



COINTER PDVAgro 2020

V CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição 100% virtual | 02 a 05 de dezembro

ISSN:2526-7701 | PREFIXO DOI:10.31692/2526-7701

MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO UTILIZANDO DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO NA REGIÃO DO VALE DO IVINHEMA - MS

MAPEO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA APARENTE DEL SUELO MEDIANTE UN DISPOSITIVO DE LOW COST EN LA REGIÓN DE VALE DO IVINHEMA - MS

MAPPING OF THE APPARENT SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY USING A LOW COST DEVICE IN THE REGION OF VALE DO IVINHEMA - MS

Apresentação: Comunicação Oral

Matheus Katriel dos Santos Araujo¹; Grazieli Suszek²; Wesley Tessaro Andrade³

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VCOINTERPDVAgro.0302>

RESUMO

A condutividade elétrica aparente (CEa) tem sido proposta como uma maneira alternativa de se avaliar a variabilidade espacial do solo, a partir dela podem ser definidas as unidades de gerenciamento em uma área agrícola. Além disso é um método prático, de fácil medição e podendo ser feita através de aparelhos simples e com alta eficiência operacional. O objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de um sistema de baixo custo para mensuração da condutividade elétrica aparente do solo e, a partir desse valores realizar, o mapeamento do atributo e correlaciona-lo com a umidade e a fertilidade do solo através de técnicas de agricultura de precisão. Esse trabalho foi desenvolvido em área experimental pertencente ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - campus de Nova Andradina/MS. Na área experimental foram implantadas 72 mudas de maracujazeiro amarelo da variedade BRS Rubi do Cerrado, no espaçamento de 3x5 m e também elaborada uma malha amostral de 3x15 m com 24 pontos amostrais. Em cada ponto amostral foi realizada a amostragem química do solo, mensuração da CEa e coleta de solo para determinação da umidade pelo método gravimétrico. Os dados obtidos das análises foram submetidos à análise estatística descritiva, e para elaboração dos mapas utilizou-se o Software ArcGIS usando interpolação por Inverso do quadrado da distância (IQD). O dispositivo desenvolvido mostrou-se eficiente para mensuração da condutividade elétrica aparente do solo. Foi possível identificar variabilidade espacial na área experimental através da mensuração da condutividade elétrica aparente do solo e encontrar correlações significativas entre condutividade elétrica aparente com a umidade do solo e os atributos Ca, Mg, SB, V%, Zn, Cu e Mn ligados a fertilidade do solo.

Palavras-Chave: Variabilidade espacial, Fertilidade do solo, Fruticultura de precisão.

RESUMEN

¹ Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do sul, matheus.araujo@novaandradina.org

² Professora Doutora em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do sul, grazieli.suszek@ifms.edu.br

³ Professor Mestre em Ciência da Computação, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do sul, wesley.andrade@ifms.edu.br

MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

Se ha propuesto la conductividad eléctrica aparente (CEa) como una forma alternativa de evaluar la variabilidad espacial del suelo, a partir de la cual se pueden definir unidades de manejo en un área agrícola. Además, es un método práctico, fácil de medir y que se puede realizar utilizando dispositivos sencillos y de alta eficiencia operativa. El objetivo de este estudio fue desarrollar un sistema de bajo costo para medir la conductividad eléctrica aparente del suelo y, con base en estos valores, mapear el atributo y correlacionarlo con la humedad y fertilidad del suelo mediante técnicas agrícolas. precisión. Este trabajo se desarrolló en un área experimental perteneciente al Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - campus de Nova Andradina / MS. En el área experimental se implantaron 72 plántulas de maracujá amarilla de la variedad BRS Rubi do Cerrado, en un espaciamiento de 3x5 m, y también se creó una cuadrícula muestral de 3x15 m con 24 puntos de muestra. En cada punto de muestreo, se realizaron muestreos químicos del suelo, medición de CEa y recolección de suelo para determinar la humedad por el método gravimétrico. Los datos obtenidos de los análisis se sometieron a análisis estadístico descriptivo y se utilizó el software ArcGIS para preparar los mapas mediante Interpolación por Cuadrado Inverso de Distancia (IQD). El dispositivo desarrollado demostró ser eficaz para medir la conductividad eléctrica aparente del suelo. Fue posible identificar la variabilidad espacial en el área experimental midiendo la conductividad eléctrica aparente del suelo y encontrando correlaciones significativas entre la conductividad eléctrica aparente y la humedad del suelo y los atributos Ca, Mg, SB, V%, Zn, Cu y Mn vinculados a la fertilidad. del suelo.

Palabras Clave: Variabilidad espacial, Fertilidad del suelo, Fruticultura de precisión.

ABSTRACT

Apparent electrical conductivity (CEa) has been proposed as an alternative way to assess the spatial variability of the soil, from which management units in an agricultural area can be defined. In addition, it is a practical method, easy to measure and can be performed using simple devices with high operational efficiency. The objective of this study was to develop a low-cost system for measuring the apparent electrical conductivity of the soil and, based on these values, to map the attribute and correlate it with soil moisture and fertility through agricultural techniques. precision. This work was developed in an experimental area belonging to the Federal Institute of Mato Grosso do Sul - campus of Nova Andradina / MS. In the experimental area, 72 yellow passion fruit seedlings of the BRS Rubi do Cerrado variety were implanted, in a 3x5 m spacing, and a 3x15 m sample grid with 24 sample points was also created. At each sampling point, chemical soil sampling, CEa measurement and soil collection were performed to determine moisture by the gravimetric method. The data obtained from the analyzes were subjected to descriptive statistical analysis, and the ArcGIS Software was used to prepare the maps using Interpolation by Inverse Square of Distance (IQD). The developed device proved to be efficient for measuring the apparent electrical conductivity of the soil. It was possible to identify spatial variability in the experimental area by measuring the apparent electrical conductivity of the soil and finding significant correlations between apparent electrical conductivity and soil moisture and the attributes Ca, Mg, SB, V%, Zn, Cu and Mn linked to fertility from soil.

Keywords: Spatial variability, Soil fertility, Precision fruit growing.

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como o maior produtor e exportador mundial de frutos de maracujá, com produção de 600 mil toneladas em uma área de 43 mil hectares, podendo ser cultivado em todo o território nacional, devido às excelentes condições ecológicas para seu cultivo (IBGE, 2018).

Durante a produção da cultura vários fatores interferem no seu desenvolvimento, gerando redução de produtividade e elevando os custos de produção. Conforme lembra Tenório (2016) a produtividade do maracujá varia em função do nível da tecnologia empregada pelo produtor, tais como adubação e os tratos culturais e fitossanitários.

De acordo com Molin et al. (2015) as áreas utilizadas nas atividades agrícolas não são obrigatoriamente uniformes, assim onde dentro de uma mesma gleba existirão diferenças no solo e no relevo que podem significar a demanda por tratamentos diferenciados. Conforme destaca Silva e Chaves (2001) exceto o pH do solo, os atributos químicos apresentam maior variação que os atributos físicos.

Nesse contexto, para Bernardi et al. (2014) o conhecimento da variabilidade da produção é útil para qualquer cultura, sejam aquelas cultivadas em pequenas áreas ou em grandes extensões de terra. Desta forma é indispensável utilizar técnicas e métodos que indiquem ao produtor onde ocorre a variabilidade em sua propriedade agrícola, para que desta maneira possa se ter uma melhor lucratividade.

Do ponto de vista de Molin e Castro (2006) a condutividade elétrica aparente do solo (CEa) tem sido proposta como uma maneira alternativa de se avaliar a variabilidade espacial deste, e a partir dela, por exemplo, definir-se as unidades de gerenciamento em uma área agrícola. Além disso a CEa possui correlação com os atributos físico-químicos do solo, como foi observado por Sanches et al. (2015) em sua pesquisa, onde relatou que a condutividade elétrica aparente apresenta correlação com textura, argila, Capacidade de troca de cátions (CTC), fósforo (P), Matéria orgânica, Hidrogênio (H) + Alumínio (Al), cobre (Cu) e cálcio (Ca). Castro (2004) também descreve a correlação da condutividade elétrica aparente do solo com potássio (K), magnésio (Mg), potencial Hidrogeniônico (pH), saturação por bases (V%), teor de água e areia.

Rabello et al. (2011) afirma que a mensuração da variabilidade através da condutividade elétrica aparente é um método prático, se apresentando de fácil medição e podendo ser feita através de aparelhos simples e com alta eficiência operacional.

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema de baixo custo para mensuração da condutividade elétrica aparente do solo e, a partir desses valores realizar, o mapeamento do atributo através de técnicas de agricultura de precisão e correlaciona-la com a umidade e a fertilidade do solo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O maracujazeiro é uma denominação geral dada ao fruto e à planta de várias espécies do gênero *Passiflora*. A maioria das espécies de maracujá (*Passiflora ssp.*) tem origem na América Tropical, especialmente no Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Bolívia e Paraguai. O cenário mercadológico internacional vem sinalizando que cada vez mais serão valorizados o aspecto qualitativo e o respeito ao meio ambiente no sistema de produção (JUNGHANS e

JESUS, 2017).

O grande desafio da agricultura sustentável é de manter a produtividade agrícola em consonância com o crescimento populacional, para isto a agricultura de precisão é uma importante ferramenta a ser utilizada (BERNARDI et al, 2014).

A agricultura de precisão é um conjunto de práticas agrícolas com o objetivo de maximizar a eficiência das áreas agrícolas velando em consideração a variabilidade espacial e temporal. É possível agir com base na variabilidade da área a partir do momento que ela pode ser quantificada, buscando o aumento da eficiência produtiva, da preparação do solo até a colheita (BERNARDI et al., 2015; MIRANDA et al., 2017).

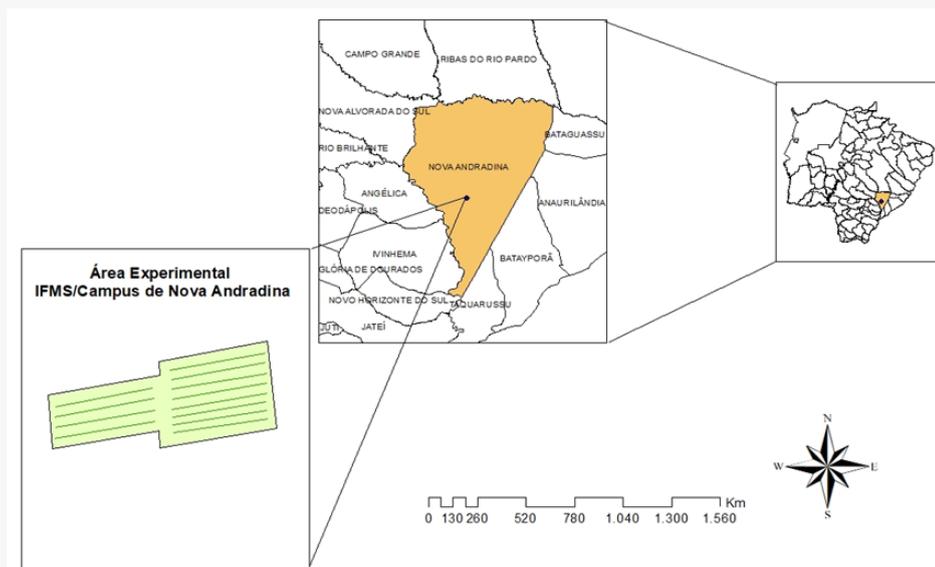
No entanto para gerenciar a variabilidade dentro de uma lavoura, devem ser especificadas regiões, georreferenciadas, que exibem comportamento semelhante em se tratando de uma característica específica (BERNARDI et al., 2014).

Visando isto a medição da condutividade elétrica aparente do solo (ECa) é uma tecnologia que se tornou a uma ferramenta valiosa para identificar as características físico-químicas do solo que influenciam os padrões de rendimento das culturas e para estabelecer a variação espacial dessas propriedades do solo (BULLOCK e BULLOCK, 2000).

METODOLOGIA

A área experimental pertencente ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul- Fazenda Santa Bárbara, está localizada no município de Nova Andradina Estado do Mato Grosso do Sul, situada a 20°04'47,98" S e a 53°57'16,46" W (Figura 01), o clima da região é classificado, segundo Köppen, como tropical subtropical úmido e mesotérmico, com índices pluviométricos superiores a 1100 mm anuais, possuindo altitude média de 357 m, o solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho de textura arenosa conforme Santos et al. (2018), solo da área é composto por 87,44% de areia 1,26% de silte e 11,3% de argila.

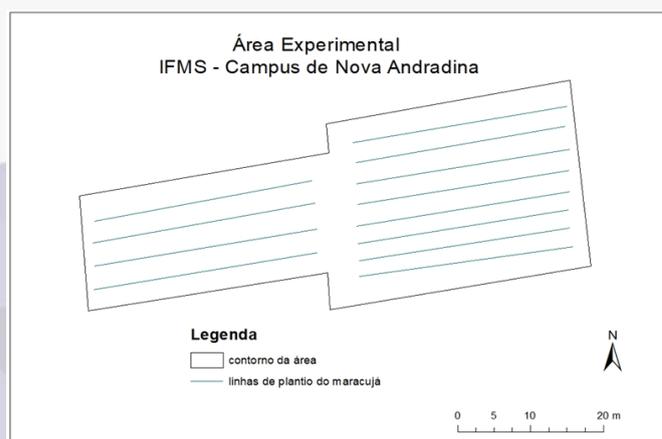
Figura 01. Localização do experimento em Nova Andradina/MS.



Fonte: Própria (2020).

Na área experimental foram implantadas 72 mudas de maracujazeiro amarelo da variedade BRS Rubi do Cerrado, no espaçamento de 3x5 m. O experimento foi constituído de um delineamento em blocos casualizados, quatro manejos de irrigação e três repetições, totalizando 12 parcelas experimentais. Onde cada parcela foi composta por seis plantas, irrigadas sob sistema de gotejamento. De acordo com a Figura 02, é possível observar o contorno da área experimental e a distribuição das linhas de plantas.

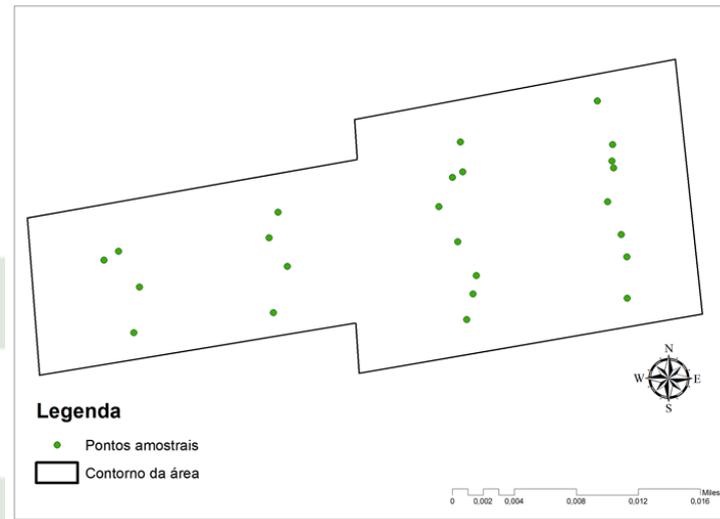
Figura 02. Área experimental.



Fonte: Própria (2020).

De acordo com a distribuição das plantas, foi elaborado um Grid regular com dimensão de malha amostral de 3x15 m, onde foram escolhidas 24 pontos amostrais, conforme demonstra na Figura 03. Os pontos amostrais foram identificados através de placas numéricas, e georreferenciados utilizando-se GPS 76CSx da Garmin.

Figura 03. Distribuição dos pontos amostrais.



Fonte: Própria (2020).

A coleta de amostra de solo foi realizada em cada ponto amostral, constituída de uma amostra composta por 8 sub-amostras, conforme Figura 04, na profundidade de 0-20cm. As amostras foram coletadas com a utilização de um trado manual do tipo rosca (Figura 4), conforme descrito por Borges e Accioly (2007). Posteriormente as amostras foram identificadas e encaminhadas para laboratório para realização da análise química do solo.

Figura 04. Coleta das amostras de solo utilizando trado de rosca.



Fonte: Própria (2020).

O sistema de baixo custo desenvolvido para mensuração da condutividade elétrica é composto por uma placa microcontroladora arduino Mega 2560, uma tela de LCD que foi

utilizada para visualização dos dados. Para mensuração da condutividade elétrica aparente foi utilizado duas hastes de aço galvanizado de 8 mm de espessura e 30 cm de comprimento, interligadas com a placa microcontroladora por um cabo de eletricidade, responsável por fazer a transmissão de eletricidade da placa com os eletrodos (hastes), no qual a placa microcontroladora emite uma tensão de 5 Volts e utiliza sinal analógico para recepção da corrente elétrica. Além disso, dispositivo emite uma corrente variando de 0 a 2024 $\mu\text{S}/\text{cm}$, onde posteriormente os valores obtidos no levantamento foram convertidos para mS/m .

A mensuração da condutividade elétrica aparente (CEa) foi realizada nos 24 pontos amostrais definidos para o estudo e na profundidade de 0 a 20 cm, Figura 05. Para determinação do melhor distanciamento entre os eletrodos, levando em consideração que o solo da área é arenoso, foi realizado um levantamento em 24 pontos distintos, em que a medida de CEa foi medida em 9 distâncias diferentes (2,6,10,14,20,25,30,40,60 cm).

Figura 05. Mensuração da condutividade elétrica aparente do solo.



Fonte: Própria (2020).

Durante o levantamento da CEa, também foram coletadas amostras de solo para determinação da umidade através do método gravimétrico (Santos et al., 2018), assim as amostras foram coletadas utilizando trado de rosca, posteriormente todas as amostras foram colocadas em recipientes de alumínio, e levadas ao laboratório de solos e nutrição de plantas do IFMS, campus Nova Andradina-MS, para pesagem e secagem em estufa a 105°C por 24 horas.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando o software Minitab 18® para obtenção das medidas de posição (média e mediana), medida de dispersão

MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

(desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação), avaliado conforme descrito por Gomes (2000). Além disso, também realizadas análises de correlação linear de Pearson e teste de normalidade de Anderson Darling e Kolmogorov Smirnov (5% de significância).

Para interpolação dos dados optou-se pelo interpolador Inverso do quadrado da distância (IQD), os mapas foram construídos utilizando o software ArcGIS, o IQD é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas, ou seja, quanto mais distante um ponto observado estiver do estimado, menor será sua influência sobre o valor de inferência. Este método é considerado de acurácia satisfatória quando comparado a krigagem, além de exigir uma análise mais simples, o que pode tornar o processo menos oneroso e, podendo, em alguns casos, apresentar resultados semelhantes à krigagem (SOUZA et al., 2010). A similaridade dos mapas temáticos construídos a partir dos dados coletados foi avaliada analisando visualmente os mapas construídos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Tabela 01, são apresentados os resultados obtidos da mensuração da condutividade elétrica aparente do solo em diferentes distâncias de eletrodos.

Tabela 01: Informações da análise de distância entre eletrodos.

Distância (cm)	Média CEa (mS/m)	Correlação de Pearson (r)				
		U%	pH	H+Al	SB	V%
2	16,29	<u>0,34</u>	-0,01	0,17	0,28	0,05
6	14,50	<u>0,55</u>	-0,13	<u>0,31</u>	<u>0,35</u>	0,01
10	13,18	<u>0,54</u>	-0,03	-0,06	<u>0,34</u>	0,19
14	12,00	<u>0,55</u>	-0,06	0,02	<u>0,38</u>	0,20
20	13,31	<u>0,51</u>	0,04	0,09	<u>0,41</u>	0,18
25	12,44	<u>0,48</u>	0,12	0,14	<u>0,34</u>	0,11
30	11,81	<u>0,52</u>	0,10	<u>0,53</u>	0,18	-0,19
40	10,84	<u>0,48</u>	0,27	0,01	<u>0,38</u>	0,24
60	11,10	<u>0,54</u>	0,28	-0,14	<u>0,49</u>	<u>0,37</u>

* $0,30 \leq r < 0,60$ ou $-0,60 < r \leq -0,30$ (Correlação Moderada - Em itálico e sublinhado); $-0,30 < r < 0,30$ (Correlação Fraca - Fonte normal) (Dancey e Reidy, 2006). pH - potencial Hidrogeniônico; H + Al - Hidrogênio + Alumínio; SB - Soma de bases; V % - Saturação de Bases; U% - Umidade do Solo; CEa - Condutividade elétrica aparente.

Fonte: Própria (2020).

De acordo com o levantamento dos dados, foi observado que a distância de 60 cm apresentou melhor comportamento para os dados analisados e portanto foi o espaçamento entre eletrodos adotado no levantamento da CEa deste trabalho. Visto que de acordo com trabalhos realizados por Castro (2004), Sanches (2015) e Brandão et al.(2011), também citaram esse distanciamento como o melhor para esse tipo de levantamento, porém utilizando aparelhos comerciais para mensuração dos seus dados.

Na Tabela 02 são apresentados os valores de estatística descritiva para os atributos de análise química do solo, condutividade elétrica aparente e umidade do solo. Pode-se observar que de acordo com interpretação proposta por Souza e Lobato (2004) para os níveis de fertilidade do solo no bioma do cerrado, os valores médios dos atributos químicos, apresentaram-se baixos nos atributos P, Ca, M.O. e m%, adequadas para Mg e V %, médio para CTC pH7 e K, e alto em relação ao pH.

Tabela 02: Estatística descritiva da análise química do solo, condutividade elétrica aparente e umidade do solo.

Atributos	Min.	Máx.	Média	Med.	D.P.	C.V.	Curt.	Ass.	Norm
pH CaCl ₂	5,2	5,9	5,6	5,65	0,23	4,11	- 0,9	- 0,4	Sim
P (mg/dm ³)	3,70	42,9	12,88	8,3	11,18	86,78	1,36	1,57	Não
K (mg/dm ³)	11,70	58,5	30,06	27,3	9,93	33,01	1,95	0,98	Sim
Ca (cmolc/dm ³)	0,92	2,45	1,48	1,46	0,35	24,10	1,52	1,07	Sim
Mg (cmolc/dm ³)	0,33	0,87	0,58	0,61	0,13	23,01	- 0,42	- 0,01	Sim
Al (cmolc/dm ³)	0	0	-	-	-	-	-	-	-
H + Al (cmolc/dm ³)	1,27	3,7	1,63	1,51	0,49	30,48	13,48	3,38	Não
SB (cmolc/dm ³)	1,58	3,14	2,14	2,1	0,45	21,12	- 0,03	0,6	Sim
CTC (cmolc/dm ³)	3,16	5,65	3,78	3,61	0,54	14,49	4,87	1,95	Não
MO (g/dm ³)	4,63	11,37	7,66	7,35	1,7	22,28	- 0,52	0,35	Sim
V%	34,51	71,2	56,89	58,54	8,95	15,74	0,61	- 0,93	Sim
B (mg/dm ³)	0,1	0,26	0,14	0,13	0,04	28,19	1,39	1,25	Não
Cu (mg/dm ³)	0,5	0,7	0,53	0,5	0,05	10,13	4,14	2,13	Não
Fe (mg/dm ³)	70,3	123,7	99,6	100,55	15,06	15,17	- 0,57	- 0,27	Sim
Zn (mg/dm ³)	0,2	2,6	0,48	0,35	0,47	98,79	20,33	4,37	Não
Mn (mg/dm ³)	21,9	41,6	29,2	27,95	5,45	18,66	0,19	0,93	Sim

MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

CEa (mS/m)	3,46	33,93	11,1	8,94	7,68	69,14	2,25	1,5	Sim
U %	3,17	14,01	8,76	8,94	3,14	35,81	- 1,04	- 0,19	Sim

*pH - potencial Hidrogeniônico; P - Fósforo; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Al - Alumínio; H + Al - Hidrogênio + Alumínio; SB - Soma de bases; CTC - Capacidade de Troca de Cátions; MO - Matéria Orgânica; V % - Saturação de Bases; CEa - Condutividade Elétrica aparente do solo; U% - Umidade do Solo; B - Boro; Mn - Manganês; Fe - Ferro; Cu - Cobre; Zn - Zinco; Mín - Mínimo; Máx. - Máximo; Med. - Mediana; D.P. - Desvio padrão; C.V. - Coeficiente de variação; Curt. - Curtose; Ass. - Assimetria; Norm. - Normalidade, verificada através dos testes de Anderson Darling e Kolmogorov Smirnov (5% de significância).

Fonte: Própria (2020).

De acordo com Dalchiavon et al. (2012) a variabilidade de um atributo pode ser classificada conforme a magnitude de seu coeficiente de variação (CV) como baixo ($CV < 10\%$), médio ($10\% < CV < 20\%$), alto ($20\% < CV < 30\%$) e muito alto ($CV > 30\%$).

Com base nos resultados apresentados na Tabela 02, somente o pH, CTC, V%, Mn, Fe e Cu apresentaram CV Baixo e médio, já para os demais atributos avaliados o coeficiente de variação foram classificados alto a muito alto, mostrando que o conjunto de dados apresenta heterocedasticidade. De acordo com trabalho realizado por Zonta et al. (2014) e por Bottega et al. (2015), onde obtiveram comportamento semelhante sobre a fertilidade do solo. Segundo Carvalho, Takeda e Freddi (2003), isto ocorre porque a variabilidade espacial dos atributos do solo pode ser influenciada pelos seus fatores de formação, que são o material de origem, relevo, clima, organismos e tempo, e pelas práticas de manejo do solo (adubação, calagem, dentre outros).

A condutividade elétrica aparente do solo apresentou comportamento heterogêneo na área, resultado semelhante foi relatado por Machado et al.(2006) em área de plantio direto. Conforme afirma Brandão et al. (2011) essa variabilidade pode ser devido ao fato da camada superficial do solo ter sofrido modificações em suas propriedades físicas e químicas através do uso de corretivos e fertilizantes, além de mobilizações anuais com implementos de preparo de solo.

Já a umidade do solo também apresentou distribuição heterogênea ao longo da área experimental, porém o contrário foi relatado por Gonçalves, Folegatti e Silva (1999), em área irrigada com pivô central. Essa variabilidade pode ser resultado dos diferentes tratamentos de irrigação realizado na área analisada.

De acordo com a Tabela 03, pode-se observar a correlação de Pearson (r) entre a condutividade elétrica do solo com a umidade e fertilidade do solo. Conforme Filho e Júnior (2009) uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que a contagem de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber a contagem da outra, no outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis. Para interpretação das análises do

coeficiente de correlação utilizou-se a proposta estabelecida por Dancey e Reidy (2006).

Tabela 03: Coeficiente de correlação de Pearson entre os atributos avaliados e com a CEa.

Macronutrientes											
	CEa	U%	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%
U%	<u>0,54</u>										
pH	0,28	0,01									
P	0,26	<u>0,43</u>	<u>0,33</u>								
K	-0,02	-0,01	<u>0,45</u>	<u>0,34</u>							
Ca	<u>0,44</u>	<u>0,40</u>	<u>0,47</u>	<u>0,5</u>	<u>0,35</u>						
Mg	<u>0,47</u>	<u>0,32</u>	<u>0,51</u>	<u>0,54</u>	0,28	<u>0,53</u>					
H+Al	-0,14	0,13	-0,25	-0,18	-0,06	-0,29	<u>-0,35</u>				
SB	<u>0,49</u>	<u>0,41</u>	<u>0,55</u>	<u>0,57</u>	<u>0,42</u>	0,96	0,73	<u>-0,34</u>			
CTC	0,28	<u>0,46</u>	0,23	<u>0,31</u>	0,29	<u>0,53</u>	0,28	0,63	<u>0,52</u>		
V%	<u>0,37</u>	0,19	<u>0,49</u>	<u>0,44</u>	0,24	0,74	0,70	-0,81	0,81	-0,07	
MO	0,08	-0,01	0,04	0,13	<u>0,51</u>	0,13	0,10	<u>0,46</u>	0,16	0,55	-0,25

Micronutrientes						
	CEa	U%	B	Cu	Fe	Mn
B	-0,24	-0,01				
Cu	<u>0,48</u>	<u>0,48</u>	0,10			
Fe	-0,06	-0,15	<u>0,39</u>	0,08		
Mn	<u>0,42</u>	0,12	-0,08	<u>0,47</u>	0	
Zn	<u>0,54</u>	<u>0,37</u>	-0,18	0,71	-0,17	<u>0,35</u>

* $\geq 0,60$ ou $r \geq -0,60$ (Correlação Forte - Em negrito); $0,30 \leq r < 0,60$ ou $-0,60 < r \leq -0,30$ (Correlação Moderada - Em itálico e sublinhado); $-0,30 < r < 0,30$ (Correlação Fraca - Fonte normal) (Dancey e Reidy, 2006). pH - potencial Hidrogeniônico; P - Fósforo; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; H + Al - Hidrogênio + Alumínio; SB - Soma de bases; C.T.C. - Capacidade de Troca de Cátions; MO - Matéria Orgânica; V % - Saturação de Bases; CEa - Condutividade Elétrica aparente do solo; U% - Umidade do Solo.

Fonte: Própria (2020).

Conforme demonstra na Tabela 03, pode-se observar que houve correlação moderada ($0,30 \leq r < 0,60$ ou $-0,60 < r \leq -0,30$) entre a Condutividade elétrica aparente e os seguintes atributos da análise química dos solos Ca, Mg, SB, V%, Cu, Mn e Zn, já com os demais atributos ocorreu correlação fraca ($-0,30 < r < 0,30$). Onde ocorreu correlação positiva com Condutividade elétrica aparente e os atributos de V%, pH, P, Ca, Mg, SB, CTC, Cu, Mn e Zn.

MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

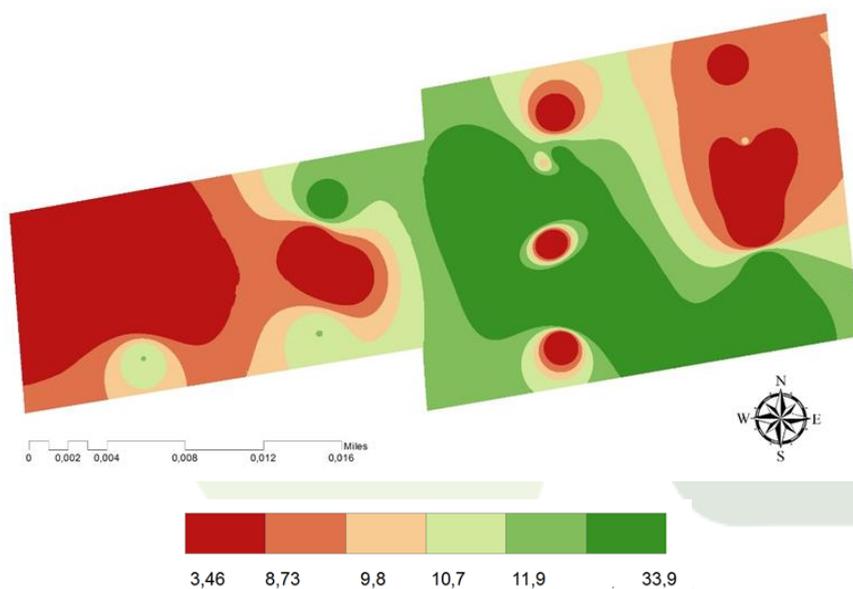
Resultado semelhante foi relatado por Sanches (2015), Bottega et al. (2015) e por Brandão et al. (2011). Conforme Rhoades (1981) essa correlação ocorre devido a condutividade elétrica estar relacionada com a maior concentração de íons na solução de solo, que aumenta com o crescimento dos teores dos nutrientes trocáveis.

Entre os atributos do solo a Saturação por Bases, conforme esperado (RAIJ et al., 1968), mostrou uma correlação positiva com o pH ($r = 0,49$) e negativa com o $H+Al$ ($r = -0,81$). Segundo Brandão et al. (2011) os teores de $H+Al$ variam em sentido inverso em que as bases trocáveis aumentam e o pH cresce, pois ocorre neutralização da acidez do solo.

Houve também correlação positiva entre a Condutividade elétrica aparente e a umidade do solo ($r = 0,54$), correlação semelhante foi encontrada em trabalho realizado por Molin e Rabello (2011), Gimenez (2013) e Franceschini (2007). De acordo com Pincelli (2004), solos com baixo teor de umidade obtém maior resistência elétrica, e com isso menor condutividade elétrica.

Nas Figuras a seguir são apresentados os mapas da condutividade elétrica do solo, umidade e fertilidade do solo. As escalas dos mapas foram padronizadas na divisão por quartis no ArcGIS, tendo por objetivo observar a variação dos mapas e com isso conseguir realizar a comparação visual entre os mapas.

Figura 06. Mapa temático da condutividade elétrica aparente do solo – CEa ($mS.m^{-1}$).



Fonte: Própria (2020).

De acordo com a Figura 06, nota-se que no mapa da condutividade elétrica aparente do solo é possível observar que houve variabilidade espacial na área, além disso é possível verificar

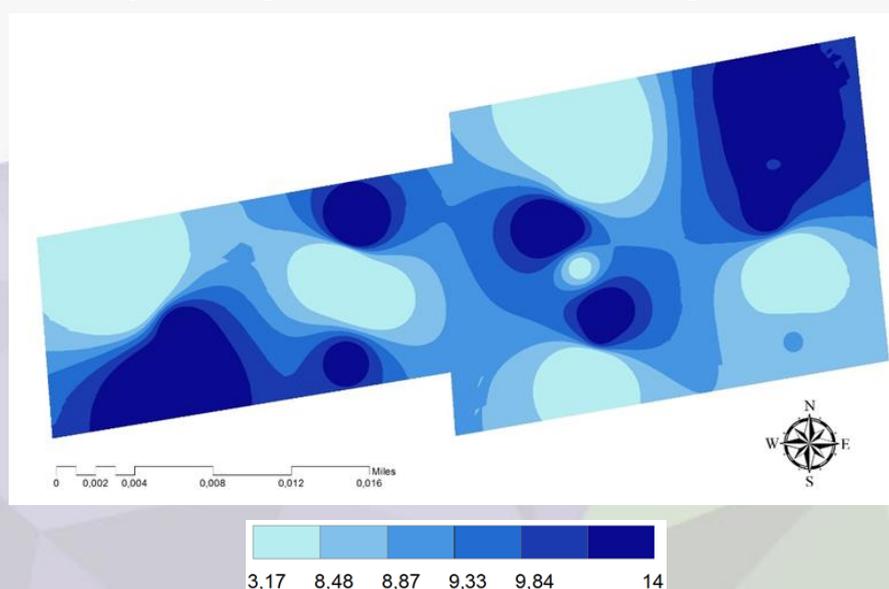
que nos sentidos nordeste e oeste da área houve predominância de baixa condutividade, já nos sentidos sul e sudeste pode-se observar presença de maiores valores de condutividade elétrica.

Realizando uma comparação visual do mapa da condutividade com os demais mapas, pode-se notar a influência dos outros atributos sobre a condutividade elétrica aparente do solo, isso também é relatado por Sanches (2015).

Na região oeste da área experimental onde a condutividade elétrica do solo foi menor observou-se teores altos de H+Al e B e baixos teores de V%, Zn, Cu e de umidade do solo. Já no sentido nordeste os baixos valores de condutividade elétrica foram influenciados pelos baixos níveis de pH, CTC, SB, Zn, Mn, P, Mg e Ca, apesar de obter valores altos de umidade do solo e V%. Isso ocorre porque apesar da umidade e V% favorecerem a condutividade elétrica do solo, ocorre baixa concentração de íons nessa região da área experimental, para Brandão et al. (2011) a condutividade elétrica aparente do solo aumenta conforme a concentração de íons do solo.

Já nas regiões sul e sudeste da área experimental é favorecidas pelos altos níveis de pH, V%, SB, e P, apesar dessa região obter baixa umidade do solo, Mn e Cu. Além disso, na observação dos mapas nota-se que houve influência da pH, H+Al, CTC, P e B, que no entanto esses apresentaram correlação baixa com a condutividade elétrica aparente do solo. No entanto a condutividade elétrica do solo não deve ser realizada isoladamente, devido a influência dos demais atributos do solo sobre a mesma.

Figura 07. Mapa de umidade do solo - U % da área experimental.

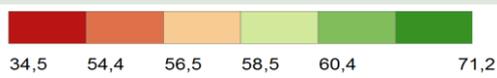
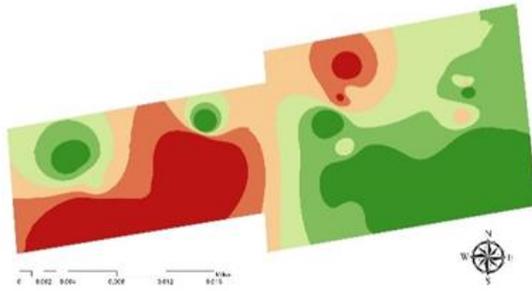


Fonte: Própria (2020).

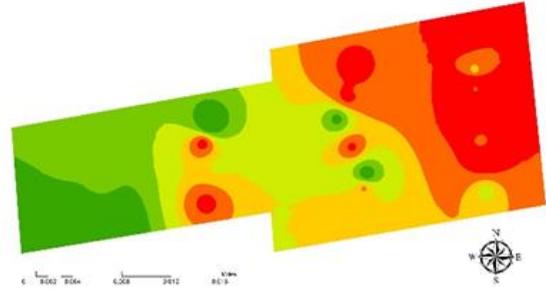
Figura 08. Mapas dos macronutrientes da área experimental.

MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

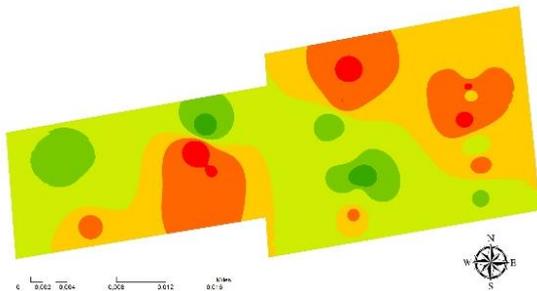
Mapa de saturação de bases - V%



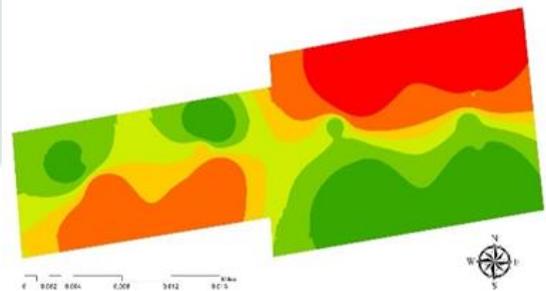
Mapa de Capacidade de troca de cátions - CTC (cmol/dm³)



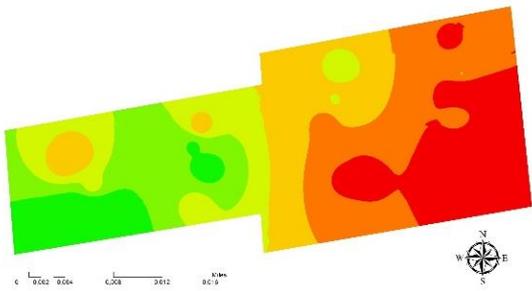
Mapa de teor de Cálcio - Ca (cmol/dm³)



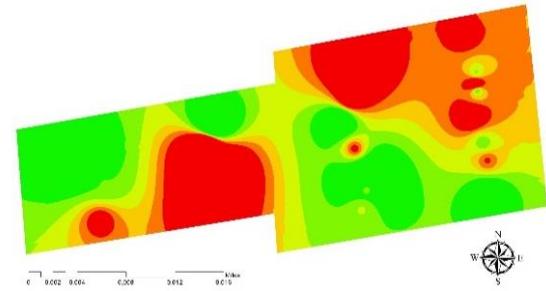
Mapa de potencial hidrogeniônico - pH



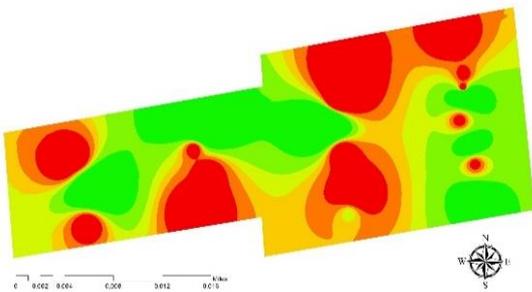
Mapa de teor Hidrogênio + Alumínio - H+Al (cmol/dm³)



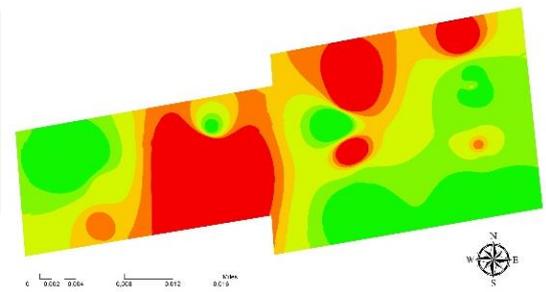
Mapa de Soma de Bases - SB (cmol/dm³)



Mapa de teor Fósforo - P (mg/dm³)



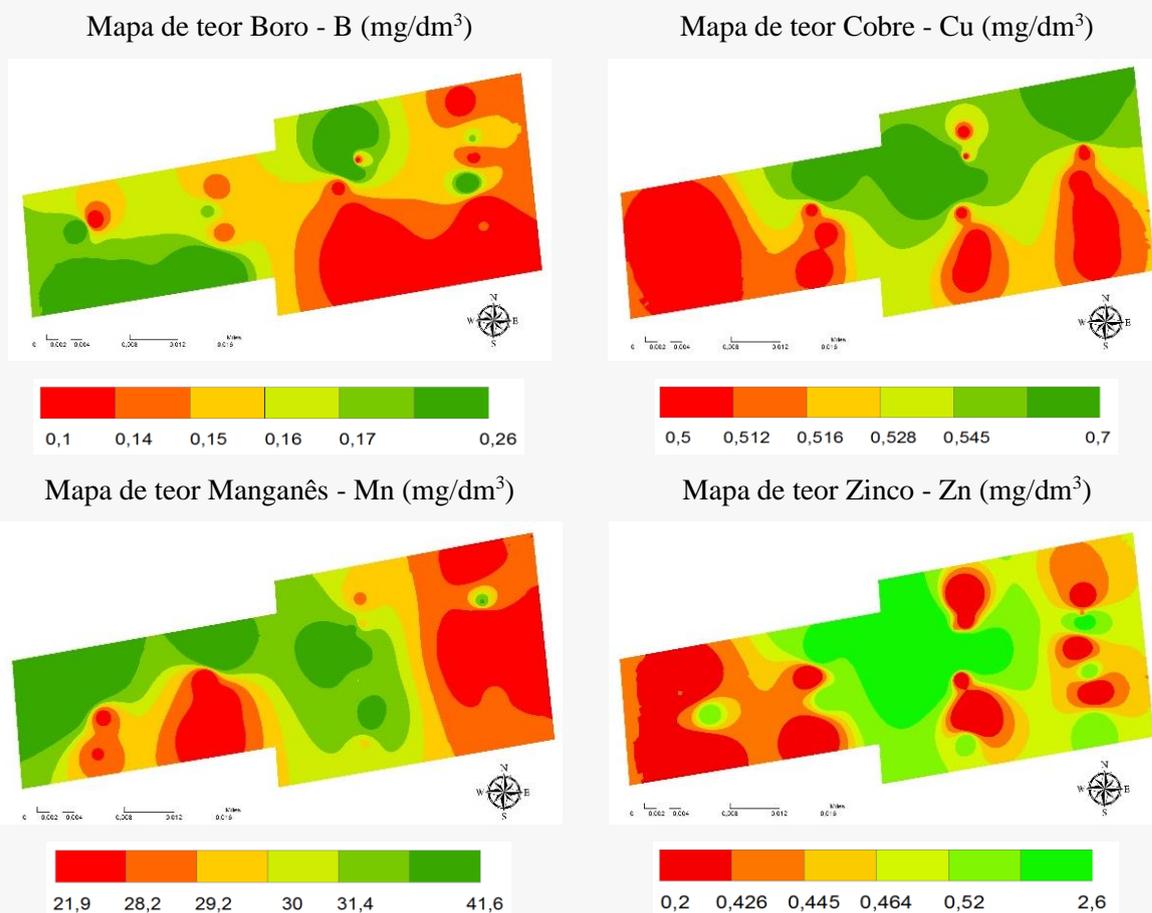
Mapa de teor de Magnésio - Mg (cmol/dm³)





Fonte: Própria (2020).

Figura 09. Mapas dos micronutrientes da área experimental.



Fonte: Própria (2020).

CONCLUSÕES

O dispositivo desenvolvido demonstrou-se eficiente para mensuração da condutividade elétrica aparente do solo, pois os resultados obtidos foram semelhantes a de outros autores que usaram aparelhos comerciais para mensuração dos seus dados.

Foi possível identificar variabilidade na área experimental através da mensuração da condutividade elétrica aparente do solo e encontrar correlações significativas entre condutividade elétrica aparente a umidade do solo e os atributos Ca, Mg, SB, V%, Zn, Cu e Mn ligados a fertilidade do solo.

O uso do mapeamento espacial dos atributos mostrou-se eficiente para identificação das áreas que necessitam de manejo diferenciado, mostrando que as técnicas de agricultura de precisão são ferramentas importantes para um tratamento adequado das áreas cultivadas.

REFERÊNCIAS

BERNARDI, A. C. C.; Et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BERNARDI, A. C. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Ferramentas de Agricultura de Precisão como Auxílio ao Manejo da Fertilidade do Solo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 205-221, jan./ago. 2015.

BORGES, A. L.; ACCIOLY, A. M. A. **Amostragem de solo para recomendação de calagem e adubação**. Cruz das almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura tropical, 2007. 4p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura tropical, Comunicado Técnico 122).

BOTTEGA, E.L.; QUEIROZ, D.M.; SANTOS, N.T.; PINTO, F.A.C.; SOUZA, C.M.A. Correlação entre condutividade elétrica aparente e atributos químicos e físicos de um Latossolo. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.6, n.2, p.134-142, Abr./Jun. 2015.

BRANDÃO, Z.N.; ZONTA, J.H.; MEDEIROS, J.C.; SANA, R.S.; BARBOSA, G.F. Condutividade elétrica aparente e sua correlação com o pH em solos no cerrado de Goiás. In: INAMASU, R. Y. Et al. **Agricultura de precisão: um novo olhar**. 1. ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p 162 - 167.

BULLOCK, D. S.; BULLOCK, D. G. Economic optimality of input application rates in precision farming. **Precision Agriculture**, v. 2, p. 71-101, 2000.

CARVALHO, M.P.; TAKEDA, E.Y.; FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Bras. Ciência do Solo**, v 27, p. 695-703, 2003.

CASTRO, C.N. **Definição de unidades de gerenciamento do solo por meio da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas**. Orientador: José Paulo Molin. 2004. Dissertação. 131 p. (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DALCHIAVON, F.C.; Et al. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, p. 453-461, 2012.

DANCEY, C.; REIDY, J.. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FILHO, D.B.F.; JÚNIOR, J.A.S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2009.

FRANCESCHINI, M.H.D. **Correlação da condutividade elétrica com atributos físico-químicos do solo**. São Paulo: USP, 2007. 12 p.

GIMENEZ, L.M. **Relação da condutividade elétrica aparente com algumas propriedades físico-hídricas e com a variabilidade espacial dos solos**. Orientador: José Paulo Molin. 2013.

ARAÚJO, M. K. S.; SUSZEK, G.; ANDRADE, W. T.

Tese. 120 p. (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba, Degaspari. 2000. 477p.

GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, A.P. Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central. **Revista Bras. Ciência do Solo**, v. 23, p. 155 - 164, 1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**: Brasil. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>>. Acesso em: 17 set. 2020.

JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2017. 341 p.

MACHADO, P.L.O.A; BERNARDI, A.C.C.; VALENCIA, L.I.O.; MOLIN, J.P. et al. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.6, p.1023-1031, jun. 2006.

MIRANDA, A.C.C.; VERRÍSSIMO, A.M.; CEOLIN, A.C. Agricultura De Precisão: Um Mapeamento Da Base Da Scielo. **Revista Gestão.Org**, Edição Especial, v. 15, p. 129-137, 2017.

MOLIN, J. P.; CASTRO, C. N. Aliada potencial. **Revista Cultivar**. Pelotas, RS, 2006, n.50, p. 08-11, Mar.2006.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R. do; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.

MOLIN, J.P.; RABELLO, L.M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.90-101, jan./fev. 2011.

PINCELLI, A.L.S. **Desenvolvimento de ensaios de ensaios de um sistema de mensuração de condutividade elétrica do solo**. Orientador: José Paulo Molin. 2004. Dissertação. 96 p. (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

RABELLO, L.M.; Et al. Mapeamento da condutividade elétrica do solo – sistema protótipo. In: INAMASU, R. Y. Et al. **Agricultura de precisão: um novo olhar**. 1. ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p 41 - 45.

RAIJ, B. V., SACCHETTO, M.T.D., IGUE, T. Correlação entre o pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. **Bragantia**, v 27, p. 193–200. 1968.

RHOADES, J. D. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. **Advances in Agronomy**, v. 49, 1981.

SANCHES, G.M. **Variabilidade espacial dos atributos do solo por meio da condutividade**

MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

elétrica aparente. Orientador: Paulo Sérgio Graziano Magalhães. 2015. Dissertação. 145 p. (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

SANCHES, G.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; KOLLN, O.T.; FRANCO, H.C.J. Amostragem Inteligente para Caracterização da Variabilidade Espacial do Solo por meio da Condutividade Elétrica Aparente. **VII Simpósio tecnologia de produção de cana de açúcar** - Piracicaba-SP, 8 a 10. Jul. 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Brasília: 2018. 355 p.

SILVA, P. C. M.; CHAVES, L. H. G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, 2001. p 431-436.

SOUZA, G.S. de et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na especialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, 2010. p 73 - 81.

TENÓRIO, E. **Cultivo do maracujá é alternativa de aumento de renda para a agricultura familiar.** Notícias. Tocantins: Seagro. 2016. Disponível em:<<https://seagro.to.gov.br/noticia/2016/7/13/cultivo-do-maracuja-e-alternativa-de-aumento-de-rendapara-a-agricultura-familiar/>> Acesso em: 12 set 2020.

ZONTA, J.H.; BRANDÃO, Z.N.; MEDEIROS, J.C.; SANA, R.S.; SOFIATTI, V. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.595–602, 2014.