

# AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE UM MICROCONTROLADOR NA PLATAFORMA ARDUINO NA LEITURA DE SENSORES CONDUTIVIDADE ELETROLÍTICA DO SOLO DE BAIXO CUSTO

Marcos Monteiro Junior (Acadêmico de Eng<sup>a</sup> de Computação UEPG) E-mail: marcos.monteirojr@gmail.com  
Renato Ongarato Nunes (Acadêmico de Eng<sup>a</sup> de Computação UEPG) E-mail: renatoonunes@hotmail.com  
Victor George Celinski (Professor Doutor, do Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Departamento de Informática UEPG) E-mail: vgcelski@uepg.br

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo o estudo da agricultura de precisão, a partir de trabalhos anteriores comparar o resultado de dados coletados por sensores de condutividade eletrolítica utilizando instrumentos de medidas dedicados como ohmímetros, com dados dos mesmos sensores de condutividade elétrica coletados por meio de um microcontrolador utilizando a plataforma Arduino. Com um circuito simples e uso das entradas analógicas do microcontrolador, buscar automatizar alguns processos da análise do solo. Foi escolhida plataforma Arduino, pois utiliza o conceito de *open hardware*, possui bibliotecas e plataforma de desenvolvimento *open source* (livre). Com a escolha dos sensores, o trabalho foi desenvolvido na Fazenda Capão da Onça pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, em uma área com aproximadamente 13 hectares, foram registradas 60 medidas em pontos distintos. Os dados coletados pelo Arduino foram comparados aos resultados obtidos com multímetro analógico. O sistema desenvolvido armazena os dados obtidos em cartão de memória. Como parâmetro comparativo utilizou-se a resistência elétrica do solo. Após a comparação e correlação dos dados, verificou-se a possibilidade de uso do microcontrolador para tomada de medidas de sensores de condutividade elétrica do solo.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão; Condutividade eletrolítica; Microcontrolador; Arduino

## EVALUATION OF THE USE OF A MICROCONTROLLER MEASURES THE PLATFORM ARDUINO SENSOR DATA IN ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SOLO

**Abstract:** This work aims to study the precision agriculture, and from previous studies compare the results of collected data by electrical conductivity sensors using measurement instruments dedicated as ohmmeters, with data from the same electrical conductivity sensors collected through a microcontroller using the Arduino platform. With a simple circuit and the use of analog inputs of the microcontroller, seek to automate some processes of soil analysis. Arduino platform was chosen because it uses the concept of open hardware, have libraries and an open source development platform (free). With the choice of sensors, this work was carried out at the “Fazenda Capão da Onça”, belonging to the State University of Ponta Grossa, in an area of approximately 13 hectares, 60 measurements were recorded at different points. The data collected by Arduino were compared with data obtained using an analog multimeter. The developed system stores the data into a memory card. As a comparator, we used the electrical resistance of the soil. After comparison and correlation of data obtained, it was verified the possibility of making use of the microcontroller to obtain measures from soil electrical conductivity sensor.

**Keywords:** Precision Agriculture; Electrical conductivity; Arduino Microcontroller

### 1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente, a agricultura de precisão (AP), é um sistema de controle agrícola que se baseia na variação espacial de propriedades do solo e nas diversas culturas de lavouras existentes.

Apesar de relatos de que a AP surgiu desde o início do século XX, no entanto, ocorrera na Europa, nos anos 1980, a geração do primeiro mapa de produtividade e nos EUA fora feita a primeira adubação com doses variadas. Porém, foi com o surgimento do GPS em torno de

1990, que então se podia determinar de maneira mais precisa e eficiente a implementação da AP. A partir de 1995, a AP começou a tomar força no Brasil. Mesmo que ainda com poucos e privilegiados agricultores, houveram importações de colhedoras capacitadas com monitores de produtividade.

### **1.1. AGRICULTURA DE PRECISÃO E ANÁLISE DO SOLO**

A agricultura de precisão está ligada diretamente à alta tecnologia. Segundo Castro Coelho e Marques da Silva (2004): “o aumento do rendimento dos agricultores, alcançado por duas vias distintas, mas complementares: a redução dos custos de produção, e o aumento da produtividade (e, por vezes, também da qualidade) das culturas”. A aplicação de um modelo de agricultura de precisão envolve vários fatores, tais como clima da região, incidência solar, doenças da cultura entre outros. Porém, na maior parte dos casos a aplicação de um modelo está ligada ao tipo do solo, à capacidade de reter umidade, conteúdo de nutrientes, pH e matéria orgânica.

A análise do solo é utilizada há anos por agricultores buscando o equilíbrio entre os nutrientes e a acidez do solo. Uma análise precisa significa muitas vezes, uma boa produtividade com um custo menor, e menor impacto ambiental, visto que na correção do solo será aplicada uma dose exata de adubos e/ou produtos para correção do pH, diminuindo desperdícios e danos ambientais.

De acordo com Pincelli (2004), os países desenvolvidos utilizam como técnicas da agricultura de precisão, as correlações encontradas entre os conceitos de condutividade eletrolítica com atributos do solo (textura, umidade, salinidade, acidez). Não obstante, o mesmo relata que os sistemas de condutividade elétrica estão diretamente ligados aos indicadores qualitativos de atributos físico-químico dos solos. Desde o início do século XX, alguns pesquisadores procuravam desenvolver uma metodologia para que os produtores pudessem amostrar, testar e mapear os solos, de forma simples e prática e que resultasse em economia dos insumos aplicados (GUERRA, 2006).

Para Grego et. al. (2006), a investigação de possíveis causas da variabilidade espacial encontrada nos resultados de produtividade das culturas, tem sido atribuída aos fatores de solo, tais como as propriedades físicas e químicas. Entretanto, estas são obtidas por amostragens que exigem na maioria das vezes, alta demanda de mão-de-obra, de tempo e de custo. As medidas elétricas do solo têm chamado a atenção, principalmente por serem obtidas por meio de métodos eficientes e rápidos, como por exemplo, a utilização de sensores de contato direto com o solo.

A utilização de sensores, tem como objetivo também, diminuir o tempo de análise das amostras. Alguns sensores trabalham como instrumentos de medidas: ohmímetro analógico e/ou digital, e capacitômetro digital, para obtenção da diferença de potencial, resistividade e capacitância elétrica do solo. Os dados e posição geográfica obtidos por meio de GPS de precisão, são armazenados em uma planilha eletrônica, e então através de um software de geostatística obtêm-se os mapas: de condutividade, resistividade, resistência e capacitância elétrica do solo, que correlacionados as análises do solo realizadas em laboratório, gerarão os mapas estimados dos atributos do solo correspondentes às referidas análises.

Na busca da diminuição dos custos das ferramentas da agricultura de precisão, dentre outros fatores relevantes, Celinski (2008) propôs a elaboração de um sensor de medidas elétricas. Esse sensor permite a verificação da correlação entre as leituras de resistência e capacitância elétrica com atributos físicos e químicos do solo; estes ligados diretamente à qualidade do solo em análise.

A utilização do mecanismo proposto por Celinski (2008), requer operações como o manuseio de um aparelho GPS comercial, anotações das leituras elétricas em um bloco de notas e operação de multímetros analógicos/digitais.

O emprego de microcontroladores possibilita automatizar e unir parte das tarefas, em único aparelho, tornando o processo mais dinâmico, fornecendo respostas imediatas nos nutrientes ao agricultor, evitando o desperdício de adubos. Para executar a automatização, é necessário anteriormente, avaliar a resposta de sensores já testados com a resposta do novo sistema embarcado.

Este trabalho tem como objetivo comparar e correlacionar, os resultados obtidos de leituras dos sensores de condutividade elétrica do solo, utilizando-se de um ohmímetro analógico, e da plataforma microcontrolada Arduino, que armazena automaticamente os dados obtidos durante as leituras em um cartão de memória SD (*secured digital content*), para que possam ser analisados e comparados, posteriormente, dando o suporte necessário à proposta de pesquisa.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta dos dados da pesquisa foi realizada em uma gleba da Fazenda Capão da Onça, pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, localizada na região dos Campos Gerais, no município de Ponta Grossa, no estado do Paraná. Para realizar as medidas de resistência elétrica do solo, foi utilizado um sensor desenvolvido por Celinski (2008), este sensor é composto por uma haste de PVC com terminais em cobre (Figura 1A). A resistência elétrica foi primeiramente medida com um multímetro analógico Marca F&M, e logo em seguida foi realizada a medida da resistência elétrica com o arduino. Na figura 1B observamos os sensores no solo e os instrumentos de medidas realizando as coletas dos dados o microcontrolador encontra-se dentro do *case* (azul).



Figura 1 – (A) “Sensor haste”. (B) - Análise da terra.

Para o microcontrolador funcionar como ohmímetro, e transformar o sinal analógico em valores de resistência elétrica, utilizou-se um circuito com um resistor no valor de  $10K\Omega$ , com funcionamento de *PULLDOWN*, alimentação de 5V e a saída analógica entre o resistor a ser lido com a resistor de *PULLDOWN* (Figura 2), por fim a programação o arduino. Para o desenvolvimento do software emprega-se a ferramenta Arduino IDE alpha 0022. Essa ferramenta é de código livre e utilização livre, assim como todas as bibliotecas usadas no

desenvolvimento do projeto. Arduino IDE, é muito flexível em relação a programação, permitindo ao usuário a utilização de linguagem de baixo e alto nível na mesma aplicação. Foi utilizada no protótipo a linguagem de programação C, e, algumas bibliotecas compiladas em linguagem C++.

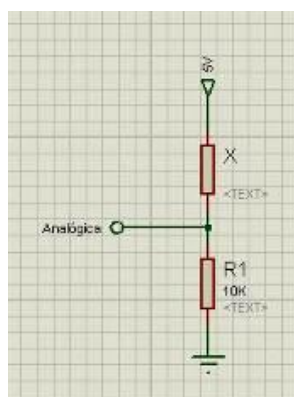


Figura 2 - Circuito para leitura de resistência.

O microcontrolador Arduino foi ajustado e calibrado para fazer múltiplas medidas via software, totalizando 10 medidas por ponto, com o tempo de meio segundo entre elas, após, o microcontrolador apresentou como resultado a média das 10 medições. Para verificar a correlação entre as medições, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, que é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis, realizada no programa Microsoft Excel 2007.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O microcontrolador AVR na plataforma arduino utilizado no experimento com suas devidas calibrações de hardware e programações de software para trabalhar como ohmímetro resultou num instrumento simples, de baixo custo e de fácil manuseio para realização das medidas e armazenamento dos dados obtidos pelos sensores de medidas elétricas do solo. O circuito eletrônico do microcontrolador com suas adaptações encontra-se dentro do case (azul) conforme a Figura 1B, desenvolvido para ficar mais pratica sua operação e também efetuar sua proteção externa.

Os dados coletados pelo protótipo foram organizados e salvos em uma planilha de Excel para fácil visualização e manipulação, (Figura 3):

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Resistenci	Latitude	Orientaca	Longitude	Orientaca	Altitude	Data	Hora
2	3519.39	25.057.413 S		50.030.313 W		1035.4	14/06/2012	15:44:00

Figura 3 – Apresentação dos dados armazenados no cartão SD.

O resultado das análises de correlação linear de Pearson, entre as leituras do sensor de condutividade elétrica do solo, por meio do ohmímetro analógico e pelo microcontrolador apresentou coeficientes de correlação igual a 0,89 unidade. Pode-se notar que os resultados dos índices de correlação foram muito próximos e, apresentaram seus índices uma forte correlação, segundo classificação de DORIA FILHO, 1999. Observa-se pelos resultados, que

podem ter ocorrido algumas falhas: intervalo entre as medidas o sensor pode ter sido movido do local da primeira amostragem; falha humana na leitura do ohmímetro analógico; o protótipo desenvolvido apresentou o consumo energia da bateria no decorrer das medidas em campo, baixando seu valor de tensão elétrica nominal, o que pode ter causado alterações baixas nos resultados. Na Tabela 1, pode-se verificar os valores das medidas de resistência elétrica do solo, obtidas utilizando ohmímetro analógico e microcontrolador Arduino para os sensores de medidas elétricas confeccionados em PVC.

Tabela 1 – Dados obtidos na Fazenda Capão da Onça pelo sensor de PVC.

Resistência MC(Ohms)	Resistência multímetro (Ohms)
10000	10000
1400000	500000
770000	720000
16850	22000
555000	500000
70800	20000
9700	7000
3500	1000
4900	2500
8600	6000

#### 4. CONCLUSÕES

Para as condições em que esta pesquisa foi realizada, o microcontrolador apresentou capacidade para medir as variações da resistência elétrica do solo, correlacionando-se fortemente com as medidas obtidas pelo ohmímetro analógico. Isto demonstrou a possibilidade do seu uso para verificar a fertilidade do solo, possibilitando assim, na sequência do trabalho de pesquisa, executar as expressões matemáticas que representam a correlação entre as propriedades elétricas do solo com análise laboratorial das propriedades física e químicas do solo, propiciando, para as pesquisas futuras, gerar mapas dos atributos do solo visando aplicações na agricultura de precisão.

#### REFERÊNCIAS

**CELINSKI, V. G.; CELINSKI, T. M.** *Sensor de resistência elétrica e sua correlação com a textura do solo*, In: IX Encontro de Pesquisa da UEPG, Ponta Grossa, 2010. Disponível em [http://www.eventos.uepg.br/epuepg/artigo.php?id\\_artigo=573](http://www.eventos.uepg.br/epuepg/artigo.php?id_artigo=573) consulta em 29 de agosto de 2012.

**CELINSKI, V. G.** *Desenvolvimento de sensor elétrico de contato e correlações com atributos do solo visando à agricultura de precisão*. 2008. 121 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

**DORIA FILHO, U.** *Introdução a bioestatística: para simples mortais*. São Paulo: Negócio, 1999, 152p.

**GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; MOLIN, J. P.; MIGUEL, F. R. M.; PAVLU, F. A.** *Variabilidade espacial da condutividade elétrica do solo e da produtividade da mamona (*Ricinus communis* L.) no sistema de plantio direto*. In: 2º. Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão. Anais... São Pedro, SP, 2006.

**GUERRA, S. P. S.** *Desenvolvimento de um sistema informatizado de menor custo para aquisição e armazenamento de dados de sensores analógicos e receptor GPS*. 2006. 118 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

**PINCELLI, A. L. S.** *Desenvolvimento e ensaios de um sistema de mensuração de condutividade elétrica do solo*. 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.