0.004

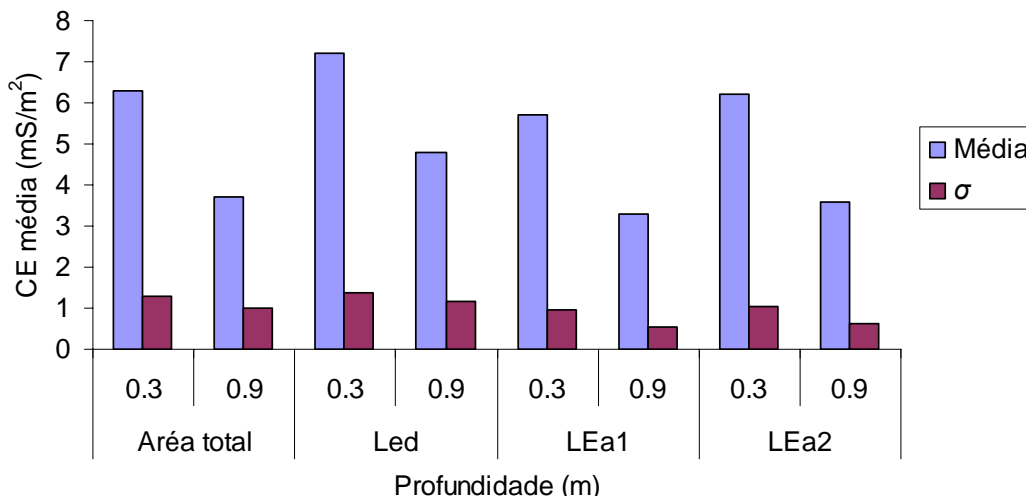
**Tabela 6:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância (s<sup>2</sup>) para a variável CE, no solo LEa2.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	12,19	1353	6.200	6.100	10.400	3.300	1.037	16.726	1.076
0,9	12,19	1353	3.600	3.400	6.600	2.300	0.624	17.333	0.390
razão	12,19	1353	0.578	0.566	1.021	0.397	0.074	12.803	0.005

**Tabela 7:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância (s<sup>2</sup>) para a variável CE, no solo LED.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	4,00	464	7.200	6.900	13.800	4.100	1.360	18.889	1.849
0,9	4,00	464	4.800	4.500	10.000	2.800	1.171	24.396	1.371

### F. LAGOA VELHA



**Gráfico 1:** Média e desvio padrão em relação à CE média.

### Área da Fundação ABC - WBOUWMAN

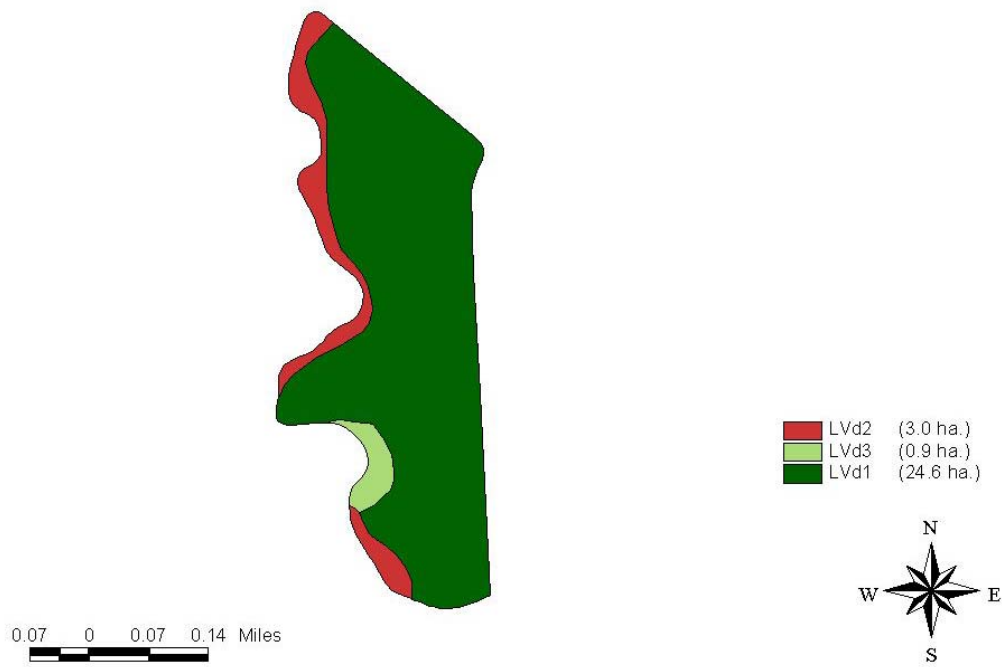
Na área em estudo encontram-se os seguintes tipos de solos: Latossolo vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado, hipodistrófico, álico, mesoférico, pH ácido, relevo suave ondulado e plano (LVd1); latossolo vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado, hipodistrófico, álico, mesoférico, pH ácido, relevo suave ondulado e ondulado (LVd2); latossolo vermelho distrófico típico, textura argilosa, fase campo subtropical úmido, relevo suave ondulado 1 (LVd3). A participação destes em área total pode ser visto na tabela 8.

**Tabela 8:** Participação, em %, de cada tipo de solo em área total.

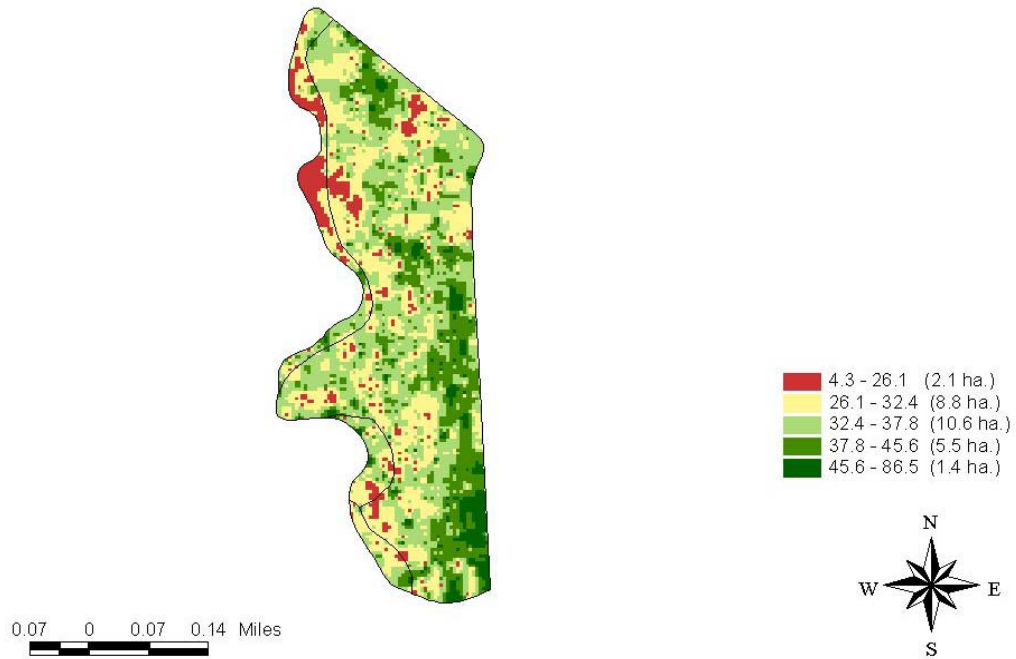
Tipo de solo	Valor (ha)	Participação
		(%)
LVd1	24,60	86,32
LVd2	3,00	10,53
LVd3	0,90	3,16
Total	28,50	100

Nas figuras 5, 6, 7 e 8 tem-se os mapas elaborados a partir dos dados de 2003, que mostram respectivamente: pedologia do solo (classificação), condutividade elétrica a 0,3 m (mmho/cm), condutividade elétrica a 0,9 m (mmho/cm) e a razão entre a

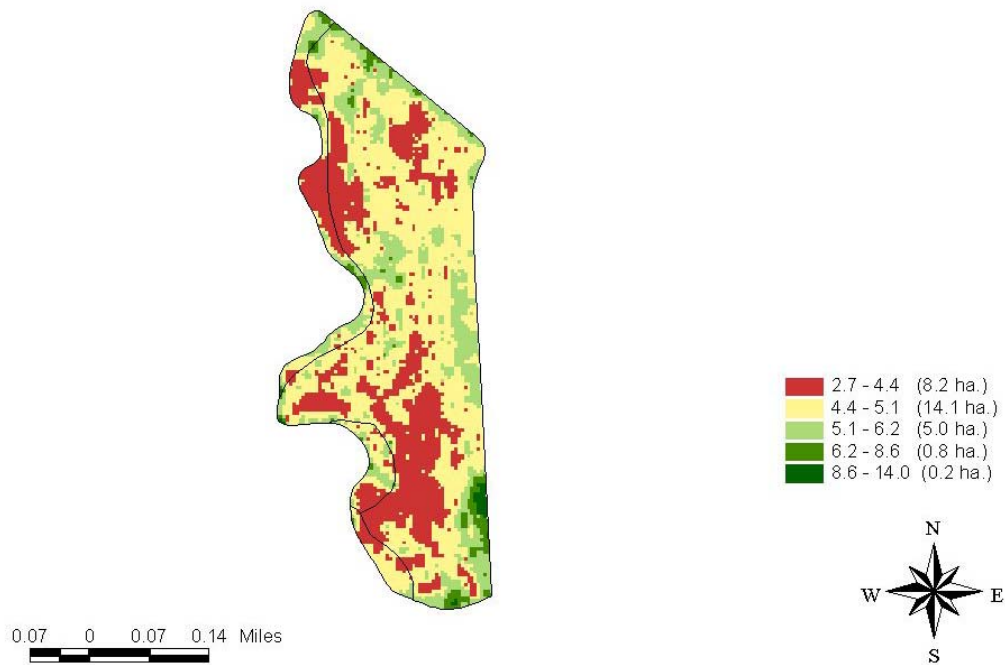
condutividade a 0,3m(mmho/cm) e a condutividade a 0,9 m (mmho/cm).



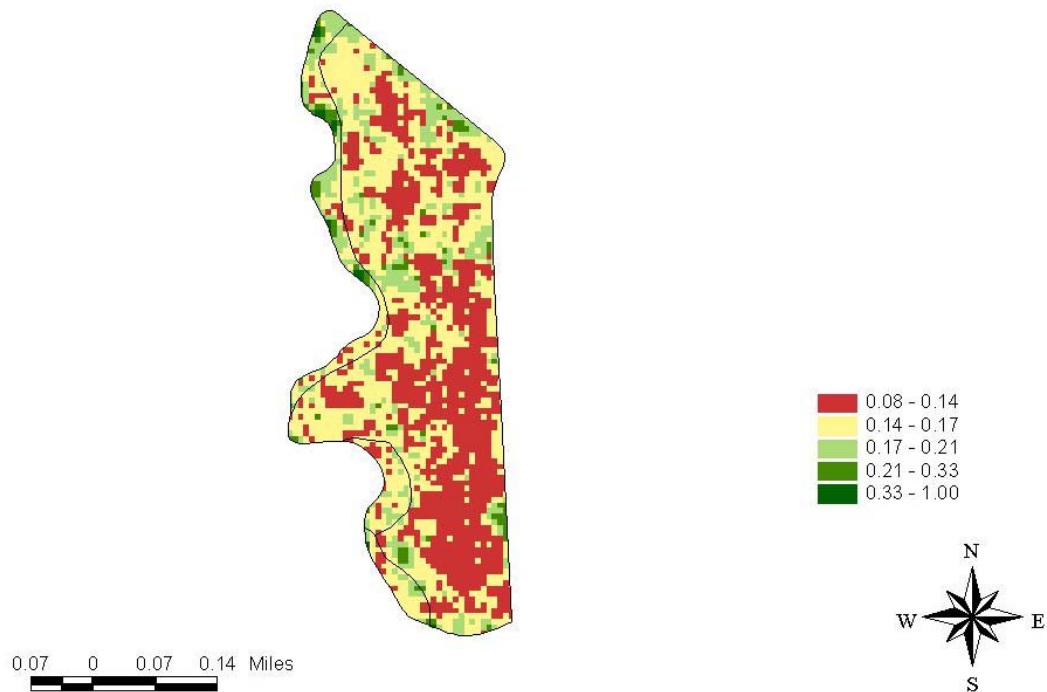
**Figura 5** – Mapa pedológico



**Figura 6** – Mapa de condutividade elétrica a 0,3m



**Figura 7** – Mapa de condutividade elétrica a 0,9m



**Figura 8** – Mapa de condutividade elétrica da razão entre 0,3m e 0,9m

Com os mapas de pedologia e de condutividade elétrica (CE) gerados foi possível analisar quais intervalos de CE estão mais presentes em cada tipo de solo, como ilustram as tabelas 9, 10 e 11.

**Tabela 9:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LVd1.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
4.3 - 26.1	4,80	2.7 - 4.4	21,38
26.1 - 32.4	30,60	4.4 - 5.1	55,25
32.4 - 37.8	39,94	5.1 - 6.2	23,14
37.8 - 45.6	22,36	6.2 - 8.6	3,18
45.6 - 86.5	6,15	8.6 - 14.0	0,89

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0.08 - 0.14	44,40
0.14 - 0.17	46,67
0.17 - 0.21	13,25
0.21 - 0.33	2,68
0.33 - 1.00	0,04

**Tabela 10:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LVd2.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
4.3 - 26.1	34,34	2.7 - 4.4	40,41
26.1 - 32.4	48,33	4.4 - 5.1	47,16
32.4 - 37.8	34,64	5.1 - 6.2	33,80
37.8 - 45.6	10,87	6.2 - 8.6	7,29
45.6 - 86.5	0,88	8.6 - 14.0	0,42

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0.08 - 0.14	15,71
0.14 - 0.17	65,57
0.17 - 0.21	43,13
0.21 - 0.33	15,85
0.33 - 1.00	7,37

**Tabela 11:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LVd3.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
4.3 - 26.1	12,07	2.7 - 4.4	25,76
26.1 - 32.4	47,11	4.4 - 5.1	56,41
32.4 - 37.8	45,53	5.1 - 6.2	36,70
37.8 - 45.6	12,04	6.2 - 8.6	3,91
45.6 - 86.5	6,02	8.6 - 14.0	0,00

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0.08 - 0.14	21,82
0.14 - 0.17	84,29
0.17 - 0.21	26,47

0.21 - 0.33	1,78
0.33 - 1.00	0,00

Uma análise estatística descritiva foi realizada com o objetivo de melhor explicar a relação da pedologia com a CE, estes dados podem ser vistos nas tabelas 12, 13 e 14 e no gráfico 2.

**Tabela 12:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância (s<sup>2</sup>), para a variável CE, no solo LVd1.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	24,60	2691	35,208	34,400	79,900	6,800	9,612	27,300	92,390
0,9	24,60	2691	4,787	4,600	13,500	3,000	0,923	19,291	0,853
razão	24,60	2691	0,145	0,135	0,632	0,058	0,047	32,621	0,002

**Tabela 13:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância (s<sup>2</sup>), para a variável CE, no solo LVd2.

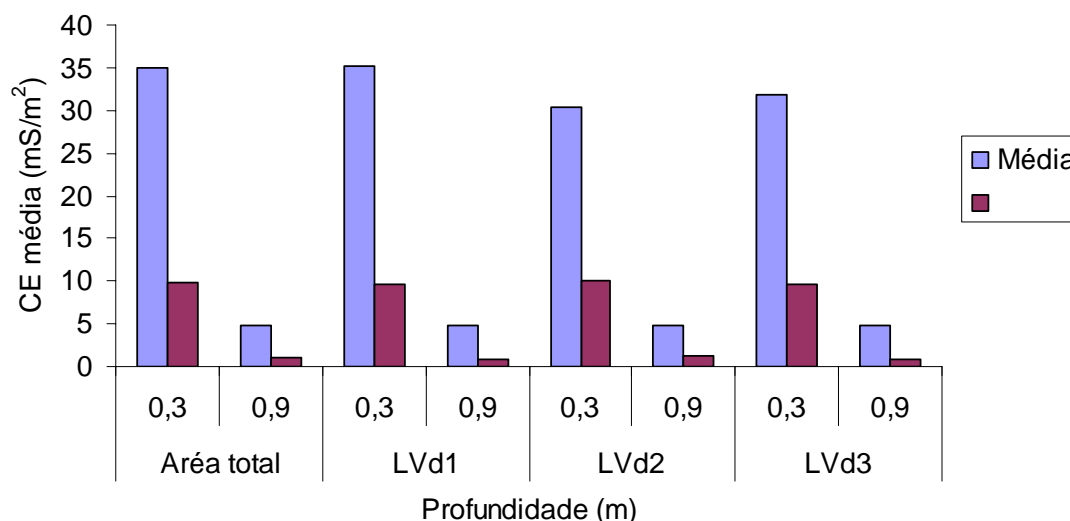
Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	3,00	173	30,376	30,100	57,000	6,600	10,000	32,919	99,992
0,9	3,00	173	4,903	4,700	15,600	3,000	1,343	27,390	1,803
razão	3,00	173	0,185	0,158	0,973	0,070	0,116	62,736	0,013

**Tabela 14:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância (s<sup>2</sup>), para a variável CE, no solo LVd3.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	0,90	91	31,826	30,100	60,100	12,500	9,703	30,487	94,145
0,9	0,90	91	4,720	4,200	7,100	3,300	0,878	18,597	0,770
razão	0,90	91	0,159	0,152	0,336	0,091	0,047	29,487	0,002



## F.ABC - WBOUWMAN



**Gráfico 2:** Média e desvio padrão em relação à CE média.

### Área da Fundação ABC - LMIRANDA

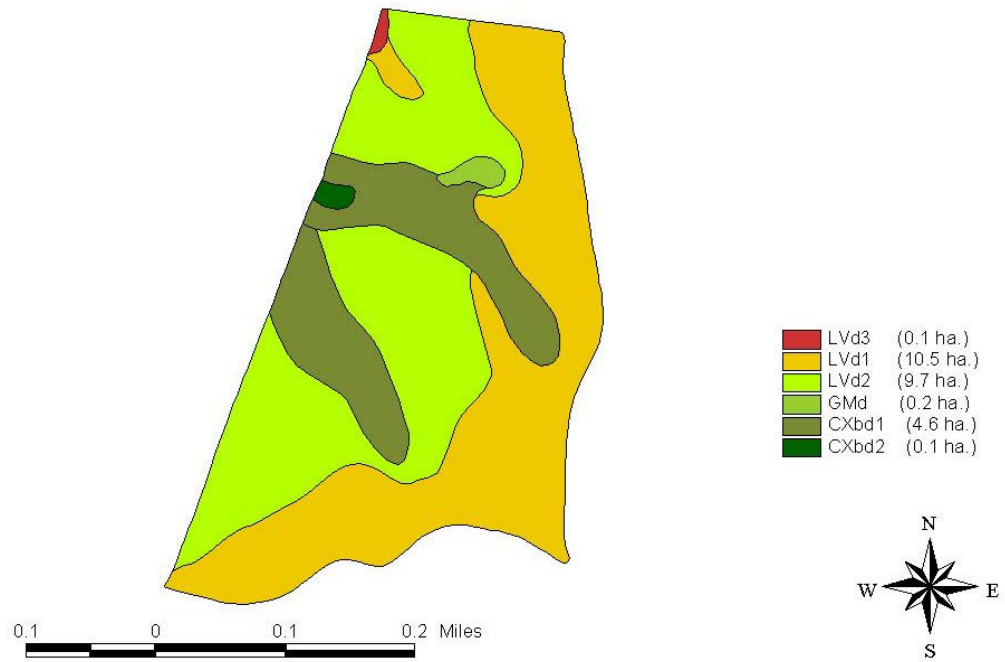
Na área em estudo encontram-se os seguintes tipos de solos: Latossolo vermelho distrófico típico, textura argilosa, epieutrófico, fase campo subtropical, relevo suave ondulado 1 (LVd1); latossolo vermelho distrófico típico, textura argilosa, epieutrófico, fase campo subtropical, relevo suave ondulado 2 (LVd2); latossolo vermelho distrófico típico, textura argilosa, fase campo subtropical úmido, relevo suave ondulado 1 (LVd3); cambissolo háplico distrófico típico, Tb, textura argilosa, epieutrófico, fase campo subtropical, relevo ondulado 1 (CXbd1); cambissolo háplico distrófico típico, Tb, textura média e argilosa, epieutrófico, fase campo e floresta subtropical, relevo forte ondulado e ondulado (CXbd2); gleissolos melânico distrófico (GMd). A participação destes em área total pode ser visto na tabela 15.

**Tabela 15:** Participação, em %, de cada tipo de solo em área total.

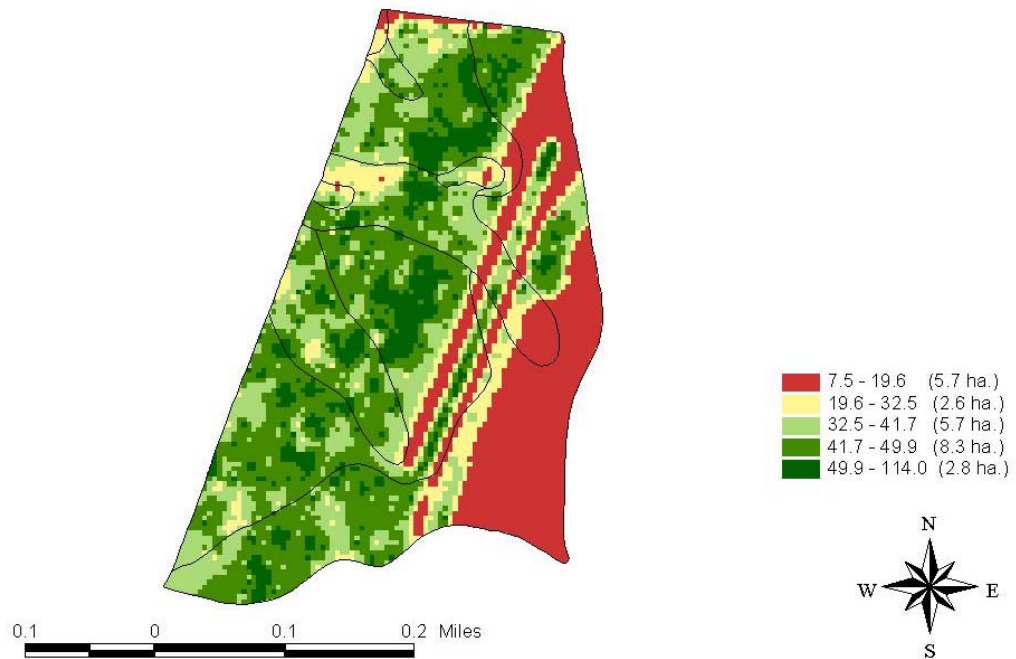
Tipo de solo	Participação	
	Valor (ha)	(%)
LVd1	10,5	41,37
LVd2	9,7	38,21
LVd3	0,12	0,46
CXbd1	4,6	18,12
CXbd2	0,18	0,70
GMd	0,29	1,14
Total	25,39	100

Nas figuras 9, 10, 11 e 12 tem-se os mapas elaborados a partir dos dados de 2003, que mostram respectivamente: pedologia do solo (classificação), condutividade elétrica a 0,3 m (mmho/cm), condutividade elétrica a 0,9 m (mmho/cm) e a razão entre a

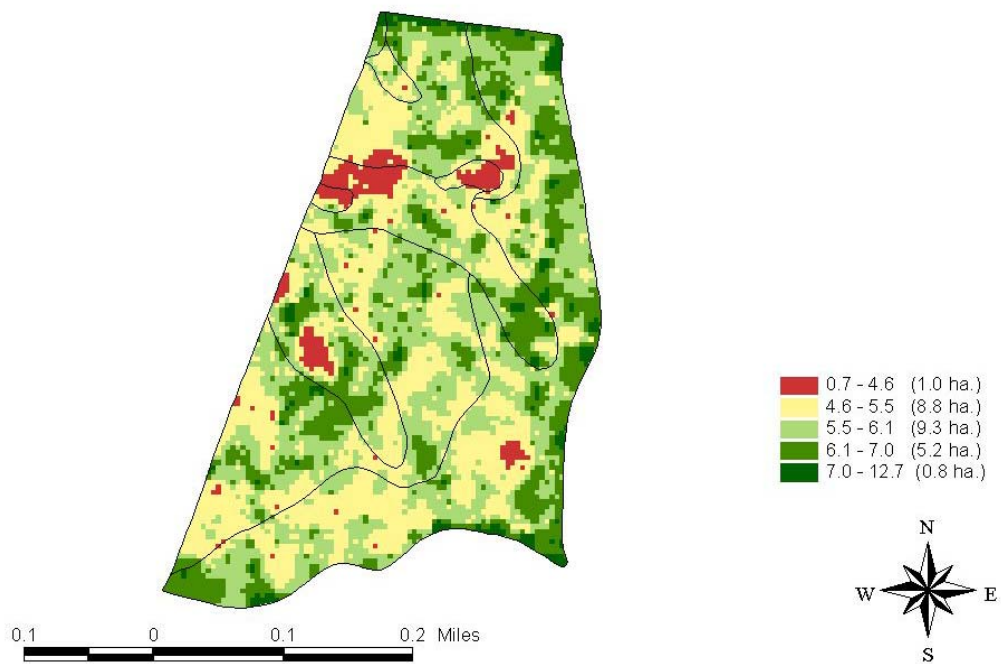
condutividade a 0,3m(mmho/cm) e a condutividade a 0,9 m (mmho/cm).



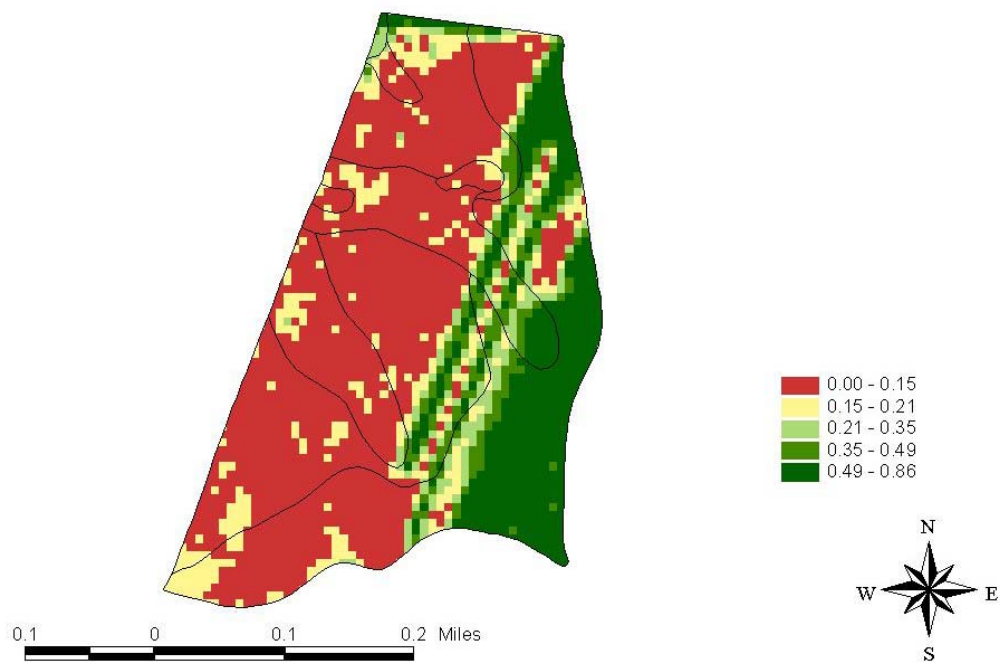
**Figura 9** – Mapa pedológico



**Figura 10** – Mapa de condutividade elétrica a 0,3m



**Figura 11** – Mapa de condutividade elétrica a 0,9m



**Figura 12** – Mapa de condutividade elétrica da razão entre 0,3m e 0,9m

Com os mapas de pedologia e de condutividade elétrica (CE) gerados foi possível analisar quais intervalos de CE estão mais presentes em cada tipo de solo, como ilustram as tabelas 16, 17, 18, 19, 20 e 21.

**Tabela 16:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LVd1.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
7.5 - 19.6	46,98	0.7 - 4.6	1,03
19.6 - 32.5	11,55	4.6 - 5.5	22,71
32.5 - 41.7	18,15	5.5 - 6.1	45,91
41.7 - 49.9	27,08	6.1 - 7.0	34,04
49.9 - 114	6,22	7.0 - 12.7	6,30

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0 - 0.15	37,83
0.15 - 0.21	14,52
0.21 - 0.35	11,16
0.35 - 0.49	10,89
0.49 - 0.86	43,84

**Tabela 17:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LVd2.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
7.5 - 19.6	7,94	0.7 - 4.6	2,24
19.6 - 32.5	8,03	4.6 - 5.5	31,29
32.5 - 41.7	29,38	5.5 - 6.1	51,89
41.7 - 49.9	46,35	6.1 - 7.0	22,56
49.9 - 114	19,01	7.0 - 12.7	2,82

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0 - 0.15	84,77
0.15 - 0.21	15,81
0.21 - 0.35	5,60
0.35 - 0.49	6,86
0.49 - 0.86	4,85

**Tabela 18:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LVd3.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
7.5 - 19.6	35,12	0.7 - 4.6	0,00
19.6 - 32.5	64,71	4.6 - 5.5	0,00
32.5 - 41.7	0,17	5.5 - 6.1	37,84
41.7 - 49.9	0,00	6.1 - 7.0	30,61

49.9 - 114	0,00	7.0 - 12.7	31,55
------------	------	------------	-------

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0 - 0.15	0,00
0.15 - 0.21	0,34
0.21 - 0.35	77,55
0.35 - 0.49	9,18
0.49 - 0.86	30,44

**Tabela 19:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo CXbd1.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
7.5 - 19.6	12,13	0.7 - 4.6	11,76
19.6 - 32.5	15,33	4.6 - 5.5	29,73
32.5 - 41.7	34,00	5.5 - 6.1	40,88
41.7 - 49.9	40,96	6.1 - 7.0	29,23
49.9 - 114	11,77	7.0 - 12.7	2,60

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0 - 0.15	82,31
0.15 - 0.21	17,48
0.21 - 0.35	7,02
0.35 - 0.49	5,87
0.49 - 0.86	9,32

**Tabela 20:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo CXbd2.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
7.5 - 19.6	2,77	0.7 - 4.6	57,47
19.6 - 32.5	44,28	4.6 - 5.5	20,44
32.5 - 41.7	37,77	5.5 - 6.1	19,99
41.7 - 49.9	13,08	6.1 - 7.0	2,10
49.9 - 114	2,10	7.0 - 12.7	0,00

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0 - 0.15	92,30
0.15 - 0.21	26,27
0.21 - 0.35	0,00
0.35 - 0.49	0,00
0.49 - 0.86	0,00

**Tabela 21:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo GMd.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
7.5 - 19.6	6,39	0.7 - 4.6	48,74
19.6 - 32.5	36,93	4.6 - 5.5	31,36
32.5 - 41.7	38,03	5.5 - 6.1	19,69
41.7 - 49.9	16,86	6.1 - 7.0	0,21
49.9 - 114	1,80	7.0 - 12.7	0,00

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0 - 0.15	82,42
0.15 - 0.21	28,67
0.21 - 0.35	2,07
0.35 - 0.49	0,07
0.49 - 0.86	0,00

Uma análise estatística descritiva foi realizada com o objetivo de melhor explicar a relação da pedologia com a CE, estes dados podem ser vistos nas tabelas 22, 23, 24, 25, 26, 27 e no gráfico 3.

**Tabela 22:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância (s<sup>2</sup>), para a variável CE, no solo LVd1.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	10,5	1713	26,165	14,400	68,400	7,000	17,248	65,918	297,484
0,9	10,5	1713	5,875	5,800	9,800	3,600	0,886	15,085	0,786
razão	10,5	1713	0,433	0,517	0,755	0,072	0,185	42,616	0,034

**Tabela 23:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância (s<sup>2</sup>), para a variável CE, no solo LVd2.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	9,7	1475	40,559	42,500	75,200	8,100	14,174	34,947	200,905
0,9	9,7	1475	5,732	5,600	9,700	3,000	0,879	15,340	0,773
razão	9,7	1475	0,183	0,132	0,899	0,074	0,147	80,270	0,022

**Tabela 24:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância ( $s^2$ ), para a variável CE, no solo LVd3.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	0,1	7	17,988	14,250	36,400	8,200	10,102	56,162	102,053
0,9	0,1	7	7,313	7,100	9,400	5,700	1,478	20,210	2,184
Razão	0,1	7	0,530	0,424	1,000	0,181	0,308	58,100	0,095

**Tabela 25:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância ( $s^2$ ), para a variável CE, no solo CXbd1.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	4,6	696	37,164	39,100	69,700	7,100	14,519	39,067	210,797
0,9	4,6	696	5,575	5,600	9,800	2,200	1,102	19,773	1,215
Razão	4,6	696	0,196	0,138	0,690	0,080	0,147	74,998	0,022

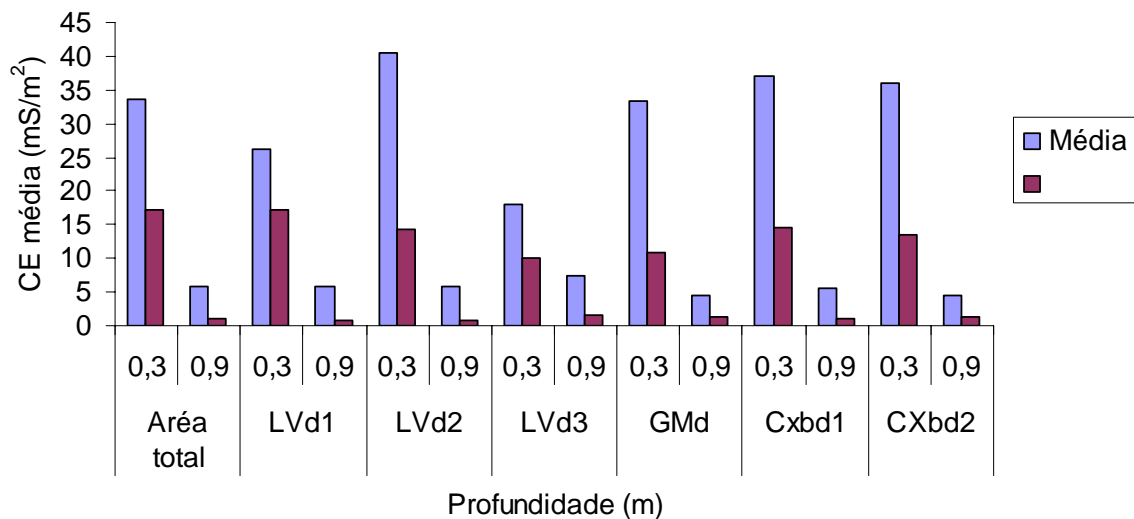
**Tabela 26:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância ( $s^2$ ), para a variável CE, no solo CXbd2.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	0,1	22	36,126	33,400	65,400	15,000	13,589	37,617	184,673
0,9	0,1	22	4,461	4,100	7,100	2,500	1,435	32,159	2,058
Razão	0,1	22	0,128	0,123	0,207	0,088	0,027	20,868	0,001

**Tabela 27:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância ( $s^2$ ), para a variável CE, no solo GMd.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	0,2	29	33,390	32,900	59,500	15,100	10,899	32,640	118,779
0,9	0,2	29	4,577	4,800	6,100	2,200	1,196	26,130	1,430
Razão	0,2	29	0,142	0,140	0,226	0,099	0,031	21,458	0,001

## F.ABC - LMIRANDA



**Gráfico 3:** Média e desvio padrão em relação à CE média.

### Área da Fundação ABC - HBARHEMA

Na área em estudo encontram-se os seguintes tipos de solos: Latossolo vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado, hipodistrófico, álico, mesoférrico, pH ácido, relevo suave ondulado e plano (LVd1); latossolo vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado, hipodistrófico, álico, mesoférrico, pH ácido, relevo suave ondulado e ondulado (LVd2); Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, pH ácido, hipoférrico, relevo suave ondulado e ondulado

(LVad); cambissolo háplico distrófico típico, Tb, textura argilosa, epieutrófico, fase campo subtropical, relevo ondulado 1 (CXbd1); organossolo háplico sáprico (OXs). A participação destes em área total pode ser visto na tabela 28.

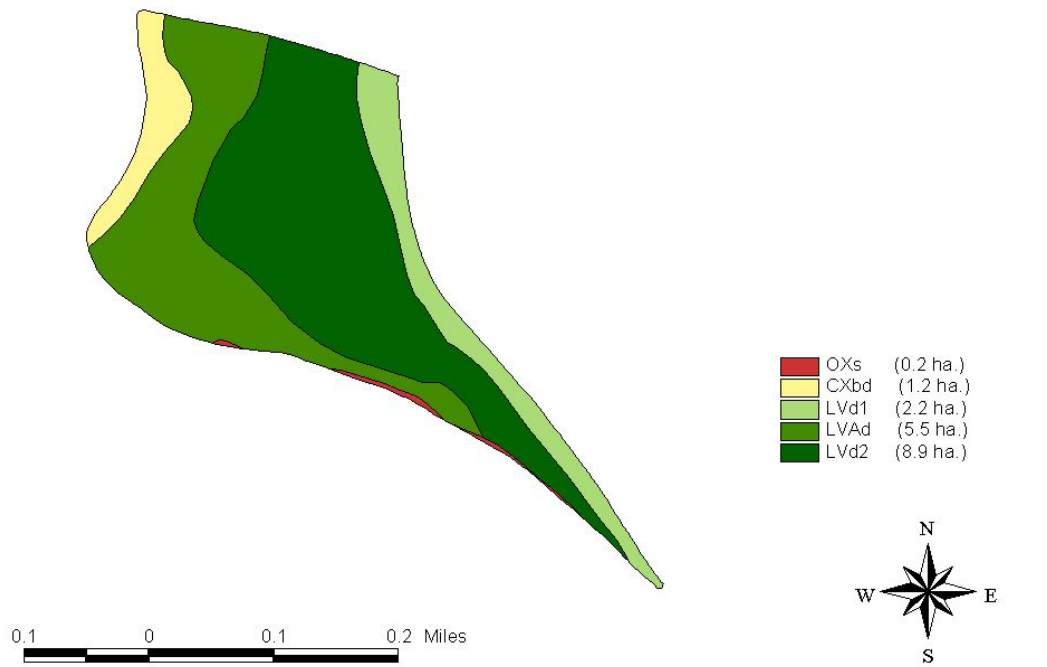
**Tabela 28:** Participação, em %, de cada tipo de solo em área total.

Tipo de solo	Participação	
	Valor (ha)	(%)
LVd1	2,2	15,77
LVd2	8,9	49,72
LVad	5,5	30,73
CXbd	1,2	6,70
OXs	0,2	1,12
Total	17,9	100

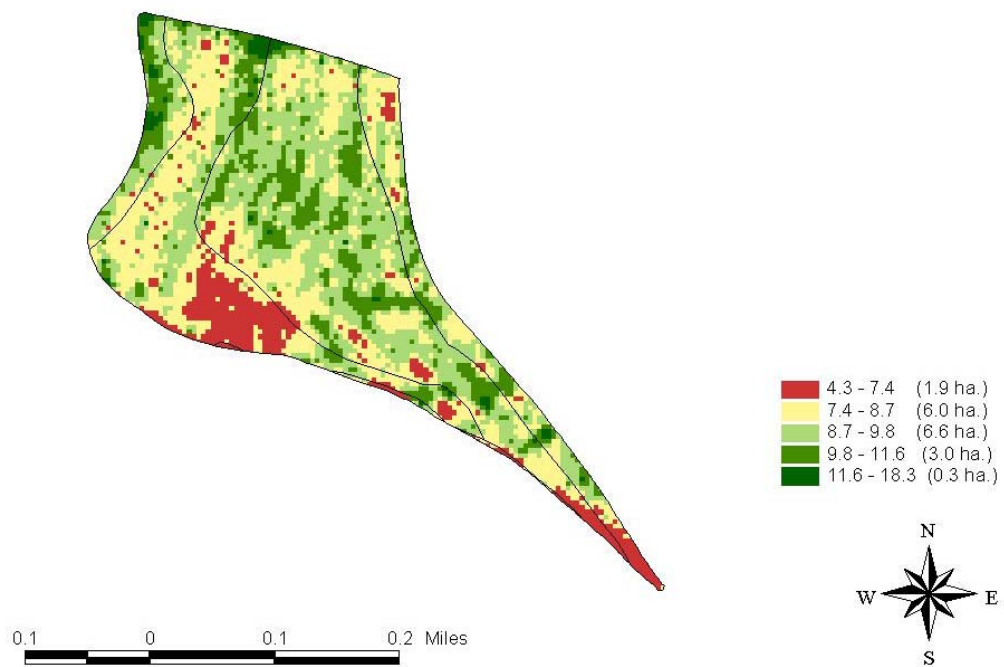
Nas figuras 13, 14, 15, 16 e 17 tem-se os mapas elaborados a partir dos dados de 2003, que mostram respectivamente: pedologia do



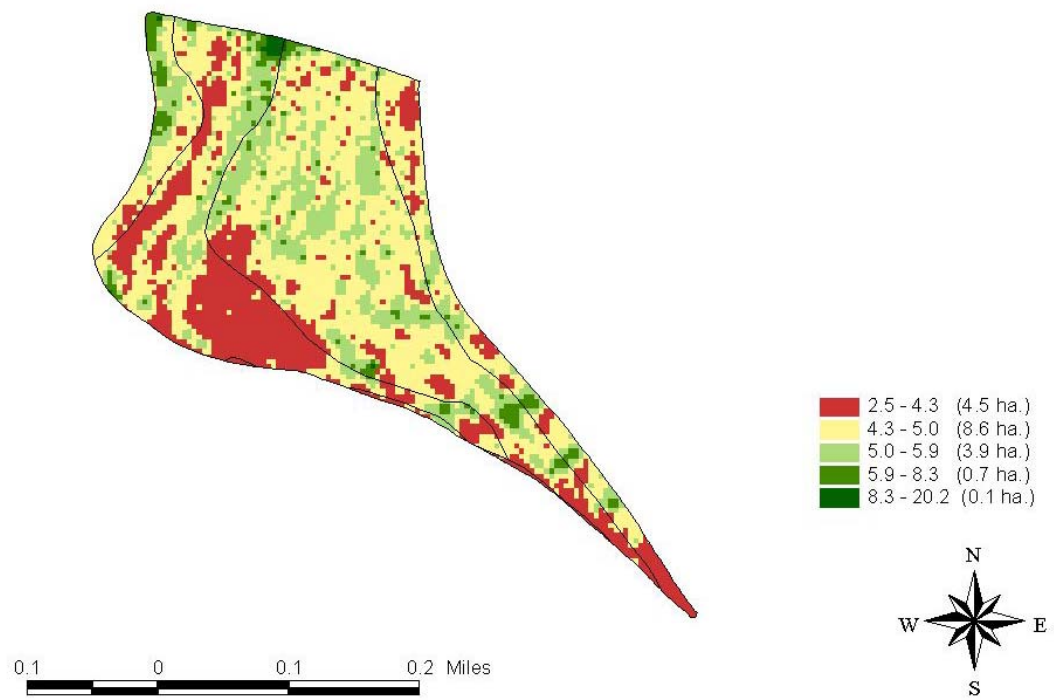
solo (classificação), condutividade elétrica a 0,3 m (mmho/cm), condutividade elétrica a 0,9 m (mmho/cm) e a razão entre a condutividade a 0,3m(mmho/cm) e a condutividade a 0,9 m (mmho/cm).



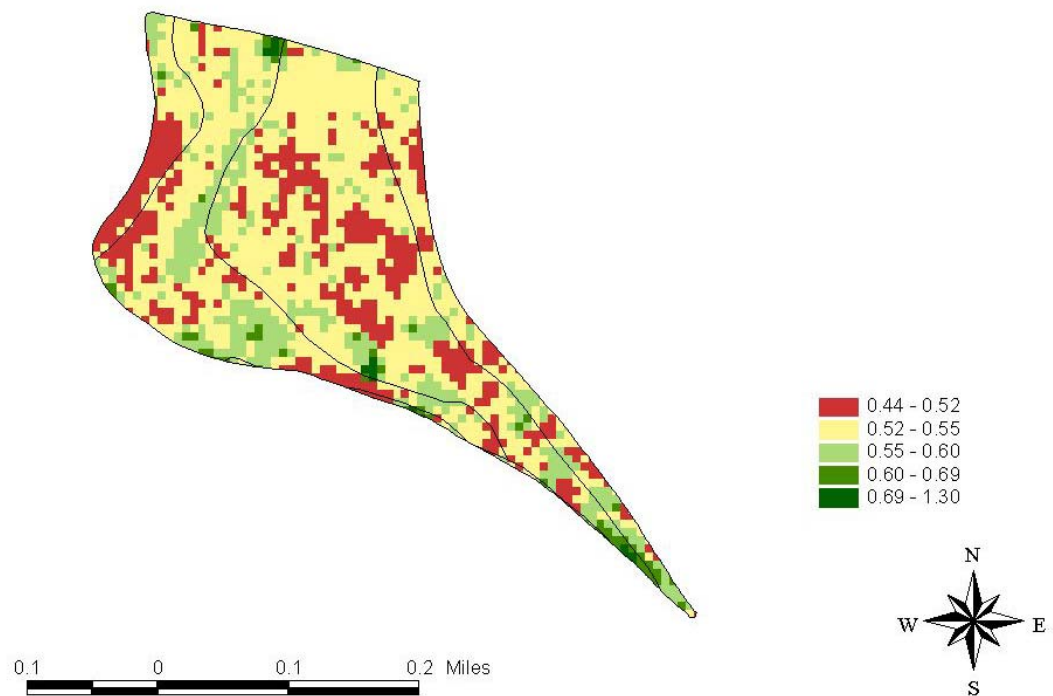
**Figura 13** – Mapa pedológico



**Figura 14** – Mapa de condutividade elétrica a 0,3m



**Figura 15** – Mapa de condutividade elétrica a 0,3m



**Figura 16** – Mapa de condutividade elétrica da razão entre 0,3m e 0,9m

Com os mapas de pedologia e de condutividade elétrica (CE) gerados foi possível analisar quais intervalos de CE estão mais presentes em cada tipo de solo, como ilustram as tabelas 29, 30, 31, 32 e 33.

**Tabela 29:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LVd1.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
4.3 - 7.4	15,05	2.5 - 4.3	23,40
7.4 - 8.7	39,45	4.3 - 5.0	62,84
8.7 - 9.8	50,50	5.0 - 5.9	35,88
9.8 - 11.6	21,85	5.9 - 8.3	6,15
11.6 - 18.3	1,42	8.3 - 20.2	0,00

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0.44 - 0.52	33,45
0.52 - 0.55	74,87
0.55 - 0.60	32,78
0.60 - 0.69	5,75
0.69-1.30	0,01

**Tabela 30:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LVd2.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
4.3 - 7.4	4,72	2.5 - 4.3	10,26
7.4 - 8.7	28,89	4.3 - 5.0	53,27
8.7 - 9.8	48,38	5.0 - 5.9	39,35
9.8 - 11.6	24,22	5.9 - 8.3	4,45
11.6 - 18.3	1,36	8.3 - 20.2	0,25

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0.44 - 0.52	25,91
0.52 - 0.55	64,93
0.55 - 0.60	18,15
0.60 - 0.69	3,06
0.69-1.30	1,03

**Tabela 31:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo LVAd.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
4.3 - 7.4	21,39	2.5 - 4.3	41,03
7.4 - 8.7	46,17	4.3 - 5.0	43,41
8.7 - 9.8	30,83	5.0 - 5.9	23,49
9.8 - 11.6	12,16	5.9 - 8.3	4,08
11.6 - 18.3	2,87	8.3 - 20.2	1,42

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0.44 - 0.52	23,07
0.52 - 0.55	63,26
0.55 - 0.60	30,55
0.60 - 0.69	4,34
0.69-1.30	0,85

**Tabela 32:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo CXbd.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
4.3 - 7.4	1,48	2.5 - 4.3	6,21
7.4 - 8.7	20,71	4.3 - 5.0	59,48
8.7 - 9.8	47,82	5.0 - 5.9	36,75
9.8 - 11.6	37,68	5.9 - 8.3	17,31
11.6 - 18.3	12,37	8.3 - 20.2	0,31

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0.44 - 0.52	60,28
0.52 - 0.55	56,05
0.55 - 0.60	17,78
0.60 - 0.69	0,83
0.69-1.30	0,00

**Tabela 33:** Participação, em %, do intervalo da CE no solo OXs.

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,3 m	Intervalos de CE (mmho/cm)	% da CE a 0,9 m
4.3 - 7.4	73,20	2.5 - 4.3	94,10
7.4 - 8.7	41,40	4.3 - 5.0	32,80
8.7 - 9.8	19,80	5.0 - 5.9	27,50
9.8 - 11.6	16,80	5.9 - 8.3	0,00
11.6 - 18.3	3,20	8.3 - 20.2	0,00

Intervalos de CE (mmho/cm)	% da razão entre as CE
0.44 - 0.52	51,90
0.52 - 0.55	28,30
0.55 - 0.60	41,50
0.60 - 0.69	24,90
0.69-1.30	7,80

Uma análise estatística descritiva foi realizada com o objetivo de melhor explicar a relação da pedologia com a CE, estes dados podem ser vistos nas tabelas 34, 35, 36, 37, 38, e no gráfico 4.

**Tabela 34:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância ( $s^2$ ), para a variável CE, no solo LVd1.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	2,2	1533	8,408	8,200	20,200	4,300	1,799	21,391	3,235
0,9	2,2	1533	4,574	4,300	15,200	2,800	1,195	26,114	1,427
razão	2,2	1533	0,543	0,537	0,768	0,426	0,052	9,611	0,003

**Tabela 35:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância ( $s^2$ ), para a variável CE, no solo LVd2.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	8,9	583	8,823	9,000	14,300	4,100	1,603	18,174	2,571
0,9	8,9	583	4,695	4,900	7,400	2,900	0,779	16,594	0,607
razão	8,9	583	0,535	0,500	0,707	0,412	0,038	7,166	0,001

**Tabela 36:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância ( $s^2$ ), para a variável CE, no solo LVAd.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	5,5	2302	9,148	9,100	17,300	4,800	1,487	16,255	2,211
0,9	5,5	2302	4,882	4,800	22,500	3,000	0,861	17,631	0,741
razão	5,5	2302	0,539	0,532	0,880	0,436	0,049	9,176	0,002

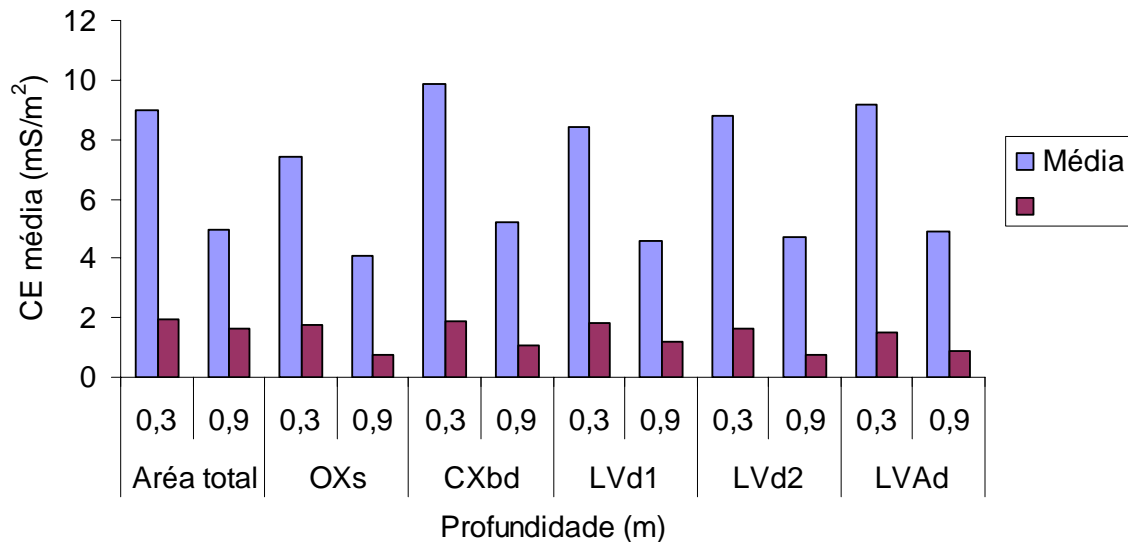
**Tabela 37:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância ( $s^2$ ), para a variável CE, no solo CXbd.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	1,2	310	9,838	9,600	16,600	4,900	1,903	19,342	3,620
0,9	1,2	310	5,189	5,000	9,800	2,800	1,064	20,509	1,133
razão	1,2	310	0,530	0,526	0,692	0,355	0,049	9,257	0,002

**Tabela 38:** Valores de média, mediana (Md), coeficiente de variação (CV), valor máximo (Mx), valor mínimo (Mn), desvio-padrão (s), variância (s<sup>2</sup>), para a variável CE, no solo OXs.

Profundidade (m)	Área	n	Média	Md	Mx	Mn	$\sigma$	Cv	$\sigma^2$
0,3	0,2	165	7,393	7,100	15,500	4,000	1,780	24,082	3,170
0,9	0,2	165	4,108	4,000	6,300	2,500	0,725	17,641	0,525
razão	0,2	165	0,569	0,561	0,860	0,368	0,090	15,834	0,008

### F.ABC - HBARKEMA



**Gráfico 4:** Média e desvio padrão em relação à CE média.

## CONCLUSÃO

A correlação entre a condutividade elétrica no solo com a pedologia, mostrou-se possível pois varias características que implicam numa mudança de classificação pedológica também implica numa mudança na condutividade elétrica, e sendo assim, esse estudo seria mais eficiente com a inserção de mais fatores (umidade, textura,

fertilidade, etc) estudados simultaneamente, para que possamos fazer a correlação com base na exclusão de alguns fatores.

Em vista dos dados, foi verificado que a média da condutividade elétrica em toda as áreas foi maior na profundidade 0,30m que na profundidade 0,90m, provavelmente por ser a camada que primeiro sofre as alterações do clima, sendo assim a camada para melhor correlacionar a condutividade elétrica com a pedologia é a de profundidade 0,90m, sendo que nessa profundidade é que foi verificada um menor desvio padrão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOHN, H. L. BEM-ASHER, J.; TABBARA, H. S.; MARWAN, M. **Theories and tests of electrical conductivity in soils**. Soil Science Society of American Journal, Madison, v. 46, p. 1143-1146. 1982.

BREVIK, E.C; FENTON, T.E. **Soil sensing techniques as soil survey tools in lacustrine-derived soils, central Iowa**. In: International Conference on Precision Agriculture, 5., 2000, Bloomington. Proceedings eletrônicos do 5<sup>th</sup> International Conference on Precision Agriculture, Bloomington: ASA-CSSA-SSSA, 2000. 1CD.

CAMINHA JUNIOR, I.C., SERAFHIM, O.J., GABRIEL, L.R.A. **Caracterização de uma área agrícola irrigada com efluente agro-industrial, através de análises químicas e de resistividade do solo**. Energia na Agricultura, Botucatu, v.13, n.4, p.40-54. 2000.

CLARK, R.L., CHEIN, F., KISSEL, D.E., ADKINS, W. **Mapping soil hardpans with the penetrometer and electrical conductivity**. Proc. of the 5<sup>th</sup> International conference on Precision Agriculture Minneapolis, Ed. P.C. Robert. CD-Rom. 2000.

COOK, P. G.; WALKER, G. R.; BUSELLI, G.; POTTS, I.; DODDS, A. R. **The application of electromagnetic techniques to groundwater recharge investigations**. Journal of Hydrology, v. 30, p. 201-229.

HARSTOCK, N. J.; MUELLER, T. G.; THOMAS, G. W.; BARNHISEL, R. I.; WELLS, K. L. **Soil electrical conductivity variability**. In: International Conference on Precision Agriculture, 5., 2000, Bloomington. Proceedings eletrônicos do 5<sup>th</sup> International Conference on Precision Agriculture, Bloomington: ASA-CSSA-SSSA, 2000. 1CD.

JAYNES, D.B. **Improved soil mapping using eletromagnetic induction surverys.** Proc. of the 3<sup>th</sup> International conference on Presicion Agriculture Minneapolis, Ed. P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson. p. 169-179. 1996.

KACHANOSKI, R.G., GREGORICH, E.G., VAN WESENBECK, I.J. **Estimating spatial variations of soil water content using noncontacting eletromagnetic induction methods.** Can. J. Soil Sci, Toronto. 68:715-722. 1998.

LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 2ed. Campinas: SBCS/SNLCS, 1984. 45p.

LI, C. B. Electric conductance. In: Yu, T. R. **Chemistry of variable charge soils.** New York, Oxford University Press. 1997. P. 272-308.

McBRIDE, R.A., GORDON, A.M., SHRIVE, S.C. **Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity.** Soil Sci. Soc Amer. J. 54:290-293. 1990.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão – o gerenciamento da variabilidade.** Piracicaba, o autor. 2001. 83 p.

NADLER, A; FRENKEL, H. **Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurments by the four electrode method.** Soil Science Society of American Journal, Madison, v.44, n.5, p. 1216-1221. 1980.

PRADO, H. **Solos tropicais – potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso.** Piracicaba, 1995. 166p.

QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calagem em solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 15., Campinas, 1983. **Anais.** Campinas: SBCS, 1983. p.33-46.

RHOADES, J. D. **Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity.** Advances in Agronomy, v. 49, p. 232-242. 1993.

RHOADES, J. D. **Inexpensive four-electrode probe for monitoring soil salinity.** Soil Science Society of American Journal, Madison, v. 43, p. 817-818. 1979.

RHOADES, J. D; CORWIN, D. L. **Measurment of inverted electrical conductivity profiles using electromagnetic induction.** Soil Science Society of American Journal, Madison, v.44, p.288-291. 1984.



RHOADES, J.D; CORWIN, D. L. **Soil electrical conductivity: effects of soil properties and application to soil salinity appraisal.** Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 21: 837-860. 1990.

VERIS TECHNOLOGIES. **Frequently asked questions about soil electrical conductivity** Net, Maio. 2001. 2 p. 2001. Disponível no site <http://www.veristech.com>. Acesso em: 18 de set. de 2002.

WILLIAMS, B.G., HOEY, D. **The use of eletromagnetic induction to detect the spatial variability of the salt and clay content of soils.** Aust. J. Soil Res. 25:21-27. 1987.