



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**



**LUIZ GUILHERME DA SILVA FERMINO**

**Técnicas de medida de condutividade elétrica na Agricultura de Precisão**

**ARARAS - 2021**



**Universidade Federal de São Carlos**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



LUIZ GUILHERME DA SILVA FERMINO

**Técnicas de medida de condutividade elétrica na Agricultura de  
Precisão.**

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para  
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof°. Dr° Rubismar Stolf

**ARARAS–2021**

**Dedico este trabalho a minha família e amigos que tanto me apoiaram nestes anos de graduação.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelas conquistas e oportunidades, pela saúde, por toda fé e força que me concedeu fazendo com que eu chegasse até aqui.

Agradeço especialmente a minha mãe (*in memoriam*), Shirley, por ter me dado privilégios para conseguir chegar até o presente momento e também a minha noiva, Isabella, por ter segurado as barras comigo e passado momentos sozinha durante a criação de nosso filho, Kauan. São eles o meu combustível diário, minha base.

Também agradecer ao meu pai, Sergio, e minha madrinha, Silvia, por terem me auxiliado durante toda minha graduação – sem eles nada disso seria possível.

Além desses, jamais poderei de me esquecer dos meus irmãos de república da República Só-K Bota, está que fez parte tão intensamente em minha vida e que levarei para sempre comigo.

Por fim, gostaria de agradecer ao meu orientador e mentor, o Profº. Drº Rubismar Stolf, por todas as oportunidades durante o curso e todo apoio durante o processo de elaboração deste trabalho, bem como por toda ajuda e paciência.

**“Ao falar da influência do homem sobre o meio ambiente, não podemos esquecer de que também fazemos parte dele”.**

**Jacques Cousteau**

## RESUMO

Até pouco tempo atrás, se pensava em Agricultura de Precisão (AP) como um instrumento inviável para pequenos e médios produtores, pois acreditava tratar-se de uma ferramenta cara, inacessível. Mas, com o avanço das tecnologias, possibilitou-se o acesso a metodologias simples e fáceis, compreendendo a maioria dos parâmetros da análise de solo, traçando a variabilidade espacial dentro da propriedade, obtendo assim, diferentes manejos de solo para determinadas áreas, bem como melhor aproveitamento de insumos e otimização das práticas agronômicas, com o que se chama de heterogeneidade das parcelas agrícolas através das zonas de manejo homogêneas. Um dos parâmetros sugeridos para a realização desses mapeamentos é a Condutividade Elétrica (CE) do Solo, variável capaz de se correlacionar com os outros atributos do solo, como umidade, produtividade, topografia e salinidade, apresentando ainda, facilidade na mensuração dos dados, excelente alternativa para o desenvolvimento da AP e num planejamento agronômico mais sustentável.

**Palavras-chave:** Amostragem, Zonas de Manejo, Análise de solo.

## **Abstract**

Until recently, Precision Agriculture was thought of as an unviable tool for small and medium producers, as it believed that it was an expensive, inaccessible tool. However, with the advancement of technologies, it was possible to access simple and easy methodologies, comprising most of the parameters of soil analysis, tracing the spatial variability within the property, thus obtaining different soil managements for certain areas, as well as better use of inputs and optimization of agronomic practices, with what is called heterogeneity of agricultural parcels through homogeneous management zones. One of the suggested parameters for carrying out these mappings is the Electrical Conductivity of the Soil, a variable capable of correlating with the other attributes of the soil, such as humidity, productivity, topography and salinity, also presenting ease in measuring the data, an excellent alternative for the development of PA and more sustainable agronomic planning.

**Keywords:** Sampling, Management Areas, Soil Analysis.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DA CE EM CAMPO .....	13
4. MÉTODO PARA OBTENÇÃO DA CE EM LABORATÓRIO .....	13
5. MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO DE DADOS .....	14
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21



## Índice de Ilustrações

Figura 1. Veris-3100® .....	16
Figura 2. EM38-MK2®.....	16
Figura 3. Equipamento para Mensurar a CE por IEM em detalhe.....	17
Figura 4. Mapas de Correlação entre CE e produtividade da soja.....	18
Figura 5. Mapas sobrepostos obtidos por dados espacializados de krigagem ordinária .....	19

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial tem fomentado o desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitam aumentar a produção de alimentos de modo sustentável (ALVES, 2019), como por exemplo, redução do uso de insumos, dos impactos ambientais, manejo correto do solo e incrementos de produção através de técnicas presentes na agricultura de precisão.

Entende-se por Agricultura de Precisão, a gestão da lavoura levando em consideração a variabilidade espacial, principalmente onde há potencial retorno econômico e/ou ambiental (INAMASU & BERNARDI, 2014).

O Brasil é um país que possui esse potencial, pois cerca de 7,6% de suas terras ocupadas são destinadas para a atividade agrícola (EMBRAPA, 2017) e, portanto, tem papel fundamental na produção de alimentos nacional e mundial.

O solo é um elemento fundamental à manutenção da biosfera terrestre, uma vez que apresenta propriedades químicas, físicas e biológicas, oferecendo-se de recurso para o cultivo de inúmeras culturas, capazes de alimentar as nações do planeta, porém, esse recurso não é inesgotável e o seu manejo inadequado pode ocasionar em declínio na qualidade e produtividade e, até mesmo, em degradação (CERETTA et al. 2010).

Tendo isso em vista, se torna importante estudar o solo de acordo com a sua variabilidade espacial, ou seja, as características encontradas separadamente numa determinada área, dividida em parcelas no campo, para fins de realização de experimentos que mensuram as propriedades do mesmo, como a condutividade elétrica, exemplificativamente (RABELLO et al. 2011).

O estudo e manejo do solo, levando em consideração a variabilidade espacial permite a redução de insumos, pois as parcelas são analisadas separadamente, permitindo assim, cálculos mais ajustados de correção, calagem, adubação e irrigação (RABELLO, 2009).

Segundo a CONAB (2017), o Brasil está entre os dez países com a maior área irrigada do planeta, ou seja, cerca de 6,95 milhões de hectares utilizam diferentes técnicas de irrigação.

A agricultura irrigada torna-se uma essencial contribuição para produção total de alimentos, mas, há décadas, alguns pesquisadores (RHOADES, 1999; ALEXANDRATOS, 1995) estimam que 10 a 15% da água para agricultura irrigada é utilizada de maneira errada, resultando em encharcamento e salinização.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os meios de amostragem da condutividade elétrica do solo, diretamente em campo e em laboratório, como forma de contribuir para o auxílio na tomada de decisão sobre as escolhas das amostragens que melhor se encaixam nas diversas áreas produtivas brasileiras.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

O manejo racional da água é decisivo para o desenvolvimento das plantas, evitando sua falta ou excesso e, por isso, o conhecimento da dinâmica da distribuição água no solo torna-se importante, uma vez que, está intimamente ligado às relações do sistema solo-água-plantas (SOUZA et al. 2006).

A condutividade elétrica é uma propriedade de um material, permitindo que o mesmo possa conduzir corrente elétrica (MOLIN & CASTRO, 2006). O grande número de percursos de condução de comprimentos e seções transversais variáveis, podendo conduzir a corrente elétrica através da água intersticial, que contém eletrólitos dissolvidos, e através dos cátions trocáveis que residem perto da superfície de partículas de solo carregadas e são eletricamente móveis em vários níveis (RHOADES et al. 1999).

O valor obtido para condutividade elétrica é devido ao teor de água e sais dissolvidos presentes no solo amostrado, ou seja, depende da solução eletrolítica presente no mesmo (FREELAND, 1989).

De acordo com Molin et al. (2005), através do estudo das relações solo-água-planta, é possível obter a condutividade elétrica do solo, que por sua vez, pode mensurar o conteúdo de argila (WILLIAMS & HOEY, 1987), o conteúdo de água (KACHANOSKI et al., 1988), a capacidade de troca catiônica e teores de cálcio e magnésio trocáveis (McBRIDE et al., 1990), a profundidade de camada de impedimento (DOOLITTLE et al., 1994; CLARK et al., 2000), o teor de matéria orgânica (JAYNES, 1996), e o teor de sais da solução do solo (CAMINHA JUNIOR et al., 1998).

A condutividade elétrica foi desenvolvida no século XX, inicialmente como uma técnica de sondagem de água e petróleo, entretanto, também se mostrou benéfica para a agricultura (RABELLO et al. 2011), pois mostra a capacidade que um material possui de passar corrente elétrica entre ele, portanto, expondo como os componentes do solo que apresentam diferentes níveis de condutividade elétrica (PINCELLI, 2004).

Através dos resultados de condutividade elétrica, é possível correlacionar as com as diferentes características do solo: textura e estratificação, lixiviação, salinidade, partição de doses de herbicidas, classes de drenagem, matéria orgânica e derivados, umidade, textura e estratificação, classes de drenagem, etc. (FAULIN et al. 2006)

Atualmente, a obtenção da condutividade elétrica do solo pode ser amostrada com máquinas diretamente no campo (condutividade elétrica aparente) ou por amostras feita em campo e analisadas em laboratório, mas os resultados se diferem, já que métodos em laboratório permitem a padronização da relação solo-água-planta, enquanto que as amostras em campo representam a CE da massa e não somente da solução (MACHADO et al. 2006).

Porém, tinha se uma imagem da Agricultura de Precisão, até pouco tempo atrás (INAMASU; BERNARDI, 2014), seria uma agricultura realizada com máquinas sofisticadas, que não atenderia aos pequenos produtores, o que limitou a sua adoção, mas a AP é uma alternativa para alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários (BERNARDI et al. 2017) e, portanto, se faz necessário o estudo da Condutividade Elétrica como parâmetro

essencial para auxiliar e orientar o planejamento agronômico juntamente com o desenvolvimento da Agricultura de Precisão no país.

### **3. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DA CE EM CAMPO**

A obtenção de equipamentos portáteis e a redução da densidade amostral passaram a permitir uma determinação rápida da CE em campo, com maior praticidade e menor custo.

Os dois principais métodos utilizados para medição da condutividade elétrica diretamente no campo são o de indução eletromagnética e o método por contato direto, cuja unidade é miliSiemens/m<sup>2</sup> (mS/ m<sup>2</sup>).

Como o próprio nome já diz, o princípio de mensuração por Contato Direto (CD) precisa que os eletrodos (ou discos) do equipamento entrem em contato com o solo para que a medida seja realizada (SANCHES, 2018).

A indução eletromagnética é um método sem contato e não necessita de revolvimento do solo (MOLIN & CASTRO, 2006).

Nos dois princípios, uma corrente elétrica conhecida é injetada (no caso de contato direto) ou propagada (no caso de indução eletromagnética) no solo, respectivamente, por eletrodos ou bobinas emissora, que trafega pelas partículas do solo e é posteriormente receptada por eletrodos ou bobinas receptoras, que estão espaçadas a certa distância das emissoras (SANCHES, 2018).

### **4. MÉTODO PARA OBTENÇÃO DA CE EM LABORATÓRIO**

A obtenção da CE em Laboratório é obtida através da análise do extrato de saturação, indicando a quantidade de íons presentes numa solução e interpretados como íons nutrientes como K, Na, Cl, responsáveis pela salinidade do solo (FIORETTO, 2018).

Essa medida é importante para verificar se a planta não está perdendo água para o solo, ao invés de absorver água do solo, diminuindo a absorção de nutrientes pela planta. Também é fundamental realizar esta análise antes da

semeadura, já que se a semente encontrar um ambiente salino ela não irá germinar e se desenvolver.

## **5. MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO DE DADOS**

Através da geoestatística pode-se estimar valores de pontos onde não foram coletadas amostras de solo através de uma função de correlação espacial entre os dados sem viés e com variância mínima (VIEIRA, 2008), utilizando o método de interpolação por krigagem, cujo nome foi dado em homenagem a Daniel Krige (1951). O objetivo da interpolação por krigagem é estimar valores para qualquer local e a estimativa será uma combinação linear de valores medidos, podendo-se então, interpolar valores em qualquer posição no campo de estudo (SOARES, 2006).

Dessa forma, o Método de Interpolação de Dados deve amparar tecnicamente as decisões estratégicas para amostragem do solo, permitindo observar os pontos mais complexos da área em estudo, comparando-os com o sistema de manejo adotado, seus efeitos ambientais e a produtividade das diferentes culturas (GREGO et al. 2014).

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Agricultura de Precisão utiliza de uma gama de sensores comerciais para obter valores de atributos do solo, como ilustra a Tabela 1.

**Tabela 1.** Alguns sensores de solo e técnicas de medição utilizadas.

Sensores comerciais	Técnicas de medição em campo
Matéria orgânica	Refletância nas faixas do visível e infravermelho próximo.
Textura	Indução eletromagnética
Umidade	Resistividade elétrica
Nutrientes	Radar de penetração no solo
pH	Sensores acústicos
Salinidade	Sensores TDR (time domain reflectometry)
	Resonância magnética nuclear
	Eletrodos seletivos à íons
	Sensores de condutividade elétrica

Fonte: BRANDÃO, 2014.

Porém, mensurar a condutividade elétrica do solo é uma das maneiras mais adequadas para se estudar a variabilidade espacial de um campo, por ser uma medida rápida, fácil e confiável, que integra, dentro de suas medidas, as influências de muitas propriedades do solo (RABELLO, 2009).

Atualmente, a maioria dos equipamentos disponíveis no mercado são importados, como o Veris-3100® da empresa Veris Technologies (Figura 1), que mensura a CE por contato direto e o EM38-MK2® da empresa Geonics Limited (Figura 2) que utiliza a IEM para realizar as medidas (SANCHES, 2018).



**Figura 1.** Veris-3100® (Veris Technologies, 2020).



**Figura 2.** EM38-MK2® (Geonics Limited, 2020).





**Figura 3.** Equipamento para Mensurar a CE por IEM em detalhe (RABELLO, 2009).

Para os métodos de mensuração da condutividade elétrica do solo em campo, o Método CD faz passar uma corrente elétrica em eletrodos isolados, já o Método IEM utiliza a corrente induzida por um campo magnético, sem contato com o solo (RABELLO et al. 2011). Porém, no Método CD, o sistema fornece valores de CE sem nenhuma calibração, revelando apenas a leitura referente aos componentes físico-químicos do solo, ou seja, solo com condições de baixa umidade provocam um aumento na resistência elétrica dos eletrodos, resultando num valor equivocado de medição (PINCELLI, 2004).

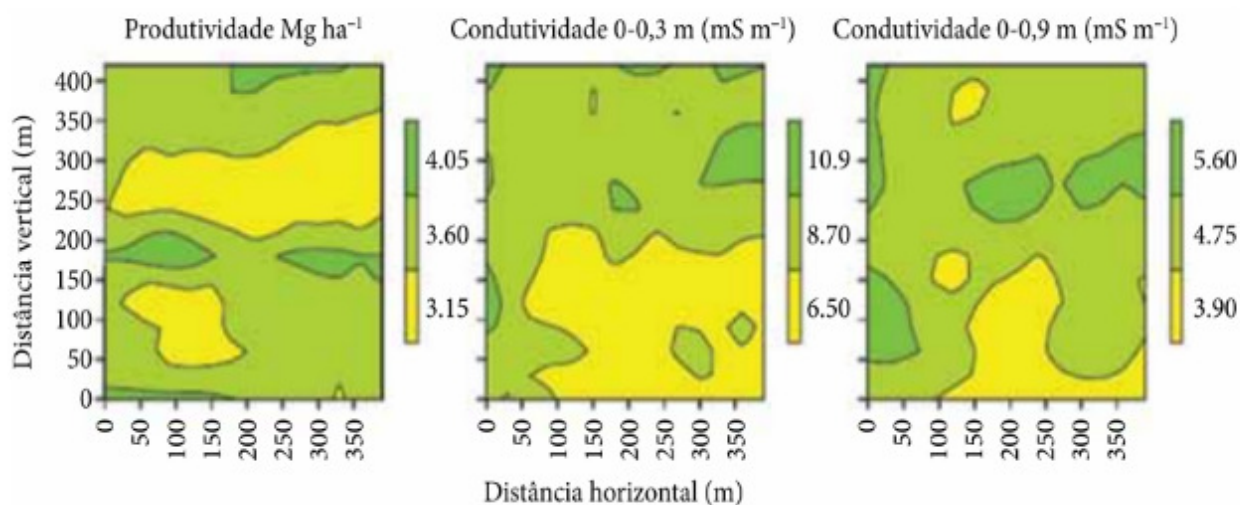
Os medidores da CE por indução eletromagnética (IEM) têm sua utilidade destacada pela rapidez na obtenção da informação, pela capacidade de detecção de CE em maior profundidade no perfil (RESENDE et al. 2014).

O Método IEM, há décadas (FRITZ et al. 1998) vem sendo estudado, pois constatou-se que os valores variam em decorrência da topografia do terreno, ou seja, a condutividade elétrica tende a ser maior nas áreas de maior altitude. No entanto, os equipamentos comerciais mostram resultados semelhantes (ARRUDA et al. 2016), o que indica o seu uso potencial para a detecção de

regiões em uma determinada área agrícola, que pode receber práticas agrícolas e dosagens de insumos diferentes, quando correlaciona-se a CE com outros atributos do solo.

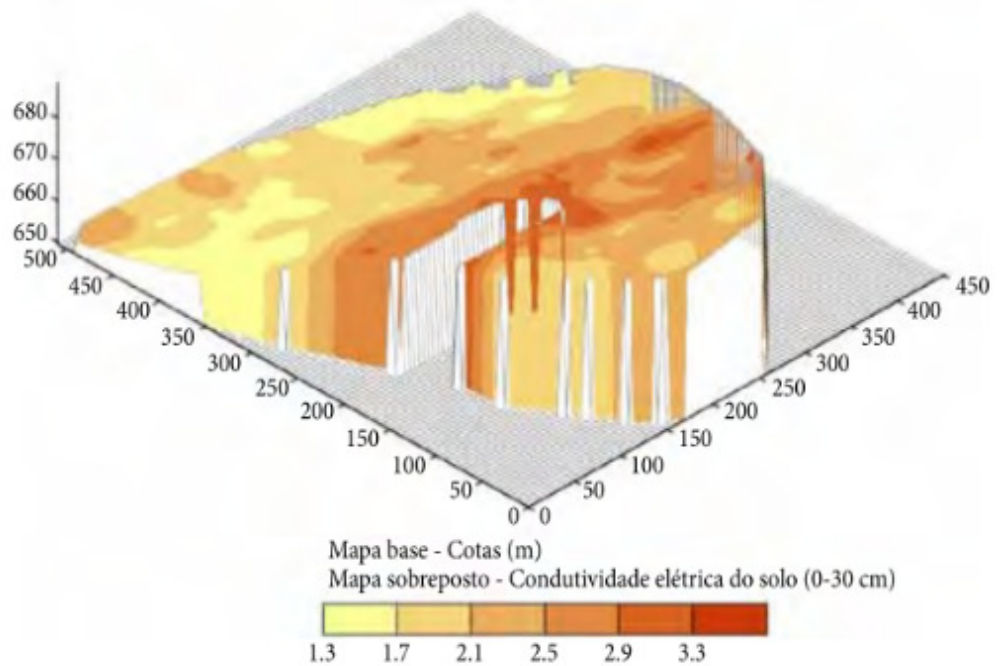
Para a obtenção da CE em laboratório, é importante salientar que essa medida é momentânea, se há um excesso de chuva ou longos períodos de estiagem, o resultado será impactado pelo volume de água, ou seja, varia de acordo com as adversidades climáticas (FIORETTO, 2018).

Alguns pesquisadores (OLIVEIRA et al. 2011) fizeram um estudo correlacionando a CE com a produtividade da soja, para um específico tipo de solo, Latossolo Bruno, onde concluem que a produtividade da soja foi significamente e inversamente correlacionada com a CE (FIGURA 4), determinando, portanto, que a CEa é um parâmetro útil na definição de zonas de manejos diferenciadas dentro de uma lavoura.



**Figura 4.** Mapas de Correlação entre CE e produtividade da soja (OLIVEIRA et al. 2011).

No exemplo da Figura 5, pode-se visualizar uma sobreposição de mapas para uma mesma área, onde o mapa base foi gerado a partir de dados espacializados de cotas topográficas (m) e o sobreposto, de condutividade elétrica do solo obtida com o sensor Veris (0-30 cm). Verifica-se que houve uma correlação entre eles, sendo que na parte de menor cota foi também o local onde houve menor condutividade elétrica do solo.



**Figura 5.** Mapas sobrepostos obtidos por dados espacializados de krigagem ordinária (GREGO, 2014).

Nota-se, portanto, que a interpretação dos mapas derivados da interpolação de dados por krigagem permite ao interessado identificar as regiões no campo onde o fenômeno estudado é mais uniforme do que em outras (GREGO, 2014).

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para se obter uma maior aplicabilidade da agricultura de precisão, é imprescindível que haja desenvolvimento de metodologias capazes de reduzir o número de amostragens no campo, de forma a garantir a confiabilidade dos mapas gerados sobre a variabilidade espacial dos atributos do solo.

Portanto, estudos de apoio ainda são necessários para a análise de condutividade elétrica do solo em agricultura de precisão, porém o fornecimento de dados que auxiliam a exploração da variabilidade é de grande importância, pois possibilita o mapeamento das características físico-químicas do solo, explorando a correlação da condutividade com parâmetros, como fertilidade, umidade, salinidade, teor de matéria orgânica, entre outros.

Através desses métodos, é possível criar um planejamento estratégico de manejo do solo, mitigando os impactos ambientais causados pela agricultura intensiva, bem como a redução de insumos, tornando-se economicamente viável e mais sustentável.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRATOS, N. (Ed.). **World Agriculture: Towards**. Chichester: Wiley, 1995. p. 2010.

ALVES, J. E. D. **A revisão 2019 das projeções populacionais da ONU para o século XXI**. 2019. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/ladem/2019/06/18/a-revisao-2019-das-projecoes-populacionais-da-onu-para-o-seculo-xxi-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acesso em: novembro de 2020.

ARRUDA, L. E. V.; LEVIEN, S. L. A.; MEDEIROS, J. F. de. **DESENVOLVIMENTO DE UM SENSOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO E CALIBRAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM CAMBISSOLO**. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/8f41/2d75dd35f74edf08de11075bab7d38e4fc1e.pdf>>. Acesso em: dezembro de 2020.

BERNARDI, A. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Spatial variability of vegetation index and soil properties in an integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 1807-1929 v.21, n.8, p.513-518, 2017.

BRANDÃO, Z. N.; ZONTA, J. H.; FERREIRA, G. B. Agricultura de precisão na cultura do algodão. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, 2014. p. 295-305.

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

CLARK, R.L.; CHEN, F.; KISSEL, D.E.; ADKINS, W. Mapping soil hardpans with the penetrometer and electrical conductivity. INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2000, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: P.C. Robert, 2000. 1 CD-ROM.

CERETTA, C. A.; AITA, C. **Manejo e conservação do solo**. 2010. Disponível em: <  
[http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/50489/1/2019\\_tcc\\_msdesouza.pdf.pdf](http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/50489/1/2019_tcc_msdesouza.pdf.pdf)>.  
Acesso em: novembro de 2020.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Brasil possui uma das maiores áreas irrigadas do planeta**. 2017. Disponível em: <  
<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/1631-brasil-possui-uma-das-maiores-areas-irrigadas-do-planeta-20171006#:~:text=Segundo%20o%20levantamento%2C%20a%20Regi%C3%A3o,194.002%20h%C3%A1%2C%20vem%20por%20%C3%BAltimo>>. Acesso em: novembro de 2020.

DOOLITTLE, J.A.; SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R.; INDORANTE, S.J. Estimating depths to claypans using eletromagnetic induction methods. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.49, n.6, p.572-5, 1994.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **NASA confirma dados da Embrapa sobre área plantada no Brasil**. 2017. Disponível em: <  
<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30972114/nasa-confirma-dados-da-embrapa-sobre-area-plantada-no-brasil#:~:text=apenas%20as%20lavouras,-.De%20acordo%20com%20o%20estudo%2C%20a%20%C3%A1rea%20da%20Terra%20ocupada,e%20a%20qualidade%20dos%20cultivos>>. Acesso em: novembro de 2020.

FAULIN, G. D. C.; MOLIN, J. P. Amplitude dos valores da umidade e sua influência na mensuração da condutividade elétrica do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. 2006. São Pedro, SP. **Resumos...** São Pedro, SP, 2006

FREELAND, R. S. Review of soil moisture sensing using soil electrical conductivity. **Transaction of the ASAE**, v. 32, n. 6, p. 2190-2194, 1989.

FIORETTO, R. Condutividade elétrica do solo. Disponível em: <  
<https://laborsolo.com.br/podcast/podcast-laborsolo-19-condutividade-eletrica-do-solo#:~:text=A%20condutividade%20el%C3%A9trica%20%C3%A9%20uma,an%C3%A1lise%20do%20extrato%20de%20satura%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: dezembro de 2020.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P.; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, 2014. p. 74-83.

JAYNES, D.B. Improved soil mapping using electromagnetic induction surveys. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 1996, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson, 1996. p.169-79.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. **Agricultura de Precisão**. Embrapa Instrumentação, São Carlos – SP, 2014.

KACHANOSKI, R.G.; GREGORICH, E.G.; WESENBECK, I.J. Van. Estimating spatial variations of soil water content using non contacting electromagnetic inductive methods. **Canadian Journal of Soil Science**, Toronto, v.68, p.715-22, 1988.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the witwatersrand. **Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa**, v. 52, p. 151-163, 1951.

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; ALENCIA, L. I. O.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; SILVA, C. A.; ANDRADE, A. G. A.; MADARI, B. E.; MEIRELLES, M. S. P. M. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1023-1031, 2006

McBRIDE, R.A.; GORDON, A.M.; SHRIVE, S.C. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.54, p.290-3, 1990.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U.; HAMMER, J. MENSURAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO POR INDUÇÃO E SUA CORRELAÇÃO COM FATORES DE PRODUÇÃO. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.420-426, maio/ago. 2005.

MOLIN, J. P.; CASTRO, C. N. Aliada potencial. **Rev. Cultivar**. Brasília – DF. MARÇO DE 2006.

OLIVEIRA, F. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Variabilidade espacial da produtividade da soja e da condutividade elétrica de um Latossolo Bruno. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). Agricultura de precisão: um novo olhar. São Carlos: **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, 2011. p. 153-156.

PINCELLI, A. L. S. **Desenvolvimento e ensaios de um sistema de mensuração de condutividade elétrica do solo**. 2004. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-14012005-090103/publico/andre.pdf>>. Acesso em: novembro de 2020.

RABELLO, L. M. **Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos**. Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 19 p.

RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; MOLIN, J. P. Mapeamento da condutividade elétrica do solo – sistema protótipo. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, 2011.

RESENDE, A. V.; HURTADO, S. M. C.; VILELA, M. F.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S. Aplicações da agricultura de precisão em sistemas de produção de grãos no Brasil. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, 2014. p. 194-208.

RHOADES, J. D.; CHANDUVI, F.; LESCH, S. Soil salinity assessment: methods and interpretation of electrical conductivity measurements. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 1999b. p. 1-150. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 57).



SANCHES, G. **Condutividade Elétrica Aparente (CEa) do solo: o que é, como medir e para que serve?** 2018. Disponível em: <<https://www.inteliagro.com.br/condutividade-eletrica-acea/>>. Acesso em: dezembro de 2020.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO, E. F.; OR, D. SONDAS DE TDR PARA A ESTIMATIVA DA UMIDADE E DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 12-25, janeiro-março, 2006.

VIEIRA, S. R.; XAVIER, M. A.; GREGO, C. R. Aplicações de geoestatística em pesquisas com cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). Cana de açúcar. Ribeirão Preto: **Instituto Agrônomo**, 2008. p. 839-852.

WILLIAMS, B.G.; HOEY, D. The use of electromagnetic induction to detect the spatial variability of the salt and clay content of soils. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.25, n.1, p.21-7, 1987.