



COINTER PDVAgro 2023

VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição Presencial Recife (PE) | 29, 30 de nov a 1 de dez

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

VALIDAÇÃO E LEVANTAMENTO DE DADOS COM PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA MAPEAMENTO E ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

VALIDACIÓN Y RECOGIDA DE DATOS CON UN PROTOTIPO DE BAJO COSTE PARA CARTOGRAFIAR Y ANALIZAR LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA APARENTE DEL SUELO

VALIDATION AND DATA COLLECTION WITH A LOW-COST PROTOTYPE FOR MAPPING AND ANALYZING THE APPARENT ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SOIL

Apresentação: Comunicação Oral

Gustavo Codognotto Munari¹; Gabriel de Alencar Ferreira²; Grazieli Suszek³; Mauro de Lima⁴; Wesley Tessaro Andrade⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VIIICOINTERPDVAgro.0158>

RESUMO

A agricultura de precisão, a passos lentos, vem conquistando espaço no mercado agrícola, já que ela é capaz de tratar uma mesma lavoura conforme suas necessidades pontuais, e trazer melhor qualidade ao produto final, além de possibilitar o monitoramento, a todo instante, do processo produtivo. Entretanto, sua não adesão pelo produtor é, principalmente, em função do alto investimento inicial, no caso, com amostragens e mapeamentos para posterior tomada de decisão. Nesse sentido, o mapeamento da condutividade elétrica do solo vem com o intuito de reduzir os custos com os elementos citados acima, já que ela tem boa correlação com aspectos do tipo químico e físico do solo, permitindo que haja a subdivisão da lavoura em unidades de manejo, possibilitando análises mais acuradas, que, por consequência, diminui a quantidade de produtos necessários para o cuidado da lavoura. Dentro de todo esse escopo, objetivou-se com esse trabalho, validar o sistema portátil de coleta de dados de condutividade elétrica do solo diretamente em campo, desenvolvido pelo laboratório de Geoprocessamento e Agricultura de Precisão do IFMS (campus Nova Andradina) comparando dados com um equipamento comercial, além de levantar dados de uma área de pesquisa irrigada nas dependências do mesmo. Esse processo foi realizado por meio de modelagem e impressão 3D, realizados

¹ Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina, gustavo.munari@estudante.ifms.edu.br

² Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina, gaalencarferreira@gmail.com

³ Professora Doutora em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina, grazieli.suszek@ifms.edu.br

⁴ Professor Graduado em Engenharia Agrícola Especialista em Educação Técnica e Tecnológica, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina, mauro.lima@ifms.edu.br

⁵ Professor Mestre em Ciência da Computação, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina, wesley.andrade@ifms.edu.br

no Centro de Idiomas e Tecnologias (CIT), teste a campo com o intuito de verificar possíveis instabilidades no sistema, teste de validação do código, que gerou a equação de calibração e conversão dos dados obtidos em campo, e, por fim, o depósito da patente no INPI. Processos os quais foram concluídos, e como resultado foi realizado a solicitação de depósito de patente do software e do conjunto que a ele confere proteção e ergonomia, das quais estão em análise pelo NIT; foi obtido a equação de calibração, utilizada na correção dos dados obtidos a campo; o mapeamento de uma área de pesquisa do IFMS (campus Nova Andradina), o qual foi realizado juntamente com coleta de dados de NDVI, com a finalidade de analisar uma possível correlação, a qual, no presente trabalho não demonstrou significância. Com o trabalho, concluiu-se ser uma eficiente maneira de subdividir as unidades de manejo, além de ter um baixo custo de aquisição, quando comparado a outros equipamentos disponíveis no mercado, e ser um dos poucos capazes de realizar leitura diretamente em campo.

Palavras-Chave: Agricultura de Precisão, Condutividade Elétrica, Solo, Patente, Validação.

RESUMEN

La agricultura de precisión está ganando terreno poco a poco en el mercado agrícola, ya que es capaz de tratar un mismo cultivo según sus necesidades específicas y mejorar la calidad del producto final, además de permitir controlar el proceso de producción en todo momento. Sin embargo, el hecho de que los productores no asuman la idea se debe principalmente a la elevada inversión inicial, en este caso en muestreo y cartografía para la posterior toma de decisiones. En este sentido, el mapeo de la conductividad eléctrica del suelo tiene como objetivo reducir los costos con los elementos mencionados anteriormente, ya que se correlaciona bien con aspectos del tipo químico y físico del suelo, lo que permite subdividir el cultivo en unidades de gestión, permitiendo análisis más precisos, lo que en consecuencia reduce la cantidad de productos necesarios para el cuidado del cultivo. Con todo esto en mente, el objetivo de este trabajo fue mejorar y validar el sistema portátil de recogida de datos de conductividad eléctrica del suelo directamente en el campo, desarrollado por el Laboratorio de Geoprosesamiento y Agricultura de Precisión del IFMS (campus Nova Andradina) mediante la comparación de datos con equipos comerciales, así como la cartografía de un área de investigación de regadío en sus instalaciones. Este proceso se llevó a cabo mediante modelado e impresión 3D en el Centro de Idiomas e Tecnologia (CIT), pruebas de campo para comprobar posibles inestabilidades en el sistema, pruebas de validación del código, que generó la ecuación de calibración y conversión de los datos obtenidos en el campo, y, por último, la presentación de la patente ante el INPI. Estos procesos se completaron y el resultado fue una solicitud de patente para el software y el conjunto que le da protección y ergonomía, que actualmente están siendo analizados por el NIT; se obtuvo la ecuación de calibración y se utilizó para corregir los datos obtenidos en el campo; se realizó la cartografía de un área de investigación del IFMS (campus de Nova Andradina) junto con la recogida de datos NDVI para analizar una posible correlación, que no resultó significativa en este estudio. El trabajo concluyó que era una forma eficaz de subdividir las unidades de gestión, además de tener un bajo coste de adquisición en comparación con otros equipos disponibles en el mercado, y ser uno de los pocos capaces de tomar lecturas directamente en el campo.

Palabras Clave: Agricultura de Precisión, Conductividad Eléctrica, Suelo, Patente, Validación .

ABSTRACT

Precision agriculture is slowly gaining ground in the agricultural market, as it is capable of treating the same crop according to its specific needs and improving the quality of the end product, as well as making it possible to monitor the production process at all times. However, the fact that growers don't adopt it is mainly due to the high initial investment, in this case in sampling and mapping for later decision-making. In this sense, the mapping of soil electrical conductivity aims to reduce costs with the elements mentioned above, since it correlates well with aspects of the soil's chemical and physical type, allowing the crop to be subdivided into management units, enabling more accurate analysis, which consequently



reduces the amount of products needed to care for the crop. Within this scope, the aim of this work was to improve and validate the portable system for collecting soil electrical conductivity data directly in the field, developed by the Geoprocessing and Precision Agriculture Laboratory at the IFMS (Nova Andradina campus) by comparing data with commercial equipment, as well as mapping an irrigated research area on its premises. This process was carried out by means of 3D modeling and printing, carried out at the Centro de Idioma e Tecnologia (CIT), field testing in order to check for possible instabilities in the system, code validation testing, which generated the calibration equation and conversion of the data obtained in the field, and, finally, the filing of the patent with the INPI. These processes were completed and the result was a patent application for the software and the set that gives it protection and ergonomics, which are currently being analyzed by the NIT; the calibration equation was obtained and used to correct the data obtained in the field; the mapping of an IFMS research area (Nova Andradina campus), which was carried out together with the collection of NDVI data, with the aim of analyzing a possible correlation, which in this work did not prove to be significant. The work concluded that it was an efficient way of subdividing management units, as well as having a low acquisition cost when compared to other equipment available on the market, and being one of the few capable of taking readings directly in the field.

Keywords: Precision Agriculture, Electrical Conductivity, Soil, Patent, validation .

INTRODUÇÃO

Ao passo que a sociedade foi se desenvolvendo tecnologicamente, socialmente cientificamente e demograficamente, a agricultura tenta acompanhar essas evoluções a passos largos, a fim de propiciar a manutenção e melhorias da qualidade de vida, e gerar um ciclo de capital economicamente viável a quem produz e a quem consome, dessa forma, ela tem cada vez mais abrangido áreas com o intuito de trazer novas metodologias, estratégias e equipamentos capazes de atingir essas metas (TSCHIEDEL & FERREIRA, 2002).

A Agricultura de Precisão (AP) é fundamentada no princípio de aumentar a produtividade sem ser necessário a expansão da área cultivável, fazendo o tratamento individualizado de cada ponto de uma lavoura, mas não somente se limitando a isso, já que também se baseia no monitoramento local preciso da produção agrícola. Além disso, é uma maneira de garantir a qualidade com que os produtos cheguem até o consumidor final, mantendo a segurança alimentar, e diminuindo os riscos e danos ao meio ambiente, já que não excede os limites que a lavoura possui de assimilar os insumos, diminuindo a quantidade residuais (BERNARDI & INAMASU, 2014).

Dentre as tecnologias utilizadas em propriedades que trabalham com a AP, estão as tecnologias de localização em tempo real como o GPS (do inglês: Global Positioning System) e o SIG (Sistemas de Informação Geográfica) (COELHO & DA SILVA, 2009). Barra de luz,



piloto automático e equipamento de aplicação de taxa variável também são muito frequentes em propriedades agrícolas que adotam a AP (BERNARDI & INAMASU, 2014).

Entretanto, a adoção por essa técnica de produção é reduzida pelo elevado custo de investimento em tecnologia capaz de realizar as análises necessárias para a tomada de decisões na lavoura, que acaba por diminuir o interesse por parte de agricultores (INAMASU, 2011).

No estudo realizado por BERNARDI & INAMASU (2014), é apontado que a maior parte de agricultores que adotam a agricultura de precisão, são aqueles de idade menos avançada, os quais tem maior facilidade em compreender as tecnologias e suas aplicações e possuem grandes lotes de terra.

No âmbito apresentado, traz-se as análises voltadas para mapeamento de áreas, as quais são o primeiro passo ao aderir a esta vertente da produção agrícola, e a partir delas é possível tomar as decisões subsequentes sobre como manejar a área, por exemplo (FRANSCSCHINI, 2007). Ele ainda complementa que, uma forma de mapeamento de áreas com potencial produtivo está relacionada a condutividade elétrica aparente do solo (CEa), a qual tem alta correlação com aspectos físico-químicos do solo, sendo uma adequada avaliação inicial da área.

Este trabalho tem como objetivo a validação de um sistema portátil para realização de coletas de condutividade elétrica do solo diretamente em campo, desenvolvido pelo laboratório de Geoprocessamento e agricultura de Precisão do IFMS (campus de Nova Andradina, comparando os dados com aparelhos comerciais em área irrigada).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A expansão agrícola se expandiu a tal passo que alcançou a região onde se encontra o Cerrado, o qual é caracterizado por solo arenosos (teor de areia >85%), profundos, com elevada macroporosidade, infiltração, drenagem, lixiviação e suscetibilidade a erosão, além de baixa capacidade de troca de cátions (CTC), acidez elevada e baixa fertilidade natural, principalmente em relação ao fósforo e ao teor de matéria orgânica (SPERA, 1999).

Essa expansão veio acompanhada de tecnologias e sistemas de gerenciamento, os quais podem ser inseridos na Agricultura de Precisão (AP), que tem por objetivo tratar a área de cultivo de forma heterogênea, através de zonas de manejo, subdivididas conforme as semelhanças presentes em uma classe na análise de determinado atributo, que se difere nas



outras classes, buscando atender as necessidades particulares de cada uma, o que ameniza o impacto causado pela exacerbada aplicação de insumos e traz um maior potencial produtivo da área como um todo (RABELLO, 2009; COSTA 2011).

No entanto, um dos grandes problemas com a agricultura de precisão, é relacionado ao financeiro necessário para a efetivação desta na lavoura, já que necessita de análises minuciosas, anteriores a tomada de decisão, o que reduz o interesse pela implementação desse tipo de sistema por parte do produtor, em vista de que, serão necessários altíssimos investimentos iniciais (INAMASU, 2011; COSTA 2011).

Nesse âmbito, em meio aos estudos com o intuito de baratear as coletas de dados para a implantação da agricultura de precisão, surgiu a ideia de avaliar a condutividade elétrica aparente (CE_a) do solo, a qual se relaciona a aspectos como temperatura, densidade e composição do solo (FRANSCSCHINI, 2007).

Deste modo, surgem duas possibilidades de avaliar a condutividade elétrica do solo: a indução eletromagnética (realizada indiretamente) e a de contato direto (que consiste no contato dos eletrodos com o solo, e cálculo de diferença de potencial elétrico) (FRANSCSCHINI, 2007). Sendo o segundo modelo utilizado para a elaboração do protótipo, pois seu manuseio é mais simples, sendo mais fácil definir a profundidade de mensuração (COSTA, 2011)

Outra metodologia adotada para a obtenção de dados inerentes a condutividade elétrica do solo é a aplicação da Reflectometria do Domínio do Tempo, a qual possui uma precisão consideravelmente maior do que quando comparada a outras metodologias, entretanto, o seu custo acaba por ser análogo a sua precisão (FONSECA SOUZA, 2006).

Com ela, é possível identificar áreas, dentro de uma lavoura, que apresentam semelhanças, as quais podem ser subdivididas, ou consideradas como uma área homogênea, conforme a variabilidade da CE_a (MEDEIROS, 2018).

Contudo, uma grande gama de fatores afeta este tipo de análise, principalmente em função da granulometria do solo, a qual está diretamente ligada a capacidade de troca catiônica (lixiviação e retenção de nutrientes), densidade e porosidade do solo, que por sua vez, influenciam no teor e fluxo de água no solo (CENTENO, 2017).

Além disso, o manejo causa grandes variações nesta unidade, como a presença ou não de irrigação e realização de adubações pesadas podem acarretar em discrepâncias na



condutividade elétrica aparente (CARVALHO, 2001). Por isso, seus resultados não possibilitam a geração de um valor ideal para a produção agrícola, e também trazem uma maior dificuldade em sua interpretação (COSTA, 2011).

Nesse contexto, Medeiros (2018) traz alguns aspectos químicos que demonstram boa correlação com este tipo de dado em solos do Cerrado, como fósforo, potássio (Mehlich – 1), cálcio e magnésio, além de boa correlação com a soma de bases, capacidade de troca de cátions (tanto em pH 7 e efetiva) e matéria orgânica.

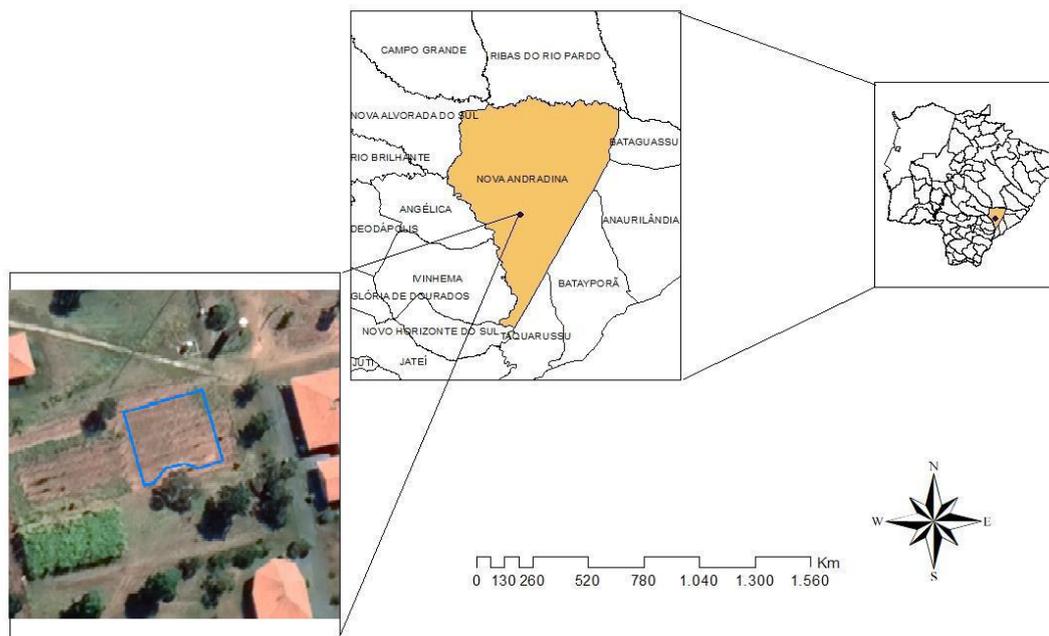
Com o desenvolvimento nacional de sistemas de obtenção de dados, os custos com as tecnologias necessárias para avaliações de lavouras sob agricultura de precisão têm se tornado cada vez mais baixo, o que elevou a quantidade de estudos que buscam trazer uma agricultura de precisão mais acessível (INAMASU, 2011). Dessa forma, com o intuito de reduzir os investimentos em análises físico-químicos do solo, surgiram os sistemas de avaliação de condutividade elétrica do solo, os quais proporcionam um panorama sobre quais setores necessitam de atenção redobrada, e quais pontos estão em sua máxima capacidade produtiva, subdividindo a propriedade conforme o manejo necessário a ser realizado (RABELLO, 2009).

METODOLOGIA

Para a atualização do sistema, e validação do código, foi utilizado o espaço do IFMaker, nas dependências do Centro de Idiomas e Tecnologia (CIT), localizado em Nova Andradina, saída para Angélica, no Estado de Mato Grosso do Sul (22°14'40"S e a 53°21'08"W).

Enquanto que, para o levantamento dos dados foi realizado nas dependências do campus Nova Andradina do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul localizado na Fazenda Santa Bárbara, no Estado do Mato Grosso do Sul (20°04'47,98" S e a 53°57'16,46" W) (**Figura 1**), com elevação de 372 m em relação ao nível médio dos mares, em uma área de solo arenoso irrigado e revolvido.



Figura 1: Localização da área de levantamento.

Fonte: Própria (2023).

Para o aperfeiçoamento, foram utilizados *softwares* de modelagem (no caso, o Tinkerkad) e impressão em três dimensões, afim de desenvolver uma acomodação para o *hardware* do equipamento final que fosse ergonômica e possuísse um baixo custo final, dessa forma foram avaliadas formas de impressão, a fim de selecionar a que tivesse um melhor custo-benefício, o que também impactou na escolha do filamento para impressão, sendo utilizado o termoplástico de ácido-polilático (PLA).

Outro processo realizado durante o aperfeiçoamento do protótipo, foram os testes em campo (**Figura 2**), com o intuito de identificar possíveis problemas na obtenção e armazenagem de dados, além de se buscar possíveis pontos a serem melhorados.

Outro aspecto levado em consideração, durante a atualização do equipamento, foi a distância entre os eletrodos, onde é necessário ter um espaçamento que represente os aspectos físicos e químicos do solo, dessa forma, ARAUJO; SUSZEK E TESSARO realizaram testes com nove espaçamentos diferentes (2, 6, 10, 14, 20, 25, 30, 40 e 60 mm), a fim de identificar o espaçamento que tivesse a melhor representatividade, foi elaborada uma correlação de Pearson



entre a CE_a e alguns atributos do solo.

Quanto ao tamanho dos eletrodos, foi definido considerando as culturas anuais, que possuem sistema radicular menos profundo, o qual se concentra na camada de 0-20 cm (VAN RAIJ, 2011). E tendo em vista que grande parte da produção agrícola é voltada a essas culturas, definiu-se que os eletrodos fossem capazes de alcançar até 20cm de profundidade.

Tendo-se o equipamento em funcionamento, foi solicitado o depósito de patente no Instituto Nacional de Patentes Industriais (INPI), e também foi realizado a validação do código, que consistiu em comparar os dados obtidos com um equipamento comercial da Instrutherm, modelo ECD-3000, com aqueles obtidos com o sistema atual, para isso, foram realizados testes em duas soluções de condutividade elétrica conhecida a fim de avaliar o correto funcionamento do ECD-3000, nelas também foi testado o sistema aperfeiçoado.

Feito essa verificação, realizou-se a validação do código, que consistiu em avaliar a condutividade elétrica de soluções com diferentes concentrações de cloreto de sódio com o ECD-3000 e, logo em seguida, em mesma profundidade e em mesmo ponto, foram feitas as coletas com o protótipo. Em sequência, os dados foram processados em planilha eletrônica, onde foi plotado um gráfico de dispersão, calculou-se a correlação de Pearson e foi traçada uma linha de tendência, da qual foi utilizada a equação na correção dos valores de condutividade obtidos em campo.



Figura 2: Teste de funcionalidade à campo do sistema.



Fonte: Própria (2023).

Após esses processos, e com o equipamento já finalizado, a pesquisa se encaminhou ao mapeamento de uma área irrigada, cujo o intuito era observar a variabilidade espacial da condutividade elétrica aparente em solo arenoso do Cerrado novaandradinense, e analisar uma possível correlação desta com o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

As coletas se estabeleceram em formato de grid regular, que obtinha as dimensões da área de amostragem (que possuía 23x25m) onde foram realizadas coletas em 156 pontos.

Os dados de condutividade elétrica do solo foram convertidos em mS/cm com o auxílio da equação obtida, e foi elaborado um mapa de condutividade elétrica aparente, e outro com os dados de NDVI, e através da análise dos mapas, buscou-se observar alguma correlação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do desenvolvimento do sistema, foi obtido a patente do *software*



desenvolvido, assim como de todo o conjunto necessário para a utilização do sistema (eletrodos e acomodação do sistema). Ou seja, foram obtidas duas patentes a partir do projeto realizado, as quais, no momento da escrita deste, aguardam análise do Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) do IFMS.

O sistema, foi finalizado (**Figura 3**) com aporte para uma bateria, com capacidade suficiente para longos períodos de coleta, além de aporte para coordenadas geográficas e cartão de memória para armazenagem dos dados, além de ser conectado via cabo com os eletrodos.

Figura 3: Protótipo finalizado.



Fonte: Própria (2023).

Quanto aos eletrodos, são constituídos de alumínio, por motivo da corrosão causada pelo solo, após vários períodos de amostragem. Quanto ao seu espaçamento, foi definido uma



distância de 2 centímetros, em função de testes realizados anteriormente por ARAUJO; SUSZEK; ANDRADE (2020), onde se buscou relacionar as características químicas obtidas por meio de uma análise de solo, com a condutividade elétrica aparente (**Tabela 1**).

Tabela 1: Informações da Análise da distância entre eletrodos.

Distância (mm)	Média Ce_a (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; Ce_a - Condutividade elétrica aparente.

Fonte: Katriel; Suszek; Andrade (2020).

Estes eletrodos ficam fixados a uma estrutura de alocação, a qual foi impressa em filamento PLA, de forma sólida, com o intuito de trazer resistência durante a operação, nela foi pensado em um espaço interno capaz de deixar os eletrodos presos internamente. E externamente, essa estrutura possui formato cilíndrico, de tal maneira que, durante a realização de amostragens, traga ergonomia, a fim de que não haja, ou reduza as chances de lesão nos membros superiores.

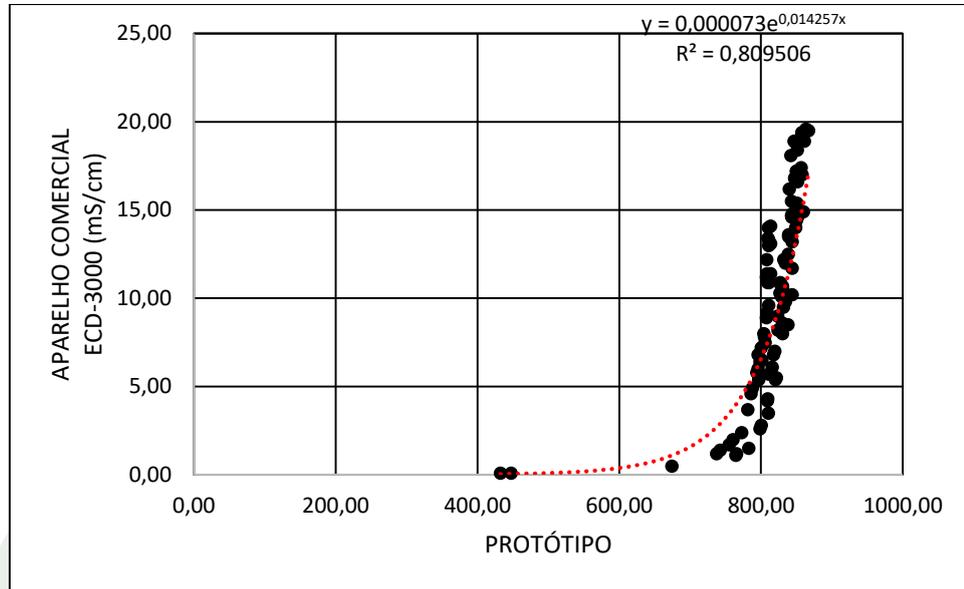
O mesmo foi feito com o restante do conjunto, que lacra e protege o sistema interno, foi construído em uma impressora 3D, o qual tem função de trazer conforto ao operador, baseado nisso, foi inserido um ângulo no canto inferior esquerdo do equipamento, a fim de reduzir os desconfortos causados pela solidez e resistência do material de confecção.

Durante o desenvolvimento do equipamento, foram coletados dados em favor da validação do código, os quais apresentaram um crescimento exponencial, conforme apresentado no **Gráfico 1**, e uma elevada correlação ($r > 0,80$) quando comparados aos dados obtidos com



o aparelho da Instrutherm.

Gráfico 1: Gráfico de validação dos dados.



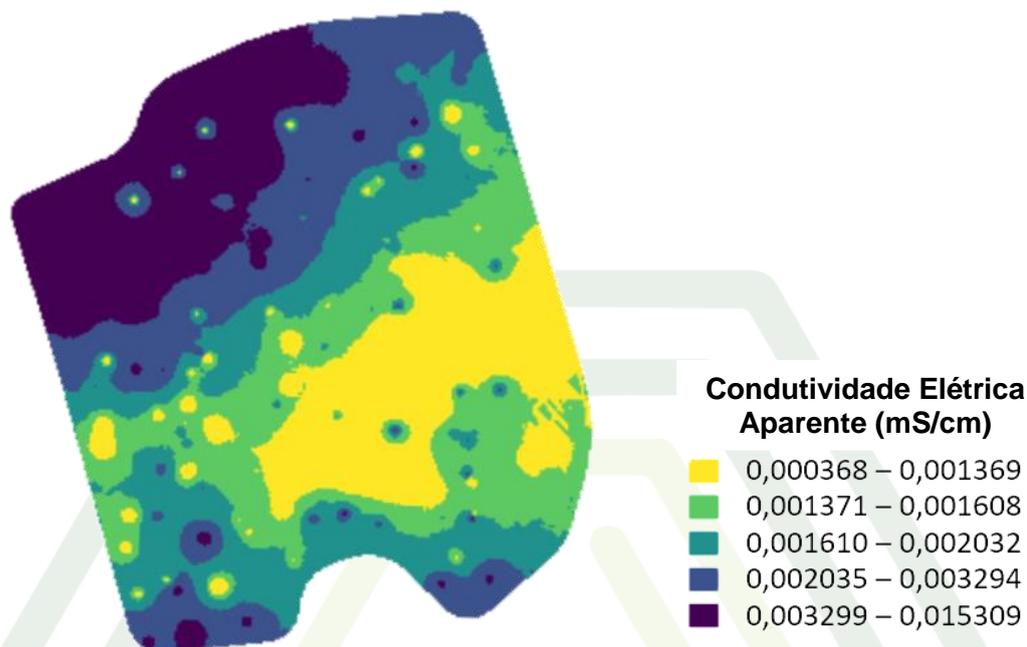
Fonte: Própria (2023).

A partir desses dados, foi elaborada uma linha de tendência exponencial, da qual foi obtida uma equação ($y = 0,000073e^{0,014257x}$), utilizada na correção dos dados obtidos em campo, passando-os para a escala de miliSiemens/centímetro (mS/cm) e elaboração do mapa de condutividade elétrica aparente da área de cultivo.

Também foi possível realizar uma coleta em campo, a qual foi realizada com o intuito de testar o equipamento, a partir desses dados foi possível elaborar um mapa de condutividade elétrica do solo (**Figura 4**), o qual teve seus dados corrigidos em função da equação apresentada no Gráfico 1.



Figura 4: Mapa da condutividade elétrica do solo em área irrigada e revolvida do Cerrado de Nova Andradina.



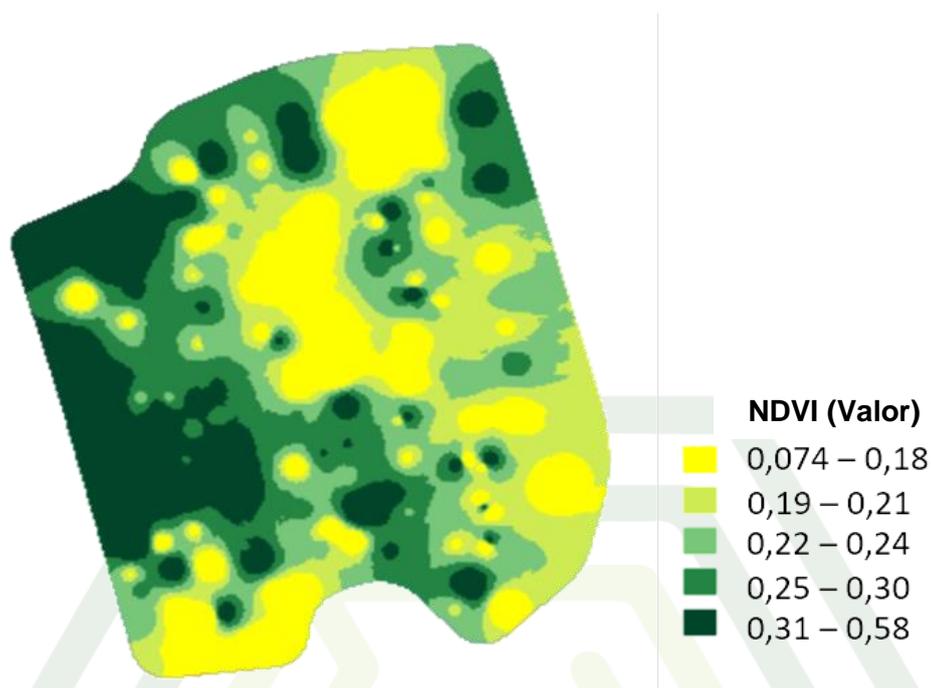
Fonte: Própria (2023).

Por meio desse mapa é possível observar um gradiente de condutividade elétrica, que partem de valores mais baixos na zona central, elevando conforme aproxima-se das bordas da área, com algumas variações pontuais, demonstrando a variabilidade presente em uma área de cultivo, podendo ela estar relacionada a irrigação não tão intensa na faixa central (ocorrida em função do posicionamento dos aspersores), ou por motivos relacionados a fertilidade do solo.

Em contraste a condutividade, o NDVI (**Figura 5**) trouxe resultados bem diferentes, possuindo uma maior concentração em manchas isoladas na área, que seguem de forma perpendicular a condutividade elétrica do solo.



Figura 5: Mapa de NDVI em área irrigada e revolvida do Cerrado de Nova Andradina.



Fonte: Própria (2023).

O NDVI coletado não demonstrou grande relevância nas análises finais, possuindo mínima correlação com a condutividade elétrica, muito provavelmente em função da área ter sido revolvida a pouco mais de três semanas antes do período de coleta, possuindo apenas algumas pequenas plantas rasteiras concentradas em pontos específicos.

Com o término do desenvolvimento do protótipo, algumas exposições em eventos locais foram realizadas (**Figura 6**), com o objetivo de observar o interesse por parte do público, o qual teve boa aceitação, e curiosidade em relação as características do equipamento e de trabalho.



Figura 6: Apresentação na Semana do Meio Ambiente, 2023, realizada pelo IFMS.



Fonte: Própria (2023).

CONCLUSÕES

Concluiu-se que o protótipo atingiu o objetivo de trazer acessibilidade, já que possui um baixo valor de aquisição, ampliando os horizontes da agricultura de precisão. Além de que, esse tipo de análise se mostrou eficiente quanto a fragmentação da lavoura em áreas de manejo, conforme a variabilidade da condutividade elétrica aparente.

Ainda nesse viés, sugere-se reavaliar a correlação entre condutividade elétrica do solo e o NDVI, já que a condutividade se relaciona a uma enorme gama de fatores (como a matéria orgânica e o fósforo), e nesse espectro, o NDVI seria algo que poderia facilitar ainda mais o entendimento sobre os fatores que tem alta influência na condutividade elétrica aparente do solo.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, M. K. S.; SUSZEK, G.; ANDRADE, W. T. MAPEAMENTO DA



CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO UTILIZANDO DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO NA REGIÃO DO VALE DO IVINHEMA - MS. *In: V CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, V.*, 2020, Virtual. **Artigo Completo** [...]. [S. l.: s. n.], 2020. DOI <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VCOINTERPDVAgro.0302>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/348925986_MAPEAMENTO_DA_CONDUTIVIDADE_ELETRICA_APARENTE_DO_SOLO_UTILIZANDO_DISPOSITIVO_DE_BAIXO_CUSTO_NA_REGIAO_DO_VALE_DO_IVINHEMA_-_MS. Acesso em: 1 out. 2023.

BERNARDI, A. C. de C.; INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. *In: BERNARDI, A. C. de C. et al. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: [s. n.], 2014. p. 559 - 577. ISBN 978-85-7035-352-8. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003522/adocao-da-agricultura-de-precisao-no-brasil>. Acesso em: 19 set. 2023.

CARVALHO, G. M. B. *et al.* Variabilidade espacial da condutividade elétrica em solos sob cerrado em diferentes manejos. **II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Brasília - DF, ano 2, p. 2653 - 2658, 2001. Trabalho apresentado no Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (2. : 2001 : Vitória, ES).

CENTENO, L. N. *et al.* TEXTURA DO SOLO: CONCEITOS E APLICAÇÕES EM SOLOS ARENOSOS. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas - RS, v. 4, ed. 1, p. 31-37, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/RBES/article/view/11576>. Acesso em: 11 out. 2023.

COELHO, J. P. C.; DA SILVA, J. R. M.. Agricultura de precisão. **Nova Research Portal**, Lisboa - PT, p. 2 - 33, 2009. Disponível em: <https://novaresearch.unl.pt/en/publications/agricultura-de-precis%C3%A3o-2>. Acesso em: 18 set. 2023.

COSTA, M. M. *et al.* **Condutividade elétrica aparente do solo como ferramenta para agricultura de precisão em uma área sob Cerrado**. 2011. 89 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3594>. Acesso em: 12 out. 2023.

FONSECA SOUZA, C. *et al.* SONDAS DE TDR PARA A ESTIMATIVA DA UMIDADE E DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO. **Revista Irriga**, Botucatu - SP, v. 1, n. 1, p. 12-25, 2006. DOI <https://doi.org/10.15809/irriga.2006v11n1p12-25>. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3222>. Acesso em: 11 set. 2023.

FRANCESCHINI, M. H. D. **Correlação da condutividade elétrica com atributos físico-químicos do solo**. Piracicaba - SP, 2007. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcgiclfndmkaj/http://www.ler.esalq.usp.br/download/gmap/iniciacao/Correlacao%20da%20condutividade%20eletrica2007.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.



MEDEIROS, W. N. *et al.* Condutividade elétrica aparente do solo em dois tipos de solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 49, ed. 1, p. 43-52, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/SmWFgH7wYptNSSc6mwgTxPG/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 11 out. 2023.

INAMASU, R. Y. *et al.* **Agricultura de Precisão: Um novo Olhar**. São Carlos - SP: EMBRAPA Instrumentação, 2011. 334 p. ISBN 978-85-86463-31-0. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916714/agricultura-de-precisao-um-novo-olhar>. Acesso em: 13 set. 2023.

RABELLO, L. M. Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos. **Documentos**, São Carlos - SP, 2009. Disponível em: https://core.ac.uk/display/15427611?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1. Acesso em: 15 set. 2023.

SPERA, S. T. *et al.* **Solos areno-quartzosos no Cerrado: problemas, características e limitações ao uso**. 7. ed. Planaltina - DF: EMBRAPA Cerrados, 1999. 48 p. ISSN 1517-5111. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555305>. Acesso em: 11 out. 2023.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. INTRODUÇÃO À AGRICULTURA DE PRECISÃO: CONCEITOS E VANTAGENS. **Ciência Rural**, Santa Maria - MS, v. 32, n. 1, p. 159 - 163, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/54b6LCQHHRJsnwqdCTGKHtB/>. Acesso em: 15 set. 2023.

VAN RAIJ, B. Melhorando o ambiente radicular. **Informações Agronômicas**, [s. l.], ed. 135, p. 8 - 18, 2011. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmninnkcbppcglcfindmkaj/http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/07522979282F212C83257A8F005D7C7D/\\$FILE/Page8-18-135.pdf](chrome-extension://efaidnbmninnkcbppcglcfindmkaj/http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/07522979282F212C83257A8F005D7C7D/$FILE/Page8-18-135.pdf). Acesso em: 12 out. 2023.

