



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Uso de tecnologias livres na coleta de dados meteorológicos no campo

Celso Correia de Souza- Universidade Uniderp, e-mail: csouza939@gmail.com (autor correspondente), Jivan Yari- Universidade Uniderp, José Antonio Maior Bono- Universidade Uniderp, Raul Asseff Castela- Universidade Uniderp

Artigo recebido em 11/09/2019 e aceito em 08/05/2020

RESUMO

O uso de tecnologia no campo está se tornando muito comum nos países mais desenvolvidos, muito em função da competitividade e eficiência exigidos pelo agronegócio, no entanto, seu uso parece se aplicar mais em grandes propriedades agropecuárias se distanciando de pequenos agricultores, que ainda não a incorporaram em seu processo produtivo. Teve-se por objetivo no presente trabalho criar um equipamento agrometeorológico portátil e de baixo custo utilizando o Arduino, um conjunto computacional com sensores e componentes para coleta de dados, e o Android, sistema operacional mais utilizado em dispositivos móveis na atualidade. Os resultados das coletas realizadas para o trabalho, em análise comparativa com equipamento profissional de centro meteorológico de uma universidade mostraram confiabilidade dos dados e, portanto, a viabilidade no uso das informações geradas podendo subsidiar tomadas de decisão do pequeno produtor em ações de planejamento.

Palavras-chave: agronegócio, dados agrometeorológicos, Arduino, Android.

Use of free technologies in the collection of meteorological data in the field

ABSTRACT

The use of technology in the field is becoming very common in most developed countries, largely because of the competitiveness and efficiency demanded by agribusiness, however, their use seems to apply more in large agriculture and livestock properties moving away from small farmers, who still They not incorporated in its production process. We had it intended in this work to create a portable agro-meteorological equipment and low cost using the Arduino, a computer set with sensors and components for data collection, and the Android operating system most used on mobile devices today. The results of the samples taken to work in comparative analysis with professional equipment meteorological center of a university showed reliability of the data and therefore the viability of the use of information generated could subsidize taken of the small farmer decision on action planning.

Keywords: agribusiness, agro-meteorological, Arduino, Android.

Introdução

As empresas produzem seus produtos e serviços pesquisando, concomitantemente, como antecipar consequências negativas ao negócio, procurando obter o máximo de eficiência produtiva. O Agronegócio não se distancia deste cenário, uma vez que este setor demanda cada vez mais alta tecnologia para fazer frente a crescente demanda de produtos do agronegócio (Miranda *et. al*, 2017).

Neste sentido, o Brasil, a partir da década de 1960, passou por um processo de dinamização e considerada modernização do setor agrícola (Silva *et. al*, 2019).

Como sendo um destes novos processos, a agricultura de precisão é caracterizada como um novo formato de gestão no agronegócio, podendo melhorar os resultados do negócio considerando variabilidade espaço-temporal, diminuição de

riscos ambientais e de produção (Machado *et al.*, 2018).

A agricultura de precisão surge como uma alternativa as técnicas tradicionais de produção dentro do agronegócio, objetivando-se ao uso de tecnologias aplicadas no dia a dia para melhorar os resultados e diluir os riscos (Matias *et al.*, 2019).

A agricultura de precisão é conceituada por ser uma inovação tecnológica a qual possibilita otimizar o uso dos recursos naturais e insumos agrícolas com o objetivo de dar eficiência ao processo de produção (Artuzo *et al.*, 2017).

A agricultura de precisão (AP) é uma inovação tecnológica que possibilita racionalizar o uso dos recursos naturais e insumos agrícolas, melhorando a eficiência no processo produtivo (Santos e Oliveira, 2019).

O avanço tecnológico dos últimos anos tem permitido o uso quase que em tempo real de diversos dados dos negócios ligados ao agronegócio, permitindo a otimização dos recursos e garantindo maior produtividade (Almeida e Guimaraes, 2017).

O avanço da agricultura de precisão alavanca o desenvolvimento do agronegócio. Recursos antes inacessíveis como sistemas de automação, monitoramento e sensoriamento remoto tem alcançado o meio rural permitem a melhoria na qualidade e no aumento da escala de produção, aumentando com isso a produtividade e a competitividade no campo (Carneiro *et al.*, 2017).

No entanto, o uso da tecnologia no campo não tem alcançado a todos, principalmente os pequenos produtores e de países mais pobres.

Cirani & Moraes (2010) afirmam que a agricultura de precisão e suas tecnologias estão sendo adotadas na agricultura brasileira, sendo indispensáveis para garantir a liderança do país na produção. Alertam que ainda não existem estudos sobre a intensidade do seu uso no país e dos condicionantes de sua adoção.

O uso de novas tecnologias, entre elas a agricultura de precisão no agronegócio brasileiro se mostrou essencial, pois com isso a produtividade aumentou e novos ganhos foram possíveis (Vieira Filho & Fishlow, 2017).

Para Silva *et al.* (2012) a agricultura de precisão relaciona conceitos inovadores e desafiadores que interagem de forma bastante coesa com a otimização da produtividade, em contrapartida a um menor impacto ambiental possível. O diferencial para a adoção da agricultura de precisão deve estar fundamentado na redução do

uso de insumos e agrotóxicos, refletindo na melhoria na preservação do meio ambiente, ao mesmo tempo em que propicia aumento da produtividade com reflexos na melhoria da competitividade, propiciando maiores ganhos financeiros.

Molin & Castro (2008) argumentam que uma das mais desafiadoras etapas da agricultura de precisão trata-se do delineamento de unidades de gerenciamento realizadas de forma diferenciadas, determinando com sucesso regiões uniformes em termos de atributos da fertilidade dos solos que são de suma importância para o desenvolvimento das culturas.

Segundo Camargo *et al.* (2006) as características do clima não se apresentam mais como as anteriores, assim, invernos quentes com fortes incidências de eventos extremos de frio e períodos de estiagem mais prolongadas são alguns exemplos de alterações climáticas que têm causado grandes impactos.

Mantovani *et al.* (2005) descreve três fases distintas da agricultura de precisão: coleta dos dados meteorológicos por meio dos sensores do tipo Data Loggers (coletor/gravador de dados), e georeferenciamento, por meio do Global Position System - Sistema Global de Posicionamento (GPS), instalados nos equipamentos de colheita; organização dos dados em mapas; interpretação e diagnóstico dos dados coletados; e, interferência no sistema de produção.

Na visão de Terra *et al.* (2011), elementos como tempo e clima afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das culturas sobre diferentes formas e nas diversas fases do seu ciclo de crescimento podendo ocasionar prejuízos na sua produção. Portanto, os dados de temperatura e umidade relativa do ar têm importância extrema no clima de determinada região, interferindo diretamente no rendimento das culturas, tornando o estudo dessas variáveis relevante no planejamento das atividades agrícolas.

O zoneamento agroclimático trata das informações meteorológicas de cada região, as quais determinam a aptidão climática da localização geográfica do cultivo, sendo estas diferentes de área para área. As tomadas de decisão são as ações com base na avaliação das informações disponíveis, portanto, a possibilidade de decidir entre as várias opções alternativas que levam a determinando resultado (Umbelino *et al.*, 2018).

Assim, o planejamento agrícola, segundo Monteiro (2009), refere-se às ações relativas ao passo anterior ao cultivo, assim, tem-se que o planejamento se baseia nas informações advindas do clima e de suas variabilidades no local em que se pretende realizar o cultivo.

O Brasil tem o setor agropecuário muito forte dentro da sua economia, com heterogeneidade estrutural e produtivo, e que existe grande necessidade de informações meteorológicas e climatológicas que capacitem os empresários do setor a tomarem as melhores decisões operacionais, no sentido de melhorar o uso da terra, aumentar a produção de alimentos e evitar degradações dos recursos naturais, principalmente, da água e solo (Souza et. al, 2019).

As estações meteorológicas, geralmente de altos custos de implantação e operação, instaladas nas cidades abrangendo grandes regiões, não atendem os produtores rurais em todas as suas necessidades locais. Há a necessidade de dados pontuais e personalizados para cada microrregião e cultura.

Desta forma, torna-se um entrave para o setor agropecuário, em especial para os pequenos e médios produtores, obter ganho de produtividade sem o uso de tecnologias.

Neste contexto, o uso de tecnologias livres como o Arduino e Android para desenvolver o equipamento de coleta de dados meteorológicos, torna-se uma alternativa interessante, uma vez que o seu baixo custo de desenvolvimento torna possível projetos envolvendo uso de sensores, permitindo assim um ser um auxílio importante à tomada de decisões no ciclo produtivo.

Margolis (2011) descreve que o Arduino foi projetado para ser de fácil acesso tecnológico àqueles que não possuem conhecimento de programação ou de eletrônica, podendo construir objetos que respondam à ação de luz, som, toque e movimento, permitindo assim criar uma infinidade de projetos, incluindo instrumentos musicais, robôs, esculturas de luz, jogos, roupas interativas, entre outros, de forma livre.

Souza *et al.* (2011) descrevem o Arduino como uma plataforma de hardware Open Source (código aberto), de fácil utilização e criação de dispositivos com interação com o ambiente, que utilizem como entrada sensores de temperatura, luz, som, entre outros, e como saída leds, motores, displays, autofalantes ou outros sensores e módulos, criando desta forma possibilidades ilimitadas.

Cavalcante *et al.* (2011) explicam que o Arduino é uma plataforma que criada para promover a interação física entre o ambiente e o computador utilizando dispositivos eletrônicos de forma simples e baseada em softwares e hardwares livres, ou seja, consiste em uma placa de circuitos com entradas e saídas para um microcontrolador.

Jobstraibizer (2009) define o Android como um sistema operacional Open Source para dispositivos móveis, adquirido pelo Google em 2005, com o objetivo de abranger seus softwares ao maior número possível de usuários, sendo atualmente o sistema operacional mais utilizado em dispositivos móveis.

Para Darwin (2012), os aplicativos Android são escritos na linguagem de programação Java antes de serem convertidos no formato de arquivo de classe próprio, que além de ser o nome da plataforma, também é o nome de uma ferramenta para criação, atualização e gerenciamento de projetos para dispositivos móveis.

Lechetta (2012) cita que o mercado de dispositivos móveis está crescendo cada vez mais, sendo que estudos mostram que atualmente mais de 3 bilhões de pessoas possuem um smartphone ou tablet, e isso corresponde a mais ou menos metade da população mundial, assim os usuários comuns, por estar mais acessível, estão procurando cada vez mais celulares com diversos recursos como câmeras, ótima interface visual, GPS, acesso a internet e e-mails.

Mednieks (2012) descreve o Eclipse como uma ferramenta geralmente utilizada como um ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) capaz de escrever, testar e depurar software, especialmente software Java, que adicionada de plugins (softwares extras) pode ser utilizado no desenvolvimento de aplicações Android.

Diante da problemática de obter equipamentos precisos e de baixo custo para melhorar a produtividade o objetivo principal desta pesquisa foi o de construir uma miniplataforma de coleta de dados agrometeorológicos preciso e acessível a pequenos produtores rurais que não possuem acesso a equipamentos de alto custo para uso de informações e de soluções tecnológicas em seu ciclo produtivo.

A partir disso, a hipótese a ser testada no trabalho é de que é possível desenvolver equipamentos de baixo custo com precisão para coleta de dados agrometeorológicos.

Material e métodos

Foram utilizados neste trabalho dispositivos (hardware) e programas computacionais (software) descritos a seguir.

Hardware: 01 Kit Arduino UNO Rev3 (Arduino e cabo USB conector de dados e energia); 01 Protoboard; 01 Sensor de temperatura e umidade DHT22; 01 Sensor de pressão e altitude BMP085; 01 Módulo de Leitura/Escrita Cartão SD; 01 Resistor 10 K Ω ; 08 Fios jumper Premium macho de 20 cm; 17 Fios jumper Premium macho de 10 cm; 01 Conector de energia; 01 Chave liga/desliga; 01 Cartão de armazenamento de memória Flash SD; 02 Baterias de celular Li-ion usadas de 3,7 V e 1000 mAh; 01 Placa solar 6 V e 400 mA (13 x 13 cm); 01 Notebook (Core i3 – QuadCore, 4 GB memória RAM e 500 GB de disco rígido).

Software: Sistema operacional Linux Ubuntu 13.04 ou Microsoft Windows 8@; fritzing.0.8.2b.64.pc.zip; Software Processing Arduino: arduino-1.0.5-linux64 ou arduino-1.0.5-windows.exe, ADT Bundle: adt-bundle-linux-x86_64-20130219 ou ADT-bundle-windows-x86_64-20131030.zip.

O trabalho constitui-se de uma pesquisa experimental, de conhecimento e descrição fatos, experiências e fenômenos, planejamento de arquitetura do conjunto de hardware, sensores, fios e demais componentes, desenvolvimento de códigos, consulta e revisão de literatura, resultando na criação de hardware e softwares que regulam as funcionalidades do equipamento e na formatação da saída de dados.

A estrutura do presente trabalho se divide nas seguintes etapas: Testes no Arduino; Sensores e módulo; Protótipo, e; Aplicação Android.

A fase de testes no Arduino foi determinada pelos testes de funcionamento realizados na placa, tais como: ligação dos cabos na placa e no notebook; verificação de resposta via leds, do fornecimento de energia; upload (transferência) de programas à memória flash da placa; verificação da resposta a código prevendo saída de sinal luminoso e verificação da resposta via saída serial do Processing.

A fase seguinte consistiu na montagem de todos os sensores, módulos e códigos de forma individual, realizando os testes de ligação dos componentes com a placa, execução do código e, posteriormente, realizadas as interconexões de todos os sensores, inserção das respectivas bibliotecas e módulos, junção de seus códigos e testes posteriores de coleta de dados.

A descrição dos sensores, dos procedimentos e testes segue conforme descrito:

O sensor DHT22 possui 5 pinos com o seguinte esquema de interligação: pino 1 - na alimentação de energia de 5 V do Arduino; pino 2 - ligado a um resistor de 10 K Ω e deste na alimentação de energia de 5 V do Arduino; pino 3 - na entrada PWM 5 na placa, e que consta no código a interligação com o PWM 5 na entrada 4 do Arduino, que é um dos pinos de entrada digital, responsável pelo envio dos dados do sensor à placa; pino 4 - sem ligação; pino 5 - ligado ao terra (neutro) via protoboard no GND.

Realizadas as conexões, o conjunto foi ligado a um notebook via cabo USB e executados os seguintes passos: inicialização do ambiente de programação Processing; inserção do código; importação a biblioteca DHT22.h para o diretório libraries; verificação e depuração de erros; envio do código ao Arduino e; execução e verificação dos dados coletados via saída serial.

A montagem do sensor BMP085 não utilizou protoboard e seguiu as especificações descritas a seguir: pino 1 (VCC) - ligado ao Arduino na conexão de alimentação de energia de 5 V; pino 2 (GND): na conexão terra ou neutro; pino 5 (SCL - Relógio Serial): ligado à conexão ANALOG IN 5 (fio verde); pino 6 (SDA - Dados Serial): ligado na ANALOG IN 4.

Após a montagem foram realizados os passos: inicialização o ambiente de programação Processing; inserção do código; importação da biblioteca BMP085.h para o diretório libraries; verificação e depuração de erros; envio do código; execução e verificação dos dados coletados via saída serial.

O Módulo SD Card possui 16 pinos organizados e funcionando em 8 pares, que são ligados ao Arduino da seguinte forma: pinos 1 e 2 (par 1): terra (neutro), conectados ao GND; pino 3 e 4 (par2): + 3,3V, conectados à saída 3,3V; pinos 5 e 6 (par 3): + 5v, não conectados; pinos 7 e 8 (par 4): SDCS, conectados à entrada digital PWM 7 do Arduino; pinos 9 e 10 (par 5): MOSI, conectados à entrada digital PWM 11; pinos 11 e 12 (par 6): SCK, conectados à entrada digital PWM 13; pinos 13 e 14 (par 7): MISO, conectados à entrada digital PWM 12; pinos 15 e 16 (par 8): GND, não conectados.

Para determinar o tempo (data, hora, minuto e segundo), foi criado código utilizando a função millis(), específica para contagem e tratamento do tempo decorrido, retornando o número de milissegundos desde o início da

execução do código enviado, gerando assim a data e a hora para cada coleta realizada pelo equipamento. Criou-se uma rotina de periodicidade de escrita no cartão de memória a cada 5 minutos, padrão de coleta do equipamento da estação meteorológica com a qual se fez comparação.

Encerrada a fase de montagem, instalação, codificação, depuração e captação individual de cada um dos sensores DHT22, BMP085, da rotina de Data/Hora e do módulo SD Card, o passo a seguir consistiu na integração de todos os sensores e módulos no protótipo e na integração de todos os códigos, para que a coleta, leitura e retorno dos dados pudessem ser feitos de forma unificada.

Os passos percorridos foram: interligação dos sensores e módulos ao protoboard e ao Arduino; inicialização do ambiente de programação Processing; inserção do código unificado (DHT22, BMP085, rotina Data/Hora e SD Card); verificação e depuração de erros; envio do código; execução e; verificação dos dados coletados via saída serial.

O Arduino necessita de uma voltagem (ddp – diferença de potencial) igual ou superior a 6 V. Decidiu-se usar bateria de telefone celular no experimento (voltagem de 3,7 V) interligando duas em série (polo positivo de um ligado ao polo negativo do outro) para alcançar voltagem com valor aproximado de 8,3 V.

Para que o sistema fosse auto carregável, evitando constante troca de pilhas ou baterias, utilizou-se placa solar, para aproveitamento da energia luminosa, ligado às baterias. Os testes realizados demonstraram as baterias sendo carregadas pela placa solar durante o período do dia. Teste realizado às 16h30min h resultou em uma medição aproximada de 8,36 V, portanto, suficiente para abastecer o conjunto de baterias do equipamento.

Após a finalização do protótipo, a miniplataforma de coleta de dados agrometeorológicos, como foi chamado, com todos os seus componentes, foi condicionado em uma caixa hermética, para resguardar circuitos e fiação das intempéries da natureza, como por exemplo, frio, sol e chuva, eficaz na proteção do equipamento.

De forma complementar a coleta de dados pela miniplataforma foi criada uma aplicação Android (app), chamada de DroidReport, que possibilita a leitura dos dados gravados em um Cartão SD utilizando-se um dispositivo móvel (como tablete ou smartphone) que tenha como sistema operacional o Android.

Resultados e discussão

Após os testes individuais de cada um dos itens descritos, houve a junção de todos os sensores e módulos, como também, de seus respectivos códigos, de forma que os resultados fossem a coleta conjunta de dados necessários para que tivesse uma saída de dados satisfatória.

A interligação dos componentes seguiu o planejamento do projeto de arquitetura de hardware realizado utilizando-se o programa Fritzing, iniciando pelo DHT22, passando pelo BMP085 e finalizando com o módulo de leitura/gravação SD Card e, em seguida, houve a junção de todos os códigos gerados para cada um dos componentes, sensores e módulos.

Em todos os passos, tanto nos testes individuais dos códigos, quanto da sua junção em um programa único, houve a necessidade de testes de depuração dos erros, alguns causados por erros de portas lógicas ou digitais, necessitando que fosse realizado um teste de depuração minucioso item por item, já que nem sempre são apontados pelo programa depurador (debugger).

Outros erros foram causados pelo uso de bibliotecas (libraries) e funções erradas, pois há várias bibliotecas disponíveis para o mesmo sensor, de fabricantes diferentes, ocasionando assim a sua impossibilidade de execução. Alguns erros não permitem o envio do código a outros, ocasionando não funcionamento dos sensores.

A associação dos códigos dos sensores, temporizador e do cartão SD foi concluído após diversas tentativas, havendo necessidade de se alterar códigos, testar bibliotecas diferentes, resolver os problemas gerados, testar formatos de saídas e realizar os cálculos necessários, como por exemplo, o da conversão da pressão da unidade Pascal para a Atmosfera e o de altitude para altitude real.

Com relação aos custos, que foram calculados sempre com o objetivo de se obter o menor valor possível, justificando o uso de tecnologias livres, para possibilitar um equipamento funcional, prático, útil e de fácil acesso, incluindo os softwares criados, a todos os produtores rurais.

A Tabela 1 apresenta os gastos realizados na compra de hardwares e demais componentes. Os códigos e o programa (app) produzidos para o equipamento foram feitos utilizando-se softwares livres (Free Software), não produzindo, portanto, custos ao projeto.

Tabela 1. Custo dos componentes e dos softwares utilizados no protótipo da miniplataforma para coleta de dados agrometeorológicos

Quantidade	Item	Valor unitário (R\$)*	Valor total (R\$)
01	Placa Arduino Uno Rev3 + cabo USB	39,00	39,00
01	Protoboard	10,00	10,00
23	Fio jumper	0,20	4,60
01	Sensor DHT22	20,00	20,00
01	Sensor BMP085	20,00	20,00
01	Módulo SD Card	10,00	10,00
01	Cartão memória SD Card - 2 GB	10,00	10,00
02	Bateria de celular (usada)	0,00	0,00
01	Placa Solar	34,00	34,00
01	Conector de energia	1,00	1,00
01	Chave liga/desliga	1,00	1,00
01	Caixa hermética (armazenamento do equipamento)	20,00	20,00
Total (valor em R\$):			170,00

* Os preços pesquisados são referentes à data de 15 de outubro de 2013, portanto, podendo sofrer alterações devido à inflação do período.

A consulta dos preços dos componentes utilizados, realizada junto aos fornecedores dos componentes, indica que quando adquiridos em lotes (atacado)

sofrem uma redução de custo de aproximadamente 20%, que possibilita, portanto, se aproximar do valor calculado na Tabela 2.

Tabela 2. Valor total dos componentes e os softwares adquiridos no atacado

Valores calculados	Porcentagem (%)	Valor (R\$)
Total geral (Quadro 1)	100	170,00
Redução de custos (compra por atacado)	20	34,00
Total com redução de custos	80	136,00

O valor de R\$ 136,00 (cento e trinta e seis reais) pode ser considerado viável em contrapartida aos benefícios das informações fornecidas que a miniplataforma pode trazer ao produtor rural em vista de outros equipamentos similares que existem no mercado.

O aplicativo Android (app) foi criado utilizando-se a interface de programação Eclipse, testado no emulador AVD (Android Virtual Device - Dispositivo Virtual Android), analisado o layout e a forma de visualização dos dados pelo usuário e testado até obter êxito na saída dos dados da forma desejada.

Os arquivos utilizados para criar o app (aplicativo) foram: `mainactivity.java`, arquivo que define as funcionalidades Java da aplicação Android e; `activity_main.xml` que é o arquivo de layout da tela principal do aplicativo Android. Após a fase de testes no AVD, a aplicação `DroidReport.apk`, nome do arquivo de instalação gerado pelo Eclipse, foi copiada em cartão SD, transferida aos dispositivos móveis tablet e smartphone.

Terminadas as fases de testes, o cartão de memória com os dados meteorológicos coletados e gravados foi inserido em ambos dispositivos e, utilizando-se a aplicação `DroidReport`, obteve-se a leitura dos resultados gerados diretamente do cartão, como era esperado e que fora mensurado nos testes realizados anteriormente no AVD.

A finalização dos testes implicou com a colocação da miniplataforma em campo, no Centro Meteorológico da Universidade Anhanguera-Uniderp, junto à

Plataforma Vantage Pro2-Duo, da empresa Davis Corporation & Co., fabricada nos Estados Unidos da América (EUA), papara efeito de validação dos dados e cálculos de possíveis erros do protótipo em relação ao equipamento certificado.

A coleta de dados para os testes de validação foi realizada das 8:30 horas do dia 20 de abril de 2014 às 5:50 horas do dia 22 de abril de 2014, sendo realizadas coletas de dados de temperatura (em graus Celsius), de umidade relativa do ar (em porcentagem) e da pressão (em Bar), em intervalos de 5 em 5 minutos, por esta ser a periodicidade de coleta do equipamento certificado.

A Tabela 3 mostra parte da planilha com dados coletados (20 instantes dos 620 (20 instantes dos 620 utilizados), com data, hora, temperatura, umidade e pressão do equipamento certificado e do protótipo da miniplataforma.

Tabela 3. Quadro comparativo dos dados do equipamento certificado PCD-Uniderp e da miniplataforma

Período		Temperatura (°C)		Umidade (%)		Pressão (Bar)	
Data	Hora	PCD	Miniplataforma	PCD	Miniplataforma	PCD	Miniplataforma
21/02/14	09:00	22,10	22,00	75,00	74,50	1001,70	998,74
21/02/14	09:05	22,10	22,00	75,00	74,50	1001,60	998,74
21/02/14	09:10	22,00	22,00	75,00	74,50	1001,70	998,74
21/02/14	09:15	22,00	22,00	75,00	74,50	1001,80	998,74
21/02/14	09:20	22,00	22,00	75,00	74,50	1001,80	998,74
21/02/14	09:25	22,00	22,00	75,00	74,50	1001,80	998,74
21/02/14	09:30	21,90	22,70	75,00	74,50	1001,80	998,74
21/02/14	09:35	21,90	22,70	75,00	74,50	1001,80	998,74
21/02/14	09:40	21,90	22,70	75,00	74,50	1001,80	998,74
21/02/14	09:45	21,80	22,70	75,00	74,50	1002,00	998,78
21/02/14	09:50	21,80	22,50	75,00	74,50	1002,10	998,78
21/02/14	09:55	21,80	22,50	75,00	74,50	1002,10	998,78
21/02/14	10:00	21,80	22,50	75,00	74,50	1002,20	998,78
21/02/14	10:05	21,80	22,50	75,00	74,50	1002,30	998,78
21/02/14	10:10	21,80	22,50	75,00	74,50	1002,40	998,78
21/02/14	10:15	21,80	22,50	75,00	74,50	1002,40	998,80
21/02/14	10:20	21,90	22,70	75,00	74,50	1002,50	998,80
21/02/14	10:25	21,90	22,70	75,00	74,50	1002,70	998,80
21/02/14	10:30	22,00	22,00	75,00	74,50	1002,70	998,80
21/02/14	10:35	22,00	22,00	75,00	74,50	1002,70	998,80

PCD-Uniderp: Plataforma Vantage Pro2-Duo (Empresa Davis Corporation & Co.) Miniplataforma: equipamento construindo com Arduino de sensores de coleta de dados).

Com a finalidade de estabelecer comparações e verificar o nível de precisão do protótipo de plataforma de captação de dados agrometeorológicos desenvolvido nesta pesquisa em relação à Plataforma Vantage Pro2-Duo (PCD-Uniderp), da Universidade Anhanguera-Uniderp,

foram calculados os erros quadráticos e traçados alguns gráficos para uma melhor visualização.

A Figura 1 ilustra o gráfico comparativo entre as temperaturas, em graus Celsius (°C), do equipamento PCD-Uniderp e da miniplataforma construída.

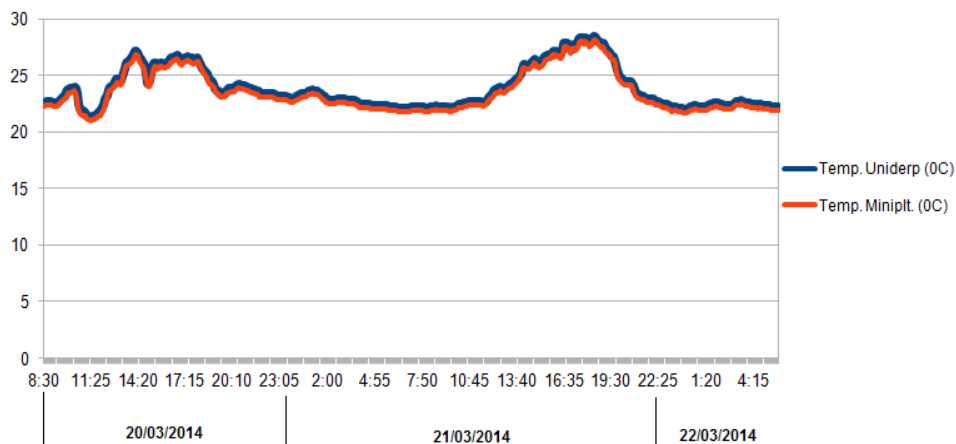


Figura 1. Comparativo das temperaturas em graus “Celsius” medidas pelo equipamento PCD-Uniderp e da miniplataforma construída.

O erro quadrático médio calculado em relação às temperaturas coletadas foi de aproximadamente 0,01198309, ou seja, um erro aproximado de 1,2% que pode ser considerado pequeno, visto que, calculando-se o coeficiente de correlação entre os dados da temperatura dos dois equipamentos de medição, ou seja, PCD-

UNIDERP e miniplataforma, o resultado foi $r = 0,98$, indicando uma fortíssima correlação entre os dados, reforçando o ótimo desempenho da miniplataforma construída. A Figura 2 apresenta a variação dos erros quadráticos relativos durante o teste comparativo.

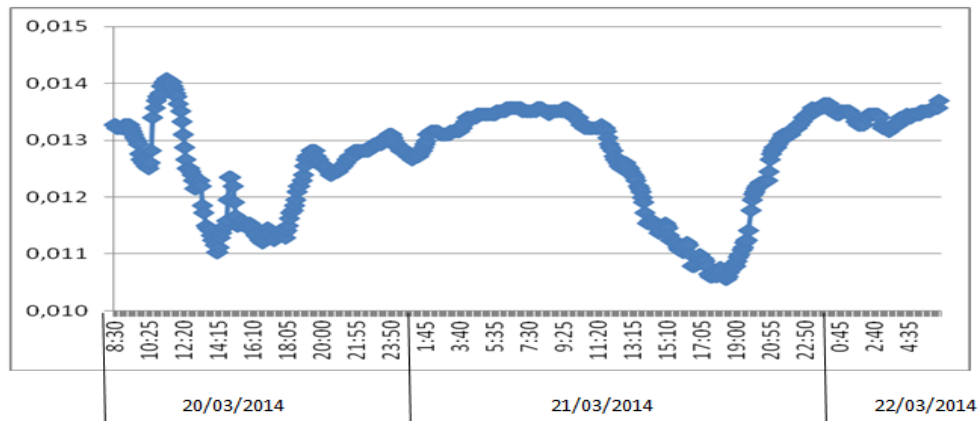


Figura 2. Erros médios relativos das temperaturas entre o equipamento PCD-Uniderp e o da miniplataforma construída.

A Figura 3 ilustra o gráfico comparativo entre as pressões em (Bar), do equipamento PCD-Uniderp e da miniplataforma construída.

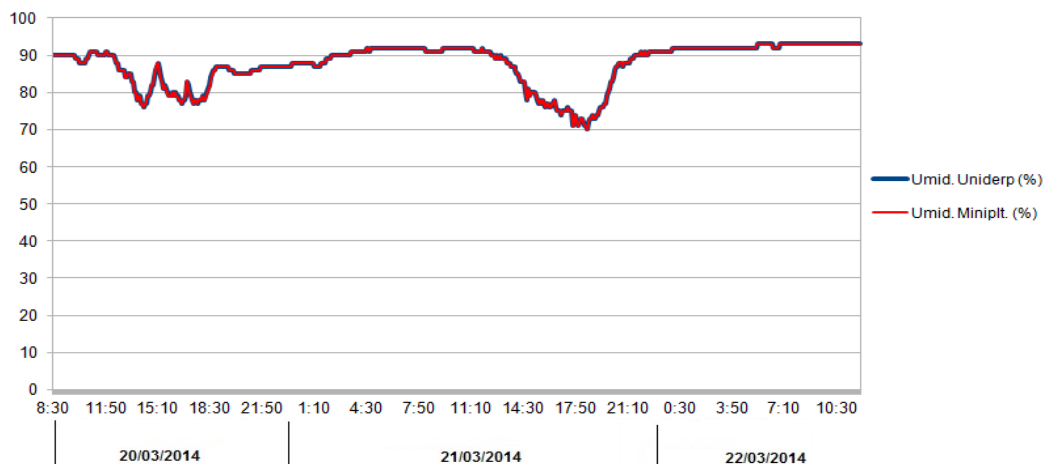


Figura 3. Comparativos das umidades relativas do ar (em %), medidas pelo equipamento PCD-Uniderp e pela miniplataforma.

Análises semelhantes à temperatura, a em relação às umidades relativas, tendo sido comparação de erros entre o equipamento PCD e o obtido um erro aproximado de 0,00034634, ou protótipo da miniplataforma construída foi feita seja, um erro um erro quadrático médio

aproximado de 0%, o que atesta um ótimo desempenho das medidas das umidades relativas do ar medidas pela miniplataforma, quando comparada à PCD-Uniderp, conforme a Figura 4.

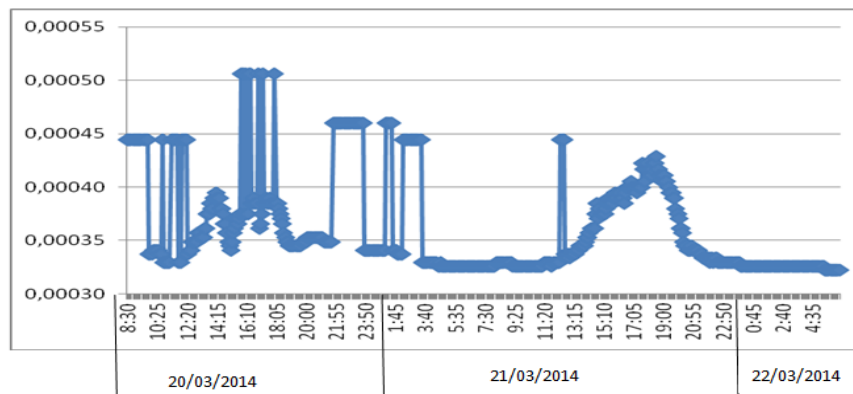


Figura 4. Comparativo das umidades medidas pelo equipamento certificado PCD-Uniderp e da miniplataforma.

Na Figura 5 estão representados os gráficos das pressões relativas do ar (em %), do equipamento PCD-Uniderp e do protótipo da miniplataforma construída no experimento.

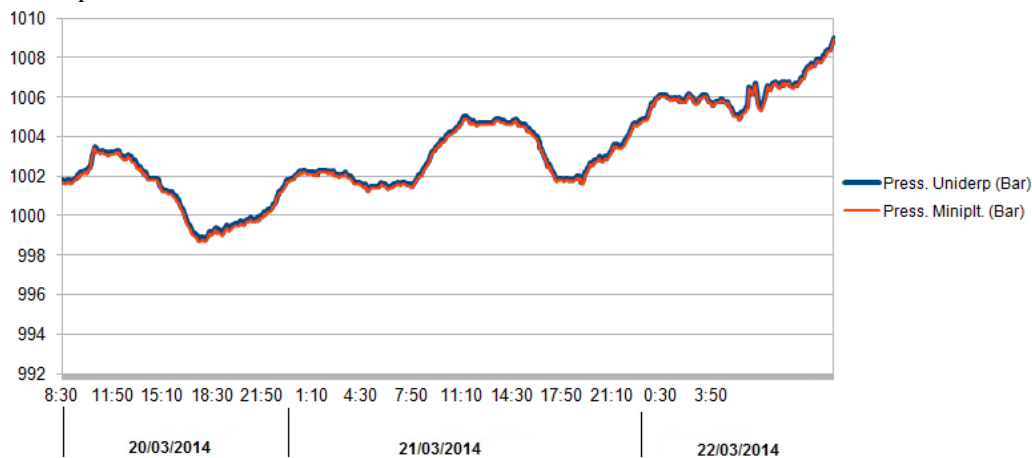


Figura 5. Comparativo das pressões “Bar” medidas pelo equipamento certificado PCD-Uniderp e da miniplataforma

O erro quadrático médio das pressões entre o equipamento PCD e o protótipo da miniplataforma construída foi de aproximadamente $9,4085 \times 10^{-5}$, ou seja, de 0%, novamente, indicando ótimo desempenho da miniplataforma quando comparada ao equipamento PCD-Uniderp conforme a Figura 6.

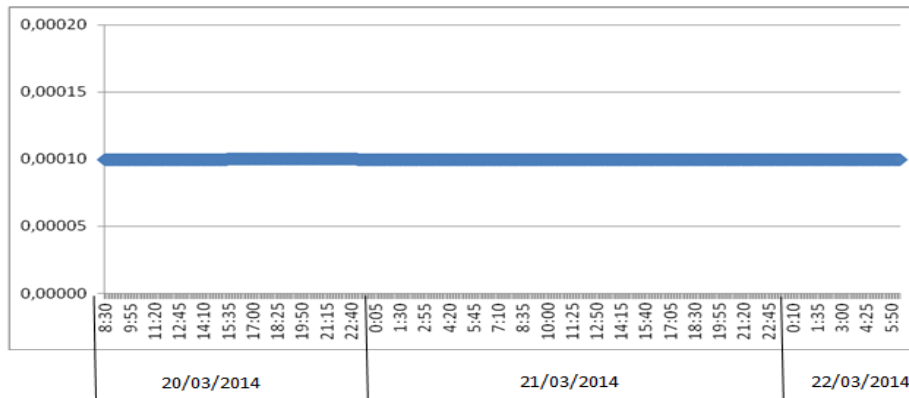


Figura 6. Erro quadrático médio entre as pressões medidas pelo equipamento certificado e da miniplataforma.

A análise dos erros gerados resultou valores muito baixos, em torno de 1,2% para as temperaturas e 0% para umidade relativa e pressão, possibilitando concluir que estão dentro da margem satisfatória e desejada para que a coleta de dados feitos pela miniplataforma seja confiável.

Os resultados obtidos no experimento são próximos ao que Souza *et al.*, (2015) identificou ao realizar testes de coleta de dados agrometeorológicos com equipamento experimental de baixo custo no aeroporto de Barra do Garças no Mato Grosso. Estes autores desenvolveram protótipo para coleta de dados com R\$ 100 e os resultados obtidos tiveram margem de erro de 0,4% com o equipamento considerado oficial para as medições.

Rocha *et al.* (2019) descreve que foi possível desenvolver equipamento com mesmo propósito a um custo relativamente pequeno e preciso quanto o utilizado em uma estufa localizada na Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP Campus de Botucatu.

Ainda experiências internacionais que obtiveram resultados satisfatórios. Tenzin *et al.* (2017) apontam que a construção de equipamentos tecnológicos de baixo custo pode otimizar a produtividade e qualidade dos produtos, sem gerar custos significativos para o negócio.

Astudilo *et al.* (2020) descrevem também a exitosa experiência no desenvolvimento de equipamento para estação metateológica de baixo custo e como isso pode, inclusive, contribuir para a proteção do meio ambiente.

Ainda, o desenvolvimento e uso destes equipamentos pode elevar a produção e reduzir o desperdício no processo produtivo dentro do agronegócio (Spachos, 2020).

Os experimentos relatados reforçam o entendimento que de o investimento para o desenvolvimento de equipamento para coleta de dados agrometeorológicos precisos e de baixo custo pode ser pequeno e trazer melhores resultados para as propriedades e demais negócios relacionados.

Conclusões

O protótipo da miniplataforma desenvolvido neste trabalho alcança suas pretensões e vislumbra ampliações futuras de suas funcionalidades, já que se trata de projeto modular, permitindo, assim, que se agreguem outros componentes ao conjunto para coleta e leitura de demais dados agrometeorológicos que se julgue necessário, como: velocidade do vento, luminosidade, umidade do solo ou índice pluviométrico.

A pesquisa alcançou os resultados desejados, funcionando corretamente para um modelo de protótipo, fazendo leituras e coleta dos dados de forma correta e programada, agregado ao fator custo, que ficou dentro das expectativas estimadas do projeto.

Baseado nos resultados obtidos, entre montagem do protótipo, inserção de sensores, módulos, códigos e dos cálculos dos erros permite concluir que se trata de proposta viável por possibilitar o seu alcance aos produtores rurais de pequeno porte que não tem acesso à tecnologia.

Referências

Abraha, M.G., Savage, M.J., 2008. Comparison of estimates of daily solar radiation from air

- temperature range for application in crop simulations. *Agricultural and Forest Meteorology* 148, p. 401-416.
- Almeida, L. S., Guimarães, E. C., 2017. Agricultura de precisão: um alerta à imprecisão – estudo de caso na cafeicultura. *Revista de Agricultura Neotropical* 4, p. 41-48. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1469>
- Artuzo, F. D., Foguesatto, C. R., Silva, L. X., 2017. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. *Revista de tecnologia e sociedade* 13, p. 146-161. [10.3895/rts.v13n29.4755](https://doi.org/10.3895/rts.v13n29.4755)
- Astudilio, G., Garza-Castanon, L., Minchala, I., 2020. Design and evaluation of a reliable low-cost atmospheric pollution station in urban environment. *IEE* 8, p. 51129-51144. [10.1109/ACCESS.2020.2980736](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980736)
- Carneiro, J.S.S., Faria, Á.J.G., Fidelis, R.R., Silva Neto, S.P., Santos, A.C. & Silva, R.R., 2017. Diagnóstico da variabilidade espacial e manejo da fertilidade do solo no Cerrado. *Scientia Agraria* 17, p. 38-49. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v17i3.50096>
- Camargo, C. G. C., Braga, H., Alves, R., 2016. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no Estado de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense* 19, p. 61-66.
- Cavalcante, M. A., Tavolaro, C. R. C., Molisani, E., 201. Física com Arduino para iniciantes. *Rev. Bras. Ensino Fís.* 33, p. 4503-4512.
- Cirani, C. B. S., Moraes, M. A. F. D., 2010. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 48, p. 543-565.
- Darwin, I. F., 2012. *Android Cookbook*. São Paulo, Novatec Editora; Sebastopol, CA: O'Reilly.
- Jobstraibizer, F., 2009. Criação de aplicativos para celulares com Google Android. São Paulo: Digerati Books.
- Lechetta, R. R., 2010. *Google Android - Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK*. São Paulo, NovaTec Editora, 2ª Edição.
- Machado, J., Shinohara, N. K. S., Padilha, M. R. F., Silva, K. E., Barreto, T. S. C. P., Silva, A. G. S. S., 2018. Agricultura de Precisão: Programas Tecnológicos no Brasil. *Revista Geama* 4, p. 023-030.
- Mantovani, E.C., Coelho, A. M., Matoso, M.J., 2005. Agricultura de precisão. *Rev. Agroanalysis* 25, p. 12-13.
- Margolis, M. *Arduino Cookbook*, 2011. USA, Editora O'REILLY. 1ª edição.
- Matias, S. S. R., Matos, A. P., Landim, J. S. P., Feitosa, S. F., Alves, M. A. B., Silva, R. L., 2019. Recomendação de calagem com base na variabilidade espacial de atributos químicos do solo no Cerrado brasileiro. *Revista de Ciências Agrárias* 42, p. 896-90. <https://doi.org/10.19084/rca.17735>
- Mednieks, Z., Dornin, L., Meike, G. B., Nakamura, M., 2012. Programando o Android Programação Java para a nova geração de dispositivos móveis. Nova Tec Editora, 2ª Edição, São Paulo.
- Miranda, A. C. C., Verissimo, A. M., Ceolin, A. C., 2017. Agricultura de precisão: um mapeamento da base da Scielo. *Revista Gestão Organizacional* 15, p. 129-137.
- Molin, J. P., Castro, C. N., 2008. Delineamento de unidades de gerenciamento diferenciado com o uso de condutividade elétrica e atributos do solo por meio de técnicas de lógica fuzzy. *Scientia Agricola* 65, p. 567-573.
- Monteiro, J. E. B. A., 2009. Agrometeorologia dos Cultivos. O fato meteorológico na produção agrícola. Instituto Nacional de Meteorologia. INMET. 1ª Edição. Brasília – DF.
- Rocha, L. A. G., Silva, B. A. R., Costa, D. I., 2019. Comparação de desempenho de sensores de baixo custo com sensores comerciais para a coleta de dados ambientais. *Fórum ambiental* 15, p. 14-28.
- Santos, C.C., Oliveira, G. P., 2019. Avaliação de modelos agrometeorológicos para estimativa da produtividade na cultura do milho. *Interações* 20, p. 1019-1028. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v0i0.1875>
- Silva, F. P., Araujo, J. A., Costa, E. D., Vieira-Filho, J. E. R., 2019. Eficiência técnica e heterogeneidade tecnológica na agropecuária das regiões semiárida e não semiárida do Nordeste brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 57, p. 379-395. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.177355>
- Silva, C. B., Moretto, A. C., Rodrigues, R. L., 2012. Viabilidade econômica da agricultura de precisão: o caso do Paraná. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, p. 906-915.

- Souza, P. M., Fornazier, A. Souza., H. M., Ponciano, N. J., 2019. Diferenças regionais de tecnologia na agricultura familiar no Brasil. *Revista de economia e sociologia rural* 57, p. 594-617. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.169354>
- Souza, R. R., Antunes, J. P., Cabral, I., 2015. Estação meteorológica experimental de baixo custo. *Geo* 27, p. 80-97. [10.12957/geouerj.2015.12335](https://doi.org/10.12957/geouerj.2015.12335)
- Souza, A. R., Paixão, A. C., Uzêda, D. D., Dias, M. A., Duarte, S., Amorim, H. S., 2011. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. *Revista Brasileira de Ensino Física* 33, p. 01-05.
- Spachos, P., 2020. Towards a Low-Cost Precision Viticulture System Using Internet of Things Devices. *IoT* 1, p. 1-11. <https://doi.org/10.3390/iot1010002>
- Tenzin, S., Siyang, S., Pobjrut, T., Kerdcharoen, T. Estação meteorológica de baixo custo para uma agricultura ecológica. Conferência: 2017 9ª Conferência Internacional sobre Conhecimento e Tecnologia Inteligente (KST). 10.1109 / KST.2017.7886085
- Terra, V. S. S., Júnior, C. R., Timm, L. C., Carvalho, F. L. C., Pereira, J. F. M., 2011. Análise espacial da temperatura e umidade relativa do ar em um pomar de pessegueiro, no município de Morro Redondo-RS. *Agricultura de Precisão - Um Novo Olhar*. EMBRAPA.
- Umbelino, A. S., Oliveira, D. G., Martins, M. P. O., Reis, E. F., 2018. Definições de zona de manejo para soja de alta produtividade. *Revista de Ciências Agrárias* 41, p. 674-682. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA18092>
- Vieira-Filho, J. E. R., Fishlow, A., 2017. *Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade*. Ipea, Brasília.