



JOSÉ ALCEU SALMASSO JUNIOR

**INSTRUMENTAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE APLICAÇÃO
DE AGROQUÍMICOS E ELABORAÇÃO DE MAPAS**

LAVRAS MG

2020

JOSÉ ALCEU SALMASSO JUNIOR

**INSTRUMENTAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE APLICAÇÃO
DE AGROQUÍMICOS E ELABORAÇÃO DE MAPAS**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Prof. Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato

Orientador

Prof. Me. Marcia Eduarda Amâncio

Coorientador

LAVRAS – MG

2020

Agradecimentos

Tenho Deus a frente de meus passos e minha Família a me resguardar, tendo isso devido tudo que aqui conquisto graças a eles, todas as glórias alcançadas nessa jornada. Mas nenhum ser humano é completo se não possuir aqueles em quem confiar, por isso agradeço a todos os amigos que estiveram presentes no meu caminho para chegar aqui.

Um agradecimento especial para meu Orientador Professor Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato e a Coorientadora Me. Marcia Eduarda Amâncio que possibilitaram a realização desse trabalho.

A Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia Agrícola aqueles que se não existissem nada seria possível, aqueles que acreditam no potencial do seu corpo discente e docente.

Resumo

Nos últimos anos a tecnologia esteve cada vez mais presente na vida do homem do campo, buscando favorecer e facilitar as tomadas de decisões para obter um melhor aproveitamento de área e maximizar o lucro. Nesse intuito tem-se a agricultura de precisão, onde utiliza-se a tecnologia em tempo real para buscar a uniformização da lavoura e alavancar a produtividade. A cafeicultura de precisão vem se tornando algo palpável já que equipamentos com alto índice de instrumentação já estão começando a se difundir no meio do mercado de equipamentos agrícolas. Porém tais equipamentos vêm embarcado com eletrônica de alto valor que se torna de difícil aquisição para o pequeno e médio produtor, ficando recluso a produtores de grande poder aquisitivo. No entanto há metodologias de fácil aquisição que promovem a inserção dos pequenos e médios produtores no âmbito de agricultura moderna, plataformas de código livre são fundamentais para tal feito, no presente trabalho utilizou-se sensores e o micro controlador *Arduino* para realizar a aquisição de dados de pressão e posição sobre uma área pré-determinada afim de caracterizar a aplicação de agroquímicos com diferentes tratores utilizando o mesmo equipamento pulverizador. E para processamento utilizou-se o *QuantumGis*, para a elaboração de mapas de aplicação e análises de dados. Os mapas caracterizaram que o trator de 65cv apresenta uma menor faixa de variação de pressão durante o seu trabalho, já o trator de 85cv apresentou uma maior variação de modo que em casos pontuais chegou a aplicações de 10,7% a mais do que o recomendado e em outros pontos aplicações 6,75% menor que o calibrado. Os mapas apresentam como ocorre a distribuição da calda sobre a área, que se caracterizou pela mancha de alteração da pressão em pontos como início e fim de ruas de plantio além de apresentar uma inconstância de pressão quando a calda no tanque está se encerrando. Desse modo o desenvolvimento de uma estrutura de aquisição de dados de baixo custo possibilitou a caracterização da pressão sobre uma aplicação de agroquímicos na cultura do café, auxiliando na criação de mapas que permitiu considerar que o equipamento que traciona o pulverizador apresenta influência sobre o comportamento da pressão.

Palavras-chaves: Café; Instrumentação; *Arduino*; *QuantumGis*; Pulverização.

Abstract

In recent years, technology has been increasingly present in the life of rural people, seeking to favor and facilitate decision making in order to obtain better use of the area and maximize profit. For this purpose, there is precision agriculture, where technology is used in real time to seek uniform farming and leverage productivity. Precision coffee growing has become something tangible since equipment with a high index of instrumentation is already beginning to spread among the marked agricultural equipment. However, such equipment is shipped with high-value electronics that are difficult to acquire for small and medium producers, and are confined to producers with great purchasing power. However, there are easy acquisition methodologies that promote the insertion of small and medium producers in the scope of modern agriculture, open source platforms are fundamental for this, in the present work, sensors and the Arduino micro controller were used to carry out data acquisition. pressure and position over a predetermined area in order to characterize the application of agrochemicals with different tractors using the same spray equipment. And for processing, QuantumGis was used for the elaboration of application maps and data analysis. The maps characterized that the 65cv tractor has a smaller range of pressure variation during its work, whereas the 85cv tractor showed a greater range so that in specific cases it reached 10.7% more applications than recommended and in other applications 6.75% less than the calibrated. The maps show how the syrup distribution occurs over the area, which was characterized by the pressure change spot at points such as the beginning and end of planting streets, in addition to presenting an inconsistent pressure when the syrup in the tank is closing. In this way, the development of a low cost data acquisition structure made it possible to characterize the pressure on an application of agrochemicals in the coffee culture, helping to create maps that allowed to consider that the equipment that pulls the sprayer has an influence on the behavior of the pressure.

Keywords: Coffee; Instrumentation; Arduino; QuantumGis; Spraying.

Lista de figuras

Figura 1: Dispersão de satélites.	11
Figura 2: Apresentação do Sítio Correnteza e descrição da área de estudo.	14
Figura 3: Trator de 65cv.	15
Figura 4: Trator de 85cv.	15
Figura 5: Pulverizador Arbus 400 Golden. (Autor).....	15
Figura 6: Módulo Arduino.....	16
Figura 7: Plataforma de desenvolvimento de códigos e janela de comunicação (Autor).....	17
Figura 8: Elemento de segurança contra interrupções externas.	19
Figura 9: Disposição dos equipamentos.	19
Figura 10: Sensor de pressão 1911.	20
Figura 11: Instrumentos utilizados para a calibração do sensor de pressão.	20
Figura 12: a) Antena receptora de sinais. b) Módulo NEO-6M.	21
Figura 13: Composição da pontas de aplicação JA-2.....	22
Figura 14: Curva de calibração do sensor de pressão 1911 (Autor).....	24
Figura 15: Gráfico de dispersão dos valores de pressão para os tratores de 65 e 85cv.	26
Figura 16: Mapa de aplicação para o equipamento de 65cv.	28
Figura 17: Mapa de aplicação para o equipamento de 85cv.....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO GERAL	9
3. OBJETIVO ESPECÍFICO	9
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
4.1. Aquisição de dados.....	9
4.2. <i>Global Positioning system</i> - GPS	9
4.3. Pressão na pulverização.....	11
4.4. <i>Arduino UNO</i>	12
4.5. Sensor de pressão	12
4.6. Sistema de Informações Geográficas – SIG (<i>QuantumGis</i>).....	13
5. MATERIAIS E MÉTODOS	13
5.1. Caracterização da propriedade.....	13
5.2. Máquinas e Implementos.....	14
5.3. <i>Arduino UNO</i>	16
5.4. Gaiola de Faraday	18
5.5. Sensor de pressão	19
5.6. Sinal GPS.....	21
5.7. Criação dos mapas	21
5.8. Pontas de pulverização	22
5.9. Execução.....	22
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6.1. Calibração do sensor de pressão.....	24
6.2. Calibração do pulverizador.....	25
6.3. Dispersão dos dados	25
6.4. Mapas	28
7. CONCLUSÃO	31

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira se desenvolveu em um cenário em que o café não era utilizado como uma bebida que habitava a mesa das pessoas, sua utilização se dava nas indústrias da grande Inglaterra durante a 1ª Revolução Industrial fornecendo maior vigor e atenção aos operários nas suas longas jornadas de trabalho devido ao seu componente principal que a cafeína. Dessa forma o aumento da produção cafeeira se deu com a implantação em larga escala de maneira onde não se havia precauções fitossanitárias, de modo que hoje, na Agricultura 4.0 tem-se a necessidade de utilizar agroquímicos afim de combater pragas e doenças mantendo o vigor e garantindo que a produção mundial, e principalmente do Brasil continue na posição de maior produtor mundial no ano de 2020.

Segundo a EMBRAPA (2020), a produção cafeeira de 2020 está estimada para atingir entre 57,2 milhões a 62,02 milhões de sacas sendo que 75% fica recluso a cultivar arábica e 25% para o conilon, atuando sobre 1,88 milhões de hectares.

Para atender a toda a área produzida faz-se necessário a utilização da mecanização agrícola, tendo em vista que a cultura do café exige a realização de muitos tratamentos culturais e que se realizado manualmente agregam custos e diminuem a lucratividade.

Para ANTUNIASSI (2007), a agricultura moderna enfoca a maximização dos lucros, qualidade alimentícia e manutenção do meio ambiente, tudo isso se faz saciado junto a agricultura de precisão onde se tem melhoria na gestão da propriedade partindo de tecnologias que permitem análise, controles e respostas mais rápidas.

A Agricultura de Precisão, é comumente utilizada nas aplicações de fertilizantes e corretivos em taxa variável levando em consideração a necessidade ideal do solo, mas buscase sua aplicação em todas as operações de cultivo, entre elas a aplicação de agroquímicos (MAPA, 2013).

Segundo MOLINA (2015), o termo “agricultura de precisão”, tem-se a palavra “precisão” correlacionada ao intuito da aproximação encontrada ao valor verdadeiro, sendo de maneira mais ideal a agricultura caracterizada com a exatidão.

As análises de agricultura de precisão não devem ser apenas em quesitos de insumo, qualidade, uniformidade e assim por diante, mesmo que técnicas de agricultura de precisão não sejam utilizadas ainda existirá infinitas medidas que podem ser tomadas pelo agricultor que resultarão em ações práticas e efetivas (MOLINA et. al. 2015).

Desse modo, busca-se neste projeto de pesquisa a inclusão de pequenos e médios produtores de café junto a agricultura de precisão, promovendo a instrumentação de dois tratores agrícolas de diferente modelos e ano de fabricação, utilizando equipamentos de baixo

custo e plataformas de aquisição e análises de dados que não gerem gastos, visando a aquisição dos dados de aplicação de agroquímicos e gerando mapas para controle de aplicação.

2. OBJETIVO GERAL

Desenvolver ferramentas tecnológicas de baixo custo para a agricultura de precisão afim de obter uma maior adesão de pequenos e médios produtores de café e buscar compreender a influência do trator sobre o equipamento de pulverização durante seu trabalho caracterizando a aplicação de agroquímicos.

3. OBJETIVO ESPECÍFICO

-Instrumentar os tratores com ferramentas de baixo custo, visando analisar a eficiência das mesmas na aquisição dos dados desejados;

-Compreender o comportamento da pressão durante a aplicação de agroquímicos;

-Promover correlação de dados de pressão junto a dados de posicionamento global;

-Utilizar dados coletados para elaboração de mapas partindo de *softwares* livres;

-Fornecer dados para auxiliar a tomada de decisão do agricultor afim de contribuir com sua estrutura de manejo.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Aquisição de dados.

Segundo LIMA, (2019) ¹, a instrumentação pode ser conceituada como o processo de adequação de instrumentos, aquisição, transmissão e análises de dados em âmbito industrial afim que se possa obter informações suficientes para monitoramento, análises e/ou controle de sistemas.

Na aplicação convencional, busca-se trabalhar com o equipamento sobre a pressão e velocidade constante, de modo a garantir que haja uma aplicação uniforme sobre a área desejada, garantindo com que o combate ou a nutrição seja adequada. O sistema de aquisição de dados promove uma coleta de dados em tempo real de trabalho, apresentando ao observador a comparação entre os dados coletados (GARCIA, 2002). Automatizar a aquisição de dados promove uma menor variabilidade, uma vez que reduz erros operacionais além de aumentar a taxa de leitura garantindo maior precisão na operação (JOHNSON, 1997).

4.2. *Global Positioning system* - GPS

A estrutura de posicionamento global se caracteriza pelo Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) baseando-se em constelações de satélites circundando o globo terrestre e enviando em forma de ondas eletro/magnéticas diversas informações, sendo que quando essas

ondas são captadas por receptores promovem a conversão e análise permitindo a definição de sua posição sobre o globo. Existem diversas constelações em órbita sobre a terra as mais conhecidas são a *Global'naya Navigatsionnay Sputnikovaya Sistema* (GLONASS) desenvolvido pela Rússia e o *Global Positioning System* (GPS) desenvolvido e administrado pelo Estados Unidos da América (MOLINA et. al., 2015).

Sistemas de GPS de navegação são os mais comuns e mais baratos encontrados no mercado atualmente, utilizados em telefonia celular e rastreamento veicular rodoviário podendo fornecer precisão entre 5 e 10 metros, sendo está suficiente para algumas aplicações agrícolas como mapeamento de solo e produtividade (ANTUNIASSI, 2007).

Segundo MOLINA et. al. (2015), o posicionamento absoluto ou posicionamento por pontos, se caracteriza pela recepção direta do sinal enviado pelo satélite, de modo a não haver correções durante a transmissão do sinal. Os sinais que veem de um satélite de maneira direta e atingem o receptor trazem informações precisas, no entanto sinais de outros satélites podem ser refletidos em barreiras ao redor do sistema de maneira a criar atrasos na informação colaborando com erros.

Segundo MACHADO 2016, o dispositivo GPS NEO-6M de fabricação pela U-blox, proporciona um baixo custo, e que seu erro é de 5 metros, caracterizado como dispositivo de posicionamento por pontos. O dispositivo NEO-6M possui uma alta velocidade de aquisição de dados de posicionamento, garantindo bom desempenho e estando a um preço acessível no mercado. Seu avançado sistema garante o seu funcionamento com qualidade de posicionamento mesmo em ambientes de péssimo sinal (U-BLOX, 2020).

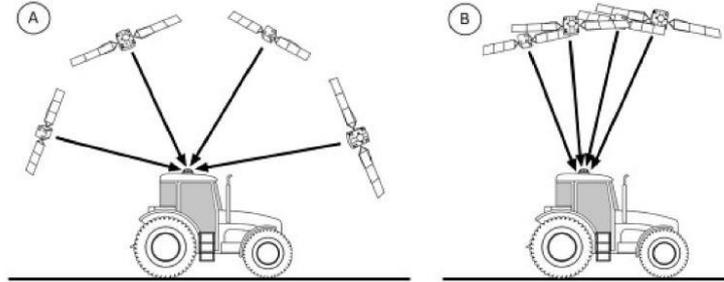
O posicionamento diferencial vem trabalhar em conjunto com o sistema absoluto, de modo que se utiliza dois elementos receptores, sendo um de posição fixa e de coordenadas conhecidas, no qual ao receber o sinal enviado pelo satélite promove correções. Uma vez que possui um referencial estacionário, eliminando assim erros de reflexão, do relógio e erros da órbita dos satélites. Transmite ao receptor de navegação as correções necessárias para a construção do posicionamento exato (MOLINA et. al., 2015).

O sistema de referência em terra trabalha em conjunto com a recepção do sinal de satélite, e faz por meio de leituras sensoriais de deslocamento e direção, comumente instalados nas rodas, onde há a correção da posição do equipamento aumentando a confiabilidade do sistema e reduzindo falhas pontuais na recepção do sinal (ANTUNIASSI, 2007).

A distribuição dos satélites acima do receptor promove alternância do sinal, de maneira que quando bem espaçados promovem um geo-referenciamento de melhor qualidade, sendo o mais desejado (Figura 1A), já quando agrupados (Figura 1B) tendem a manter uma ordem de

informações parecida sendo que a interferência de um obstáculo poderá agir em todos os sinais, de maneira a ser evitado (MOLINA, et al. (2015)).

Figura 1: Dispersão de satélites.



Fonte: (Molina et. al. 2015)

O posicionamento do receptor no veículo também é de suma importância como afirma (MOLINA, et al. (2015)) em que o posicionamento da antena dentro do veículo pode diminuir a sua capacidade de rastrear o céu, ou seja, faz com que sinais de satélites sejam barrados pela carcaça veicular, assim busca-se sempre deixar a antena de maneira a visualizar o céu afim de que tenha um maior acesso a constelação de satélites.

4.3. Pressão na pulverização

A pressão do líquido exerce influência sobre a vazão e a velocidade de saída da calda pulverizada, de modo que a redução da pressão recomendada para o tipo de bico promove-se o aumento do diâmetro da gota juntamente com a redução da vazão e velocidade do fluido aplicado. Cada aplicação traz uma recomendação adequada quanto ao tamanho da gota, mas cabe ressaltar que gotas de menor diâmetro são capazes de propiciar uma maior penetração em massas foliares adensadas e uma melhor retenção na parte inferior das folhas, no entanto sofrem com a rápida evaporação e estão mais propensas a deriva, desse modo, a variação da pressão é algo indesejado, já que o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) é algo que influencia no direcionamento do agroquímico até o alvo fazendo com que faixas da planta não possuam a aplicação recomendada. A homogeneidade do padrão de gotas é algo que depende da constância da pressão durante uma aplicação (SALVADOR, 2017)¹.

Em equipamentos de pulverização hidropneumático tem-se o fluxo de ar gerado pelas hélices apenas como meio de transporte para a calda aplicada de modo que a formação das gotículas de pulverização sejam consequência da variação da pressão na qual a calda aplicada sofre ao deixar os bicos, desse modo a pressão nas mangueiras, bico aplicador e as propriedades físicas do fluido (viscosidade, densidade e tensão superficial) são os principais parâmetros que influenciam no tamanho da gota (SALVADOR, 2017)².

Segundo BARROS (2017), o pulverizador hidropneumático é o equipamento indicado para aplicações de agroquímicos em culturas lenhosas perenes (pomares, vinha, olival) e para plantas arbustivas, onde se enquadra a cultura do café.

4.4. Arduino UNO

O *hardware Arduino* é conhecido mundialmente pelo seu código e a sua facilidade de trabalho, sendo baseado em micro controladores simples e de um ambiente de desenvolvimento de programas. Capaz de realizar leituras analógicas e digitais, proporciona ao desenvolvedor ampla gama de aplicações, entre elas a agricultura (ARDUINO, 2020).

A sua estrutura de código aberto permite que sua utilização não seja exclusivamente para trabalhos acadêmicos, também pode ser utilizada por grandes empresas e corporações para o desenvolvimento de produtos. Sua difusão na comunidade fez com que as ferramentas utilizadas sejam acrescentadas a todo momento recebendo contribuições de pessoas que ajudam na depuração de códigos e criação de tutoriais (ARDUINO, 2020).

CAVALCANTE (2011), acredita que devido a sua fácil programação e seu vasto banco de bibliotecas, fez com que a plataforma *Arduino* se destacasse no mundo, mesmo sendo um equipamento de baixo custo é capaz de desenvolver programas de grande complexidade sem apresentar interferências e atendendo o desejado.

4.5. Sensor de pressão

Elementos transdutores são aqueles que a promovem a variação de uma característica física, resistência elétrica, devido a alguma ação externa. No caso do *strain gauges* a variação de sua resistência se dá devido a deformação de fios internos, dificultando a passagem de elétrons por sua seção (GOMES, 1975). Segundo (LIMA 2019)², os sensores de pressão *strain gauge* são caracterizados por sua alta sensibilidade, baixo tempo de resposta, linearidade de leituras e baixo custo.

Sensores de pressão piezo resistivos apresentam em sua estrutura física seu elemento sensor, instrumento que ao sofrer ações externas ira modular uma corrente de saída a partir da variação de sua resistência, e associado ao elemento à o sistema responsável pela transdução do sinal (RASIA, 2009).

Segundo (FRANCHI, 2015), em sistemas pressurizados há uma alta variação de pulsão do fluido, desta forma os amortecedores de pulsão são elementos que induzem uma menor variação, sendo normalmente constituído de um pequeno orifício que antecede o elemento sensor reduzindo as oscilações no instrumento.

4.6. Sistema de Informações Geográficas – SIG (*QuantumGis*)

Os softwares de manipulação de sistema de informações geográficas permitem a manipulação de dados numéricos associados a uma coordenada geográfica, de maneira a fornecer suporte para tomada de decisões e análises de dados. Plataformas SIG de base de dados livres, são aqueles que não acarretam custos durante seu uso, sendo de fácil acesso e possibilitar a sua utilização no setor privado, e no âmbito acadêmico.

O *software, QuantumGis (QGis)*, é um SIG de código aberto e com uma interface de fácil utilização e intuitiva, capaz de visualizar, analisar, processar e gravar dados que podem ser manipulados criando mapas temáticos em camadas vetoriais e editar informações (SOARES et. al., 2010). O instrumento QGis é fundamental para criação de mapas temáticos e avaliação de dados adquiridos possibilitando sua utilização em grandes áreas (PEREIRA et. al., 2018).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Caracterização da propriedade

A coleta de dados foi realizada no Sítio Correnteza, cuja as coordenadas geográficas são 21° 09' 11,5" S e 46° 00' 08,1" O. Localizado na cidade de Carmo do Rio Claro, Minas Gerais onde são produzidos 18 hectares de café mundo novo com 19 anos de idade e espaçamento de 3,7 metros de rua por 1 metro entre planta, a uma altitude de 900 metros partindo do nível do mar (Figura 2). O sítio adota o sistema de manejo de safra zero, sendo a poda realizada em proporções de dois terços da propriedade em um ano e um terço no outro, tendo média bi-anual de quarenta sacas por hectare. Sua área é 100% mecanizável de modo que todos os trabalhos são realizados por dois tratores associados a implementos montados ou de arrasto.

Figura 2: Apresentação do Sítio Correnteza e descrição da área de estudo.



Fonte: Salmasso Jr., J. A.

5.2. Máquinas e Implementos

A propriedade conta com um trator agrícola de 65 cavalos ano 1982 (Figura 3) com sistema de tração simples, equipado com pneus diagonal de tração no eixo tracionado e pneus diagonal de guia no eixo de direção, e o outro trator cafeeiro de 85 cavalos ano 2018 (Figura 4) com sistema de tração dianteira auxiliar, equipado com pneus diagonal de tração no eixo tracionado principal e pneus diagonal de tração no eixo dianteiro. Para o estudo utilizou-se o implemento montado nos três pontos do sistema hidráulico, pulverizador Jacto Arbus 400 Golden Turbo (Figura 5) ano 2020, tanque de 400 litros em polietileno, sistema pneumático de corpo de alumínio e hélices de polietileno com 850 mm de diâmetro e bomba com triplo pistão JP – 75 sendo acionado pela TDP a 540rpm.

Figura 3: Trator de 65cv.



Fonte: Salmasso Jr., J. A.

Figura 4: Trator de 85cv.



Fonte: Salmasso Jr., J. A.

Figura 5: Pulverizador Arbus 400 Golden.



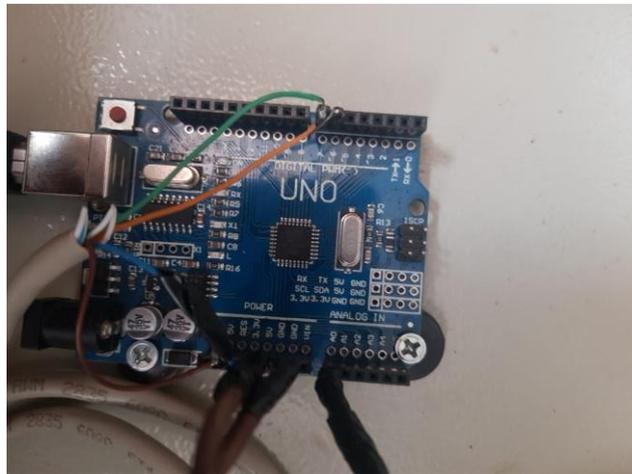
Fonte: Salmasso Jr., J. A.

5.3. *Arduino UNO*

O processo de instrumentação é associado a coleta de dados de maneira simples e sistêmica, onde haja a menor participação do ser humano (LIMA, 2019). De maneira a auxiliar essa situação são os controladores lógicos programáveis, que a partir de prévia programação desenvolveram um roteiro repetidamente sem que haja alteração indesejada no processo.

A plataforma *Arduino* foi desenvolvida para transformar os micros controladores programáveis em algo acessível e de simples utilização. Trata-se de um circuito eletrônico pré-moldado (Figura 6) com entradas e saídas analógicas e digitais que por meio de uma programação executa um diretório.

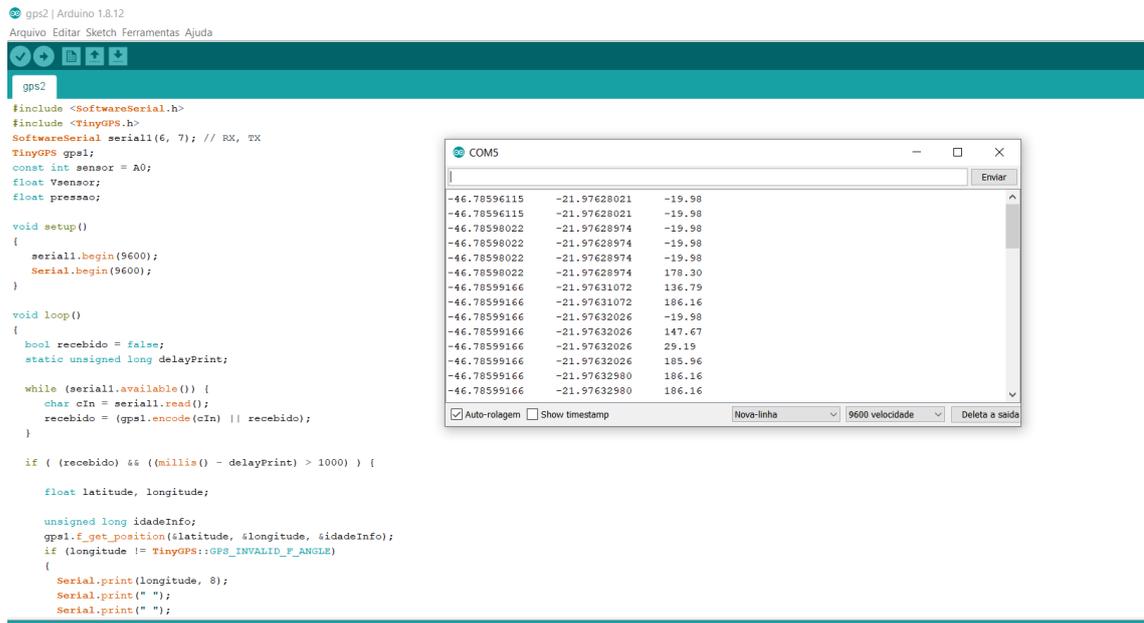
Figura 6: Módulo Arduino.



Fonte: Salmasso Jr., J. A.

A programação foi realizada em C/C++ e desenvolvida em plataforma própria do *Arduino*, de maneira a permitir a comunicação entre elementos de hardware e o de software. A transmissão de dados, entre a placa de circuito impresso e o computador, se deu por meio da comunicação serial, onde os dados são apresentados na janela de comunicação serial (Figura 7).

Figura 7: Plataforma de desenvolvimento de códigos e janela de comunicação (Autor).



Seu custo reduzido, sua facilidade de trabalho e sua excelência em adquirir dados faz com que o equipamento seja o ideal para a utilização na agricultura de baixa renda.

Para o trabalho foi desenvolvido um código em C/C++ que possibilitou a coleta de dados de GPS e pressão simultaneamente (Quadro 1), de modo a ser apresentada na tela do computador os dados em tempo real. De maneira manual a tabela foi salva em arquivo TXT, para que se facilite sua utilização no *software* responsável pela criação e análise de mapas.

Quadro 1: Código fonte da coleta de dados.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>
SoftwareSerial serial1(6, 7); // RX, TX
TinyGPS gps1;
const int sensor = A0;
float Vsensor;
float pressao;
void setup()
{
  serial1.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  bool recebido = false;
  static unsigned long delayPrint;
  while (serial1.available()) {
    char cIn = serial1.read();
    recebido = (gps1.encode(cIn) || recebido);
  }
  if ( (recebido) && ((millis() - delayPrint) > 1000) ) {
    float latitude, longitude;
    unsigned long idadeInfo;
    gps1.f_get_position(&latitude, &longitude, &idadeInfo);
    if (longitude != TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE)
    {
      Serial.print(longitude, 8);
      Serial.print(" ");
      Serial.print(" ");
    }
  }
}
```

```

if (longitude != TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE)
{
  Serial.print(longitude, 8);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(" ");
}
if (latitude != TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE)
{
  Serial.print(latitude, 8);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(" ");
}
//Pressao
Vsens = float(analogRead(sensor));
pressao =(0.2015*Vsens)-19.978;
Serial.println(pressao);
}
}

```

5.4. Gaiola de Faraday

Em sistemas com diversos equipamentos dinâmicos há a criação de campos elétricos e eletromagnéticos, isso se deve a fricção existente entre dois equipamentos de mesmo material ou não, na aplicação agrícola de agroquímicos no cafeeiro não é diferente, já que no processo de acionamento do equipamento há rolamentos, eixo cardã, elementos de geração e transmissão de potência e a tração existente entre o trator e o solo, cada um desses processos cria um campo elétrico e/ou magnético que atuando sobre o micro controlador pode gerar ruídos de leitura e consequentemente erros.

A gaiola de Faraday é um elemento de segurança que promove a blindagem do sistema, de modo a bloquear qualquer interferência externa de campos elétricos e/ou eletromagnético. Sua composição básica é uma estrutura metálica que envolva o sistema do micro controlador promovendo seu completo isolamento e proteção (MUNDO DA ELÉTRICA).

Para o desenvolvimento desse sistema utilizou-se uma caixa metálica de dimensões de 30 cm x 30 cm x 10 cm (largura x comprimento x altura) (Figura 8) onde os elementos foram fixados utilizando parafusos de aglomerado com borracha isolante (Figura 9).

Figura 8: Elemento de segurança contra interrupções externas.



Fonte: Salmaso Jr., J. A.

Figura 9: Disposição dos equipamentos.



Fonte: Salmaso Jr., J. A.

5.5. Sensor de pressão

Utilizou-se sensor transdutor de pressão 1911, com tensão de funcionamento de 5VDC, e faixa de resposta de 0,5 - 4,5VDC, com faixa de trabalho entre 0 – 1,2 MPa (0-170 psi). Já constituído de amortecedor de pulção. (Figura 10)

Figura 10: Sensor de pressão 1911.



Fonte: Salmaso Jr., J. A.

Para a calibração do sensor foi utilizado pneu de caminhão e um manômetro analógico para calibração de pneus. De modo que partindo de uma pressão sobre o pneu realizou-se a leitura com o manômetro analógico e em seguida foi coletada a pressão incidente sobre o sistema com os aparatos (Notebook, *Arduino UNO* e junção para acoplar no pneu) (Figura 11).

Figura 11: Instrumentos utilizados para a calibração do sensor de pressão.



Fonte: Salmaso Jr., J. A.

5.6. Sinal GPS

Para a aquisição de coordenadas global, utilizou-se o módulo GPS NEO-6M (Figura 12b), operando com tensão de 5V DC, segundo o fabricante, U-blox, podendo chegar a precisão de 3 metros. Sua comunicação com o módulo responsável por aquisição e organização dos dados, *Arduino Uno*, se deu por conexão serial RX/TX.

Figura 12: a) Antena receptora de sinais. b) Módulo NEO-6M.



Fonte: Salmasso Jr., J. A.

Para que não houvesse interferência sobre a recepção do sinal a antena (Figura 12a) do NEO-6M foi posicionada no lado externo da Gaiola de Faraday, já que o sinal GPS consiste em ondas eletromagnéticas que seriam barradas pelo sistema de proteção. Foi realizada a proteção do dispositivo de processamento, de modo a ser posicionado no lado interno do dispositivo de proteção, sendo fixado com parafuso de aglomerado e borracha de vedação, para que os terminais não tivessem contato com a chapa metálica.

5.7. Criação dos mapas

Partindo dos dados de pressão e de GEO posicionamento coletados pelos sensores e processado pelo *Arduino Uno*, foi possível realizar a criação de mapas, utilizando a plataforma de código aberto *QuantumGis* onde foi plotado os pontos coletados junto com o atributo pressão, sendo descrito sobre a área de estudo apresentada (Figura 2).

Utilizando o método de interpolação de Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW) onde se baseia na distância ponderada. Desse modo os pontos mais próximos com valores absolutos apresentam maior influência sobre os pontos em que valores são desconhecidos, de

forma análoga, conforme os pontos de valor absoluto se distanciam sua influência sobre os pontos desconhecidos é menor.

Para uma análise mais detalhada, optou-se por manter os valores do fatiamento próximos ao valor de pressão de trabalho com uma faixa de variação de 5 psi para mais e 5 psi para menos, como os demais valores são indesejados seus intervalos de fatiamentos foram maiores.

5.8. Pontas de pulverização

Foram utilizados os pontas JA-2 (Figura 13) fabricados pela Jacto S/A, que tem pressões de trabalho entre 60 e 240 psi, garantindo vazões de 0,640 Litros/minuto a 1,22 Litros/minutos, com jato cônico vazio, seu orifício sendo em cerâmica, elemento que proporciona menor desgaste e garantindo melhor aplicação.

Figura 13: Composição da pontas de aplicação JA-2.



Fonte: Salmasso Jr., J. A.

5.9. Execução do projeto

O projeto foi realizado em um talhão de 1 hectare na propriedade descrita. A cota média das linhas de plantio é de 850 metros em relação ao nível do mar e todas as linhas estão plantas em nível.

Com o pulverizador acoplado ao trator foi realizado a calibração indicada pelo manual de operação do pulverizador Jacto Arbus 400 Golden, afim de possibilitar uma aplicação de 400 litros por hectare. Seguindo as orientações do fabricante, encheu o tanque reservatório com

50% de água, e sobre condições de terreno que se assemelham ao local de trabalho realizou-se a demarcação de 50 metros, onde o trator percorreu esse percurso com a Toma de Potência (TDP) acionada a 540rpm e com as válvulas reguladoras de fluxo do pulverizador abertas, tendo a melhor representação das condições de trabalho. Realizou-se a coleta do tempo gasto pelo conjunto para percorrer esse trajeto.

Com o tempo e espaço percorrido é possível determinar a velocidade de aplicação partindo da equação de determinação de velocidade (1).

$$v(Km/h) = \frac{S * 3,6}{t} \quad (1)$$

v – Velocidade de Deslocamento (quilômetros/hora)

S – Demarcação (50 metros)

t – Tempo coletado (segundos)

Assim é possível determinar qual será a vazão em litros por minuto necessária no ramal de saída do pulverizador pela equação (2).

$$q = \frac{Q * v * f}{600} \quad (2)$$

q – vazão necessária no ramal (Litros/minuto)

Q – Aplicação recomendada (400 Litros/Hectare)

f – Espaçamento da cultura (3,7 metros)

Tendo o conhecimento do número de bicos ativos no pulverizador, 24 bicos, realiza-se a determinação da vazão em litros por minuto necessário em cada bico (3) para obter a aplicação desejada.

$$Vol = \frac{q}{24} \quad (3)$$

Vol – Vazão necessária em cada bico (Litros/minutos)

Com valor da vazão por bico necessária para realizar a aplicação foi possível determinar a pressão de trabalho, na qual se obtém a aplicação recomendada partindo da tabela fornecida pelo fabricante (TABELA 1). Nota-se que a pressão vai varia dependendo o tipo de bico, velocidade de deslocamento, o volume de aplicação por hectare e o espaçamento da cultura. O processo de calibração do pulverizador foi realizado em ambos os tratores, buscando a uniformidade da aplicação.

Tabela 1: Dados do bico JA - 2 (fabricante Jacto S/A).

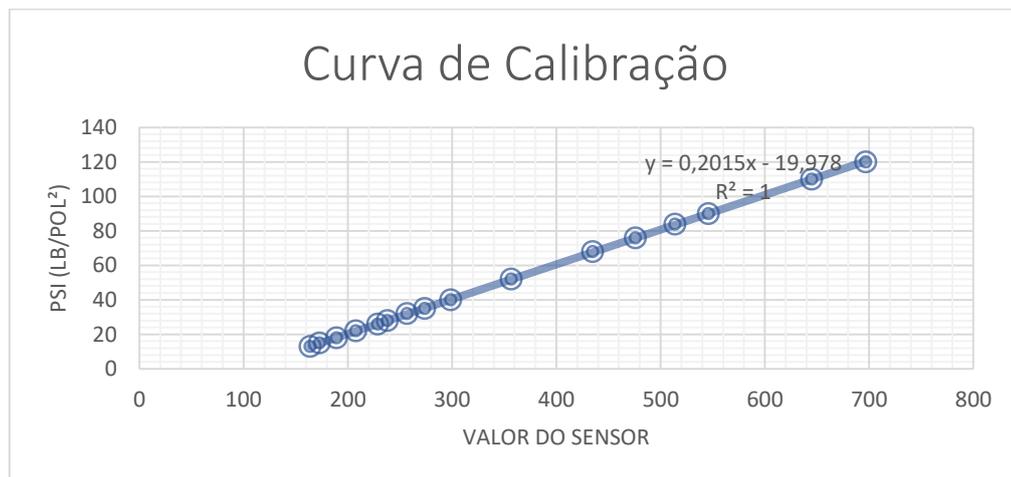
Bico	Pressão (psi)	Vazão por bico (L/min)
JA - 2,0 Preto RG:000026	60	0,64
	90	0,76
	150	1,00

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Calibração do sensor de pressão

Com os dados coletados desenvolveu-se a curva de calibração do sensor digital (Figura 14), para que sua leitura fosse dada em psi (libras/polegada²), unidade de medida utilizada pelo pulverizador e pelo fabricante dos bicos para determinar sua vazão e calibração.

Figura 14: Curva de calibração do sensor de pressão 1911 (Autor).



Com a equação correspondente do sensor, é possível a sua aplicação junto ao micro controlador.

Nota-se que na Figura 11, foi plotado a calibração do sensor para obtenção da equação regente sobre o instrumento, afim de obter valores de pressão em Libras sobre polegadas ao quadrado, tem-se uma linearidade do instrumento como descrito por LIMA (2019) ² em seu material de aula, e GARCIA (2014) em seu trabalho de análise e construção de um sensor piezo resistivo.

6.2. Calibração do pulverizador

Considerando o procedimento descrito para a calibração obteve-se os valores apresentados na TABELA 2.

Tabela 2: Resultados para calibração do pulverizador de acordo com o trator utilizado.

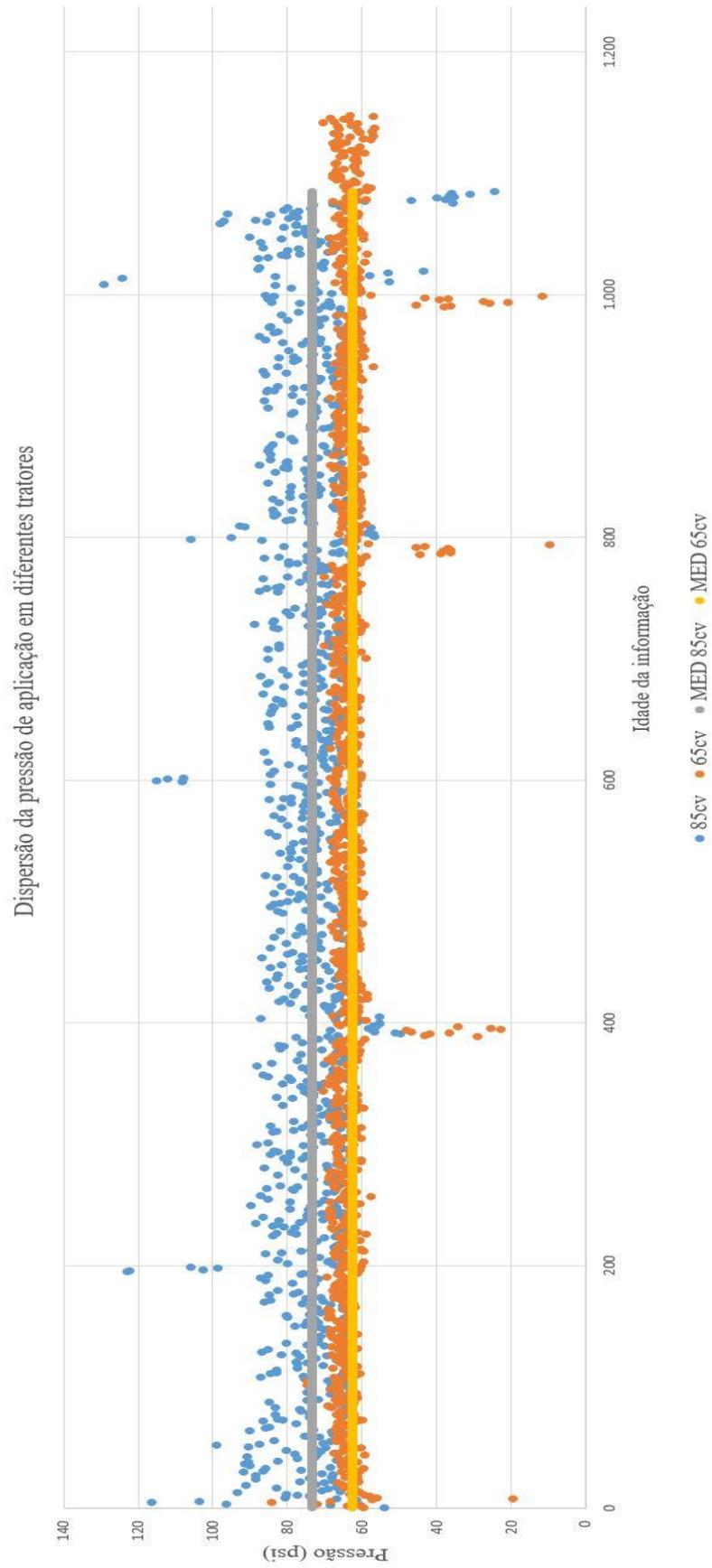
Potência do trator (cv)	t (s)	v (Km/h)	q (L/min)	Vol (L/min)	Pressão (psi)
65	29	6,20	15,29	0,637	60
85	27	6,67	16,45	0,685	71,25

Onde os valores de pressão foram ajustados utilizando o manômetro original do equipamento como elemento de mensuração.

6.3. Dispersão dos dados

Os dados de pressão coletados foram plotados em um gráfico de dispersão. (Figura 15).

Figura 15: Gráfico de dispersão dos valores de pressão para os tratores de 65 e 85cv.



Fonte: Salmaso Jr., J. A.

Nota-se que durante as aplicações ambos os tratores apresentaram variação em sua pressão, parte explica-se por se tratar de um equipamento pressurizador de pistões, apresentando movimentos oscilatórios onde os picos se encontram quando os pistões atingem o ponto máximo superior. Porém, ficou caracterizado que o equipamento de 65cv apresenta uma menor faixa de oscilação enquanto o equipamento de 85cv possui uma faixa oscilante maior, que em condições normais de aplicação podem atingir valores entorno de 90psi, que resultariam em aplicações de 443 litros/hectare consumindo 10,7% a mais do que o recomendado, porém as condições fitossanitárias seriam atendidas, mas isso não ocorre quando a oscilação ocorre para valores menores que o pré-determinado de modo que para o trator de 85cv obteve-se pressões inferiores a 60psi, que resultariam em aplicações de 373 litros/hectare apresentando variação de 6,75% a menos do que o recomendado, podendo tornar a aplicação ineficiente em pontos. ALVARENGA et. al. (2013), determinou que os bicos JA-2 quando utilizados em pressões menores que 150 psi apresenta uma grande alteração na seu Diâmetro da mediana volumétrica (DMV) quando há uma variação na pressão.

Caracterizou-se que a variação da pressão se deu por toda a faixa de aplicação em ambos os tratores e de maneira não sistêmica, indicando que a aplicação não ocorre de maneira linear e constante como espera-se de uma calibração convencional. Ficou caracterizado que o equipamento de 65cv apresenta uma menor faixa de variação de sua pressão no decorrer da aplicação quando comparado ao equipamento de 85cv. Corroborando com os resultados encontrados por BAUER et. al. (2008), em seu trabalho onde caracterizou-se que a alteração de pressão sobre as pontas de aplicação JA-2 apresenta interferência sobre seu espectro de gotas juntamente com a sua deposição sobre o alvo e seu consumo de calda, de modo que promovendo o aumento da pressão obtém-se um maior consumo.

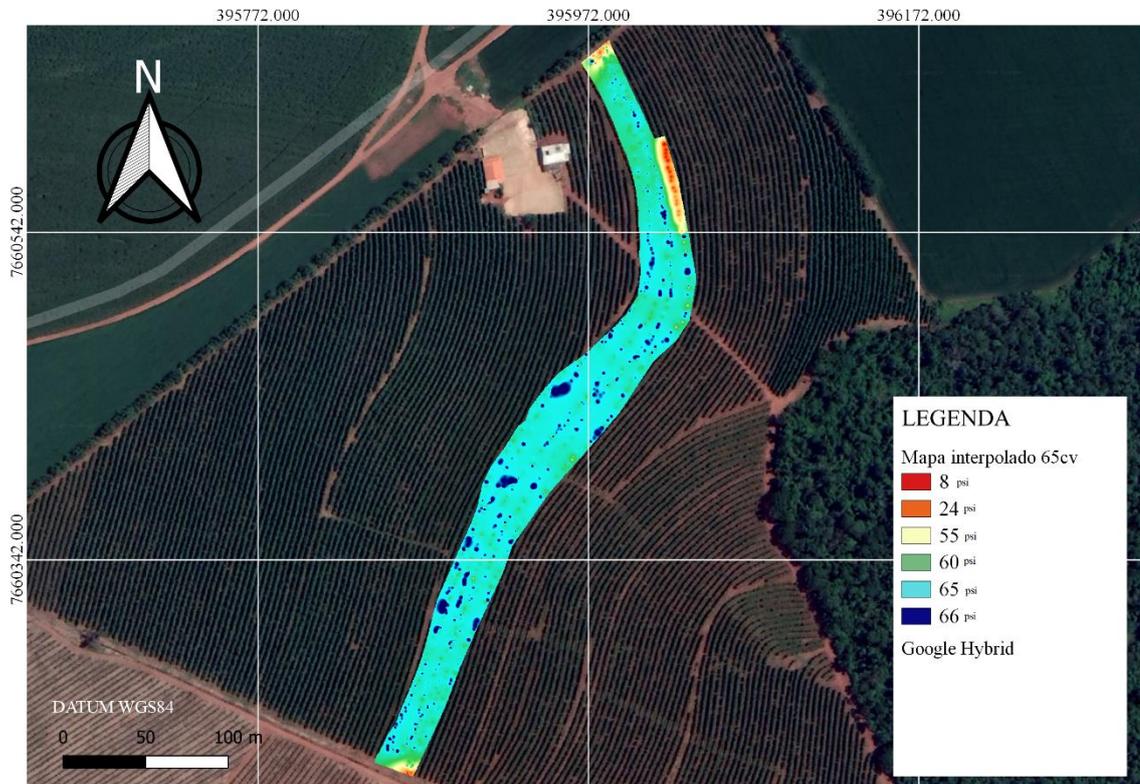
Pontos próximos a carregadores onde ocorre a inversão de sentido do equipamento são pontos sistêmicos e que em ambos os tratores apresentam elevações ou redução de pressão dependendo do equipamento, o trator de 85cv apresenta uma elevação de pressão já que não se faz necessidade de reduzir sua aceleração para possibilitar a manobra, o trator de 65cv por se tratar de um trator agrícola possui um raio de giro maior, sendo necessário reduzir sua aceleração para que seja possível realizar a manobra.

Nota-se que o pulverizador acoplado ao trator de 65cv apresentou uma autonomia aproximada de 240 metros a mais que o trator de 85cv, possibilitando uma cobertura de 890m² a mais para a cultura no espaçamento de 3,7 metros.

6.4. Mapas

Com os dados de pressão e de geo posição plotou-se os mapas de pulverização para o trator de 65cv (Figura 16), e para o trator de 85cv (Figura 17).

Figura 16: Mapa de aplicação para o equipamento de e 65cv.



Fonte: Salmaso Jr., J. A.

Figura 17: Mapa de aplicação para o equipamento de 85cv.



Fonte: Salmaso Jr., J. A.

Os mapas possibilitaram a análise da variação de maneira geográfica, permitindo o acompanhamento de maneira situada sobre o espaço.

Para o equipamento de 65cv ficou evidenciado que sua aplicação se manteve em alternância para valores maiores que o de calibração, apresentando uma constância sobre as cores verde, azul clara e azul escura (60 – 65psi, 65 – 66psi, >66psi) indicando que a variação de pressão existiu, mas que sobre a maior parte do mapa não se obteve pontos em que a pressão atinge valores menores que o pré-calibrado, assim garante-se que nessas áreas não houve pontos de inconsistência de combate, já que os valores apresentados indicam que as pressões estavam acima de 60psi.

O trator de 85cv apresentou uma maior variação em seus valores de pressão de maneira a não se atender apenas para valores maiores que o pré-caibrado de 71psi, assim apresentando sobre o mapa diversos pontos onde a pressão ficou inferior, coloração amarela, criando zonas

de menor concentração de agroquímicos, podendo se tornar focos de infestações e de deficiência.

Ambos os mapas indicaram que ponto de inversão de sentido, ou seja, nos finais da linha de plantio há a alteração da pressão de maneira significativa indicando que nesses pontos, devido a redução da velocidade e rotação do motor devido as manobras exercem interferência sobre a aplicação nesses pontos. Salvo que nesses pontos uma aplicação com valores maiores pode ser vista de maneira benéfica, já que as bordaduras podem ser caracterizadas como o primeiro ponto onde a infestação de pragas e doenças se apresentam, principalmente quando próximas a culturas já infestadas (CÁRDENAS, 2002).

Tendo que se considerou finalizada a aplicação sempre onde o operador acreditava ser o fim da calda no tanque, ficou caracterizado que no final da aplicação sempre há uma redução de pressão de maneira drástica, apresentando sobre a área uma faixa de má distribuição (faixa vermelha apresentada em ambas as figuras) de agroquímicos, dessa maneira os mapas nos possibilitaram indicar que as aplicações sempre voltem a ocorrer 50 metros antes de onde considerou-se o fim do tanque, para que garantisse a não existência de nichos com grandes infestações.

O equipamento de 65cv apresentou durante o experimento uma grande variação em alguns pontos de coordenadas, acredita-se que isso ocorreu devido ao possível agrupamento dos satélites como apresentado por (MOLINA et. al., 2015). Esse fato não ocorreu com o equipamento de 85cv, acredita-se que devido a alternância de horário entre os ensaios.

7. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de uma estrutura tecnológica de baixo custo capaz de coletar dados de pressão sobre uma aplicação de agroquímicos na cultura do café foi realizada.

Conseguiu-se analisar o comportamento da pressão durante a aplicação de agroquímicos na cultura do café, considerando fator de estudo a variação da pressão durante o trabalho, e caracterizou-se que há variação e que ela ocorre de maneira sistêmica em início e final de rua e quando a calda se encontra no fim dentro do tanque reservatório. Além disso, percebeu-se a ocorrência da variação de maneira não sistêmica durante o deslocamento do equipamento dentro da área de atuação.

Partindo dos dados coletados foi possível realizar a criação de mapas de aplicação de agroquímicos na cultura do café, considerando como fator de estudo a variação da pressão durante o trabalho. O *software* QGis foi capaz de realizar as análises de maneira fácil e eficaz, possibilitando uma visualização geo espacial do objeto em estudo.

Observou-se que dependendo do equipamento operante, responsável por tracionar o pulverizador, obtêm-se um comportamento diferente da variação da pressão que pode ser influenciada pela rotação de trabalho da TDP que no presente trabalho não foi possível mensurar.

Com os resultados dos dados de georeferenciados, o agricultor é capaz de tomar decisões analisando as variáveis demonstradas nos gráficos e mapas, o que pode influenciar diretamente no custo e na forma de aplicação do agroquímicos.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N.. – **Controle automático de espectro de gotas de pulverizador hidro pneumático em função do déficit de pressão de vapor d’água no ar.** *Pesq. Agropec., Trop., Goiânia*, v. 43,n. 1, p. 26-33, 2013.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. – **Agricultura de Precisão.** In CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6. , 2007, Uberlândia. *Anais Uberlândia: CNPA*, 2007. P. 11-21.
- ARDUINO. - **About Us.** Arduino, 2020. Acessado em 30.Julho.2020 no link: <<https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs> >.
- BARROS, JOSÉ F. C. - **Regulação do Pulverizador de Pressão de Jato Transportado.** Universidade de Évora, 2017.
- BAUER, F. C.; ALMEIDA, E.; MARQUES, D. C.; ROSSI, T.; PEREIRA, F. A. R.. **Deposição de pontas de pulverização AXI11002 e JA-2 em diferentes condições de operação.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.6, p.1610-1614, set, 2008.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Agricultura de precisão.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuários e Cooperativismo – Brasília: Mapa/ACS, 2013.
- CÁRDENAS, RUIZ RAMIRO. **Modelagem da distribuição espaço-temporal da broca do café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) em uma cultura de região central colombiana.** Piracicaba, 2002.
- CAVALCANTE, M. A.; TOVOLARO, C.R.C.; MOLISANI, E.. **Física com Arduino para Iniciantes.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v33, n.4, p.4503, 2011.
- FERREIRA, LUCAS T.; SANTOS, JAMILSEN.- **Produtividade média estimada para Cafés do Brasil corresponde a 31,6 sacas por hectare.** EMBRAPA Acessado em 01/08/2020 no link: <https://www.embrapa.br/cafe/busca-de-noticias/-/noticia/54400809/produtividade-media-estimada-para-os-cafes-do-brasil-corresponde-a-316-sacas-por-hectare?p_auth=FdKJ5p6T>
- FRANCHI, Claiton Moro – **Instrumentação de Processos Industriais – Princípios e Aplicações** – 1ª ed. São Paulo: Érica, 2015.
- GARCIA, R.F. **Simulação do comportamento dinâmico de uma colhedora de feijão.** Viçosa. 2002. 86f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

GARCIA IBARRA, ALEJANDRO RAFAEL. **Desenvolvimento de transmissores de pressão diferencial baseados em sensores piezoresistivos com saída analógica de 4-20mA**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. 75 p.

GOMES, ARRIVALDO VICENTE. **TRANSDUTORES DE PRESSÃO**. Instituto de Energia Atômica, São Paulo/SP, 1975.

JOHNSON, G.W. Lab VIEW. *Graphical programming: practical applications in instrumentation and control*. New York: McGraw-Hill, 1997. 665p.

LIMA, DANILLO A., **Textos acadêmico: Introdução a Instrumentação**. Universidade Federal de Lavras – MG. 2019 (1)

LIMA, DANILLO A., **Textos acadêmico: MEDIÇÃO DE PRESSÃO**. Universidade Federal de Lavras – MG. 2019 (2).

MACHADO, RAFAEL VAGNER DE OLIVEIRA. **Sistema de aquisição de dados utilizando microcontrolador Arduino para a tecnologia de aplicação de agroquímicos**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró 2016.

MOLINA, JOSÉ PAULO; AMARAL, LUCAS RIOS; COLAÇO, ANDRÉ FREITAS. - **Agricultura de Precisão** – 1 .ed. -- São Paulo: Oficina Texto, 2015.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Gaiola de Faraday, o que é? Qual a sua aplicação?** Mundo da Elétrica. Acessado em 26.agosto.2020 no link: < <https://www.mundodaeletrica.com.br/gaiola-de-faraday-o-que-e-qual-a-sua-aplicacao/>>.

PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F.; OLIVEIRA, R.R.M.. **Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro**. Journal of Environmental Analysis and Progress. 2018. 250-264.

RASIA, LUIZ ANTÔNIO. **Estudo e Aplicação das Propriedades Elétricas, Térmicas e Mecânicas de Materiais Amorfos Piezoresistivos em Transdutores de Pressão**. L. A. Rasia ed. Ver. – São Paulo, 2009. 190p.

SALVADOR, NILSON. **Texto Acadêmico: Aplicação de Defensivos**. Universidade Federal de Lavras - MG 2017 (1)

SALVADOR, NILSON. **Texto Acadêmico: Parâmetros da Tecnologia de Aplicação**. Universidade Federal de Lavras - MG 2017 slide: 105pág. (2)

SOARES, O. S. J.; LOPES, L. A. S.; BERGMANN, U.. **SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA LIVRE COMO FERRAMENTA DE ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS COM MÚLTIPLOS DEPÓSITOS**. Departamento de Engenharia de Produção – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ. 2010.

U-BLOX. **Data Sheet: AMY-6M, ublox 6 GPS Module**. Acessado em 02. Agosto.2020 no link:

<https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/AMY-6M_DataSheet_%28UBX-13004381%29.pdf>.