



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**LORENA BEZERRA DE LIMA CHAVES**

**SENSORES DE PRESENÇA NA AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE  
PULVERIZAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR**

**FORTALEZA**

**2019**

LORENA BEZERRA DE LIMA CHAVES

SENSORES DE PRESENÇA NA AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE  
PULVERIZAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título Bacharel em Agronomia. Área de concentração: Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti.  
Coorientadora: Msc. Elivânia Maria Sousa Nascimento

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- C439s Chaves, Lorena Bezerra de Lima.  
Sensores de presença na automação do sistema de pulverização na agricultura familiar / Lorena Bezerra de Lima Chaves. – 2019.  
30 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti.  
Coorientação: Profa. Ma. Elivânia Maria Sousa Nascimento.
1. Agricultura familiar. 2. Automação. 3. Sensores. 4. Arduino. I. Título.

CDD 630

---

LORENA BEZERRA DE LIMA CHAVES

SENSORES DE PRESENÇA NA AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE  
PULVERIZAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR

Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Agronomia da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.  
Área de concentração: Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 21 / 06 / 2019

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Msc. Elivânia Maria Sousa Nascimento  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Agr. Antonio Ulisses Medina Gurgel  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Msc. Marcelo Queiroz Amorim  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus primeiramente, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia e a minha mãe por seus cuidados e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, em especial, por todo esforço e comprometimento durante todo esse tempo. Você é responsável por todas as minhas conquistas, porque é através do seu amor que eu percebo que nada é impossível.

À minha querida e saudosa avó, Maria Valquíria Bezerra de Lima, (in memória), pelo exemplo de vida e pelo incentivo a educação como forma de mudança de realidade.

Aos meus tios e tias pelo apoio e momentos de descontração e acolhimento, em especial meu Tio Neto Bezerra de Lima e Tia Venância Bezerra de Lima pelo amor dedicado a mim desde sempre.

Aos meus primos, Christian Emanuel Bezerra Lima da Costa, Scarllet Karoline Bezerra Lima da Costa, Raíssa Beserra Salviano, Maria Clara Bezerra Lima da Costa, Lara Bezerra Lima da Costa, Murilo Bezerra Lima da Costa e a minha afilhada Maria Sophia Bezerra Lima da Costa pelo companheirismo, amor e brincadeiras.

Ao meu avô Antônio Venuto de Lima, por nunca ter desistido da vida e do trabalho e por ter sido exemplo de coragem e persistência ao longo desses anos.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti, pela orientação, confiança e amizade destinada desde o início. Seu jeito leve e agradável de ser me ensinaram muito sobre acreditar no meu próprio potencial.

À mestra Elivânia Maria Sousa Nascimento, pela parceria e competência na condução da orientação deste trabalho, e ao meu colega de curso Antônio Ulisses Medina Gurgel, agora engenheiro agrônomo, pela paciência, dedicação e suporte.

À Prof. Dra. Carmen Dolores Gonzaga Santos pelas palavras de esperança e sabedoria em momentos de tanta aflição e angústia. Serei eternamente grata pelo seu carinho fraterno, e sempre que lembrar da trajetória no curso a sua imagem de mulher forte e fervorosa virá sempre a mente.

Ao pastor, amigo, escritor e psicólogo Álvaro Jansen Viana da Silva, o seu apoio foi um divisor de águas na minha carreira e decidiu boa parte do meu futuro, além de ter me feito enxergar toda a força e potencial que existem dentro de mim.

Ao pastor e amigo Mardes Silva por cada momento de comunhão e investimento pessoal, além do incentivo do amor ao próximo.

Aos meus colegas de curso Lucas Silva Yida, Lucas Martins e Mithally Viana de Aguiar por todo esse tempo de amizade, diversão e parceria. Vocês sem dúvidas tornaram meus dias mais felizes e suportáveis.

Aos meus amigos da vida, Amanda Bastos, Ana Caroline, Grace Kelly, Jeane Almeida, Mateus Bonie, Renata Moreira, Renato Hirco, Suy Ellen, Ítalo Colares, Tamires Loiola, Karine Maia, Johnny Loiola, Rosana Costa e aos meus pais do coração Lêda e Rubens pela amizade leve, divertida e verdadeira e por servirem de porto seguro nos momentos mais difíceis da minha caminhada.

À professora Elenira Aires Ribeiro, que me alfabetizou com carinho e eficiência, a ponto de ter me tornado oradora da turma de 1999 da Escolinha da Mônica, em Mulungu/Ce e a todos os outros professores que contribuíram para a formação do meu caráter.

À minha terra natal Mulungu, por ser sempre um local de retorno e acolhimento, onde eu passei as melhores épocas da minha vida, ao lado de pessoas especiais.

À Igreja Betesda por ter contribuído de maneira integral a formação do meu caráter e a todos que fazem dessa instituição uma casa de todos e todas.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), pelo acolhimento e a todos do corpo docente que me motivaram a continuar nos caminhos do saber.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade de realização da graduação.

A todos aqueles que acreditam em minha pessoa.

.

## RESUMO

A agricultura familiar exerce um papel de suma importância na agricultura brasileira. A falta de tecnologias dentro do processo produtivo de base familiar deve-se ao alto custo dos sistemas convencionais e a falta de conhecimento e orientação técnica sobre o uso dessas tecnologias. Assim, objetivou-se com este trabalho desenvolver um sistema de automação de baixo custo para ser utilizado no sistema de pulverização na agricultura familiar. Para a avaliação do sistema de automação foi utilizado uma barra de ferro com sensores de presença fixos a um pulverizador de barra, o mesmo foi acoplado a um microtrator muito utilizado pelo pequeno agricultor. O sensor de presença foi montado em uma plataforma arduino os resultados mostraram que o sensor de presença foi capaz de monitorar a presença ou ausência de plantas e só depois então, liberar a injeção de água. O sistema de automação desenvolvido apresenta baixo custo e pode ser utilizado pela agricultura familiar.

**Palavras-chave:** Agricultura familiar. Arduino. Pulverização.



## ABSTRACT

Family farming plays a very important role in Brazilian agriculture. The lack of technology within the family-based production process is due to the high cost of conventional systems and the lack of knowledge and technical approach to the use of these technologies. Thus, this work aimed to develop a low-cost automation system to be used without spraying system in family agriculture. For the evaluation of the automation system an iron bar with presence sensors fixed to a bar sprayer was used, it was coupled to a microtractor very used by the small farmer. The presence sensor was mounted on a platform with arduino and the white sensor indicators were able to monitor or not and then release an injection of water. The file automation system is downloaded and used by family farming.

**Keywords:** Family agriculture. Arduino. Spraying.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arduíno nano.....	17
Figura 2 – Esquema de atuação do arduíno com sensores e atuadores.....	17
Figura 3 – Protoboard energizada com arduíno e LED ligado acoplado demonstrando funcionamento.....	18
Figura 4 – Sensor de presença e suas entradas e saídas.....	19
Figura 5 – Interface do Software arduíno.....	19
Figura 6 – Código-fonte de programação para acionamento dos sensores de presença.....	20
Figura 7 – Teste de ligação de dois sensores na mesma protoboard.....	20
Figura 8 – Barra de ferro envolta a borracha e fixada com auxílio de abraçadeiras na barra de pulverização.....	21
Figura 9 – Válvula solenóide já instalada.....	21
Figura 10 – Circuito integrado ULN2803.....	22
Figura 11 – Código de programação para acionamento das válvulas.....	22
Figura 12 – Tanque de armazenamento do produto a ser utilizado na pulverização.....	23
Figura 13 – Microtrator Yanmar modelo TC14.....	24
Figura 14 – Teste de vazão dos bicos.....	24
Figura 15 - Energização do sistema através de uma bateria de 12V.....	25
Figura 16 – Bateria 12V Modelo MT1270.....	25
Figura 17 - Área do experimento.....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados dos testes de vazão das válvulas solenóides nos bicos 3 e 4 do pulverizador.....	26
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LIMA	Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas
SAN	Segurança Alimentar e Nutricional
TDP	Tomada De Potência
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Agricultura familiar.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Pulverização.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Arduíno.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Localização do experimento.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Etapas do trabalho.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>26</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo vêm-se observando o crescimento exponencial da competência da agricultura familiar no Brasil, onde há geração de renda, preservação ambiental, garantia de alimentos e recursos econômicos não somente para quem vive diretamente da mesma, mas também para toda nação, tendo em vista que as grandes produções são destinadas principalmente ao mercado externo.

Como a agricultura praticada em sua maioria pelos pequenos produtores familiares ainda é de subsistência, o uso de tecnologias é escasso nos sistemas produtivos. Isso se deve não somente a falta de tecnologia adequada, mas a incapacidade e falta de condições para inovar, quando esta é disponível. Por isso é possível ver, nos dias de hoje, quem ainda produza de maneira tão primitiva e sem o uso de nenhuma nova tecnologia.

Nos últimos anos sistemas embutidos têm passado por mudanças significativas, tendo em vista que eram vistos como sistemas de difícil manipulação e hoje são utilizados em praticamente todos os equipamentos eletrônicos, auxiliando o homem em seu dia a dia. Diferem-se dos computadores convencionais por apresentarem especificidade em seu uso. Atualmente existem plataformas que dão possibilidade a qualquer pessoa criar seus próprios projetos eletrônicos.

O uso da plataforma Arduíno e seus respectivos sensores auxiliam ao produtor a realizar diversas operações, e no caso deste trabalho, a aplicação será realizada somente onde houver planta caso haja a presença de solo, como no caso entre linhas de plantio, os sensores permanecerão fechados, evitando a aplicação desnecessária do produto e gerando economia e redução no impacto ambiental.

Na agricultura familiar, o pequeno agricultor realiza, em muitos casos, a pulverização em seu cultivo de forma manual, sem o auxílio de máquinas complexas, porém sem o entendimento exato de algumas variáveis como temperatura, taxa de absorção do defensivo pela superfície da planta, umidade do ar, do solo, entre outros parâmetros, podem surgir diversos problemas decorrentes da má distribuição do defensivo e de sua quantidade.

Assim, objetivou-se com este trabalho desenvolver um sistema de automação de baixo custo e econômico para ser utilizado no sistema de pulverização na agricultura familiar.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Agricultura familiar

O Decreto 9.064, de 31 de maio de 2017, dispõe sobre a Unidade Familiar de Produção Agrária, institui o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar e regulamenta a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. As características gerais necessárias para o reconhecimento do agricultor familiar e empreendedor familiar rural são definidas da seguinte forma:

- (I) “Não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- (II) “Utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento”; (III) “Tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento”; e (IV) “Dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família”. (SAF, 2017).

Nos últimos dados levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no Censo Agropecuário Brasileiro de 2006 foi analisado mais de 4,3 milhões de estabelecimentos agropecuários no Brasil, o que corresponde a 84,4% (IBGE, 2006). Dentro desses parâmetros a agricultura familiar equivale a 80,25 milhões de hectare, cerca de 20% da área total. Não levaram em conta, os dados das regiões com atividades de produção agrícola patronal, ou seja, médios e grandes produtores agrícolas, que são superiores a regiões com produção familiar.

Grande parte da produção de alimentos que a agricultura familiar gera, não é direcionada para o mercado externo, ou seja, exportação para fora do país como grandes agricultores realizam, mais o principal foco é abastecer o mercado interno brasileiro, assim tem cooperado não só para a economia do setor agropecuário mais para toda nação (BRASIL, 2015).

A agricultura familiar é responsável pela produção de quase 70% dos alimentos básicos consumidos pelos brasileiros, sendo muito importante para o desenvolvimento local, evita e/ou diminui o êxodo rural e tem como destino final a comercialização da grande maioria de sua produção para o mercado local e regional. As pequenas e médias propriedades são os espaços onde se produzem boa parte dos alimentos que são consumidos no dia a dia,

que são necessários à sobrevivência e à Segurança Alimentar e Nutricional (SAN). (IBGE, 2006).

Para realizar as atividades no campo, muitos agricultores familiares não utilizam meios mecânicos automatizados no processo de pulverização, decidem realizar o cultivo por meio da mão de obra humana, devido ao alto custo de implementação ou ao temor a tecnologia por não possuírem conhecimento e orientação técnica necessária. Contudo, o uso de um sistema automatizado de pulverização proporciona a aplicação correta de defensivo agrícola no cultivo, além de controlar as operações de manejo do solo e variáveis que podem interferir no plantio, diminuindo as perdas e proporcionando melhorias na economia do produto e um menor impacto ambiental proveniente do excesso. (CUNHA; ROCHA, 2015)

## **2.2 Pulverização**

A pulverização agrícola é um método eficaz para o controle de pragas e doenças, independente da área da lavoura. A técnica realiza a proteção das lavouras em grande escala, permitindo o aumento da produtividade e a segurança da matéria prima e é indicada para todos os tipos de plantações, garantindo mais segurança à matéria prima cultivada, seja para eliminar e controlar plantas invasoras ou prevenir doenças nocivas que diminuem a qualidade da colheita.

Os componentes utilizados para fazer esse controle geralmente são comercializados de forma concentrada, sendo necessária à sua diluição. Para que esse processo seja realizado com segurança e eficácia, são utilizados os pulverizadores, que atuam na fragmentação do líquido em gotas. Assim, as plantas recebem a quantidade necessária do produto a ser aplicado, sem comprometer sua saúde e qualidade (BRASQUÍMICA, 2017).

Hoje o mercado oferece os mais diversos tipos e modelos de pulverizadores que se aplicam para cada situação. Em alguns casos, um pulverizador pode ser totalmente inadequado para fazer certos tipos de aplicações, então, ao escolher o tipo ideal ou mais indicado de pulverizador deve-se, primeiro, saber qual o tamanho da área a ser pulverizada e qual o tipo de produto que será utilizado.

Para Querubim (c2019), em pequenas áreas, por exemplo, é comum usar os chamados pulverizadores costais manuais. Em áreas maiores, além do equipamento de pulverização ser maior, possui uma bomba compressora mecânica que mantém constante a pressão e a pulverização. Em áreas muito grandes o sistema aéreo ganha em tempo e agilidade e, principalmente, na escala de trabalho. No entanto, sua utilização requer cuidados maiores e



diferentes daqueles observados nos equipamentos terrestres, tais como efeitos aerodinâmicos do vôo, faixa de deposição das gotas maior do que a extensão das barras de pulverização, menores vazões por área e maior distanciamento das barras e bicos em relação ao alvo de deposição. Seja por terra ou ar, a técnica de pulverizar vem adotando inovações importantíssimas, tanto que equipamento GPS, sensores e até mesmo drones já começaram a ser utilizados a fim de aumentar os rendimentos e a produtividade no campo.

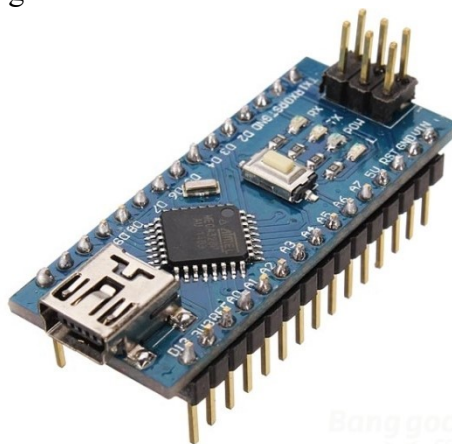
### 2.3 Arduíno

De acordo com McRoberts (2011), o Arduíno é uma plataforma embarcada, constituído por hardware e software ambos de fonte aberta, dessa forma, podem criar inúmeros projetos independentes de controle, monitoramento, interatividade, basta somente conectá-lo a um computador ou rede e assim receber e enviar dados do Arduíno para os dispositivos que estiverem interligados a ele.

Produzido com o intuito de tornar mais fáceis e acessíveis para os estudantes de outras áreas conseguirem trabalhar com tecnologia, Massimo Banzi e David Cuartielles desenvolveram um micro controlador de baixo custo e de simples utilização, que proporciona ao estudante criar seus próprios projetos (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013).

De acordo com McRoberts (2011), a ferramenta de desenvolvimento do Arduíno (IDE) é livre baseada na linguagem de programação C, C++ e Java. A mesma proporciona ao desenvolvedor, esboçar instruções (blocos de códigos) que determina o que o Arduíno deverá realizar. A plataforma Arduíno é composta por pinos de entrada e saída digitais, pinos de entrada e saídas analógicas, plug USB e conversor serial/USB, fonte de alimentação, pinos de alimentação e CPU (Figura 1) (FILIFELOP (c2019).

Figura 1 - Arduíno Nano



Fonte: FILIPEFLOP (c2019).

Os sensores e atuadores são usados para detectar mudanças no ambiente e devem ser capazes de reagir, desse modo, cada ação gera uma reação devido a comunicação entre o sistema e a programação feita pelo usuário (Figura 2). Há no mercado diversos modelos, tamanhos e funcionalidades e podem monitorar variáveis como temperatura, umidade do ar, sensores de som, motores, movimento, presença entre outros.



Fonte: FILIPEFLOP (c2019).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Eletrônica do Departamento de Engenharia Agrícola (DENA) e testado em área experimental pertencente à Universidade Federal de Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza/CE, nas coordenadas geográficas 03°43'02" de latitude Sul e 38°32'35" de longitude Oeste, com altitude média de 19 m.

O clima da região é classificado conforme Koppen como Aw', com médias anuais de temperatura de 28°C e precipitação de 900 mm, tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão (DEGLI EXPOSTI, 2013).

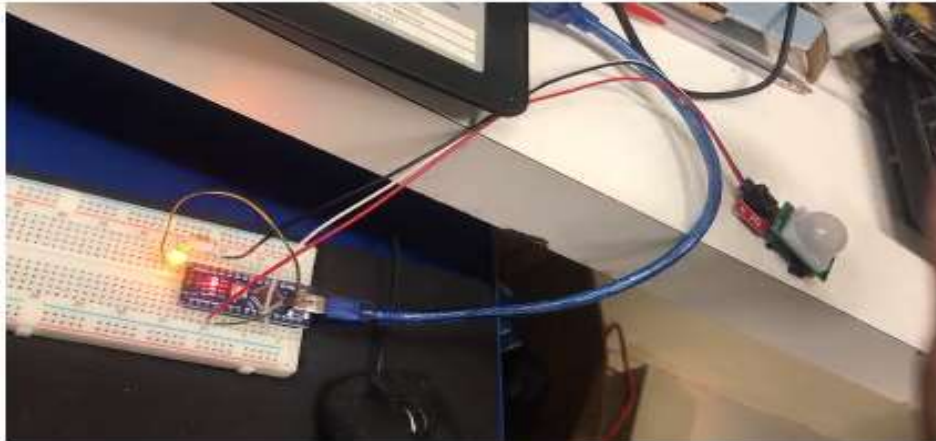
#### 3.2 Etapas do trabalho

O trabalho realizado é do tipo avaliativo, com análises qualitativas e foi construído com base em testes práticos realizados nos locais supracitados. O desenvolvimento do trabalho teve que seguir etapas bem definidas até culminar com o resultado final, sendo elas:

a) Levantamento e pesquisa de dados relacionados à automação, como programação, arduino, linguagem C, entre outros.

b) Apresentação e testes iniciais básicos utilizando os equipamentos que seriam utilizados durante todo o projeto (figura 3).

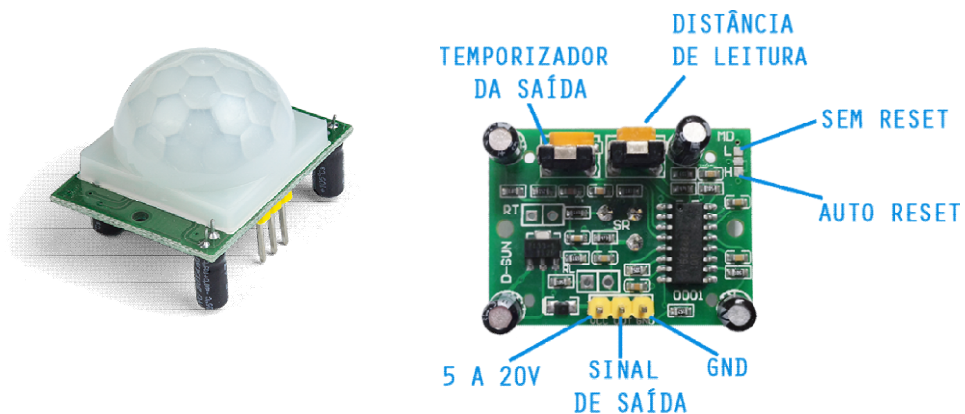
Figura 3 - Protoboard energizada com arduíno e LED ligado acoplado demonstrando funcionamento.



Fonte: Autora (2019).

O sensor escolhido foi o de presença PIR – HC – SR50, cujas entradas e saídas estão representadas abaixo (Figura 4).

Figura 4 – Sensor de presença e suas entradas e saídas



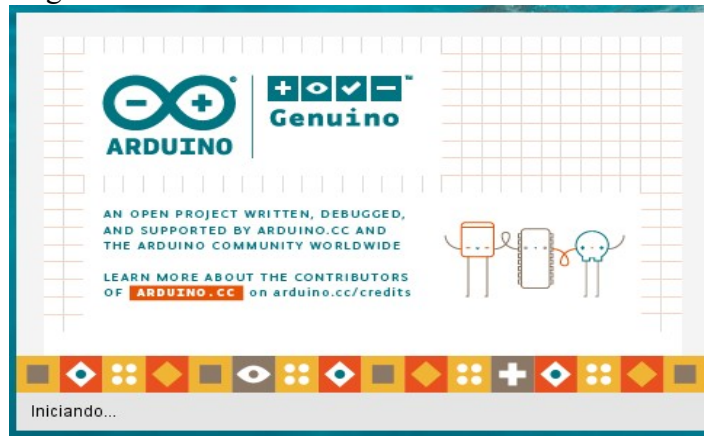
Fonte: ROBOCORE (2019).

Segundo Robocore (2019), o sensor PIR HC-SR501 é um dos sensores de movimento mais simples de usar do mercado, e totalmente compatível com Arduino. Antes da inicialização, alimenta-se e aguarda-se 5 segundos, após este período, se qualquer coisa se mover em seu range de leitura, o pino de saída vai para nível lógico alto. Este nível de saída é de 3,3V, portanto, pode ser facilmente entendido por uma placa Arduino em uma leitura digital. O sensor possui dois potenciômetros na parte de trás. Um deles você seleciona quanto tempo o pino de saída vai ficar ligado quando o sensor "ver" algum movimento. Este tempo pode ir de 5 segundos a 2,5 minutos. Para uso com Arduino, você pode mantê-lo em 5

segundos. O outro potenciômetro serve para ajustar a distância máxima de leitura, a qual pode variar nominalmente de 3 metros a 7 metros. Seu ângulo de abertura é de aproximadamente 120°.

c) Programação de sensores utilizando o programa Arduino versão 1.8.9, de acordo com a figura 5 e código-fonte de programação (Figura 6).

Figura 5 - Interface do Software Arduino



Fonte: Autora (2019).

Figura 6 – Código-fonte de programação para acionamento dos sensores de presença

```
int ledPin = 2; // pin do LED
int inputPin = 9; // pin do sensor
int pirState = LOW; // pra início, diremos que movimento é baixo (inexistente)
int val = 0; // variável pra ler o status dos pins

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // declara LED como saída
  pinMode(inputPin, INPUT); // declara sensor como entrada

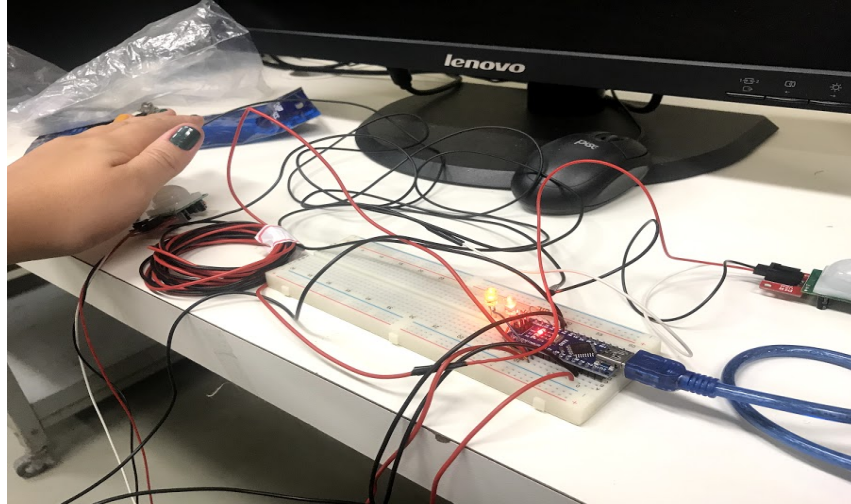
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {
  val = digitalRead(inputPin); // read input value
  if (val == HIGH) { // check if the input is HIGH
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // turn LED ON
    if (pirState == LOW) {
      // we have just turned on
      Serial.println("MOVIMENTO DETECTADO");
      // We only want to print on the output change, not state
      pirState = HIGH;
    }
  } else {
    digitalWrite(ledPin, LOW); // turn LED OFF
    if (pirState == HIGH) {
      // we have just turned off
      Serial.println("NÃO HÁ MOVIMENTO");
      // We only want to print on the output change, not state
      pirState = LOW;
    }
  }
}
}
```

Fonte: Autora (2019).

d) Manipulação de tais equipamentos visando adequar o uso aos objetivos do trabalho. Nesta etapa foram feitos vários testes em laboratório a fim de verificar o uso e possibilidades da plataforma (figura 7).

Figura 7 - Teste de ligação de dois sensores na mesma protoboard



Fonte: Autora (2019).

e) Confeção da barra de ferro envolta com borracha para acoplar os sensores e posteriormente fixá-la na barra de pulverização (figura 8).

Figura 8 - Barra de ferro envolta a borracha e fixada com auxílio de abraçadeiras na barra de pulverização



Fonte: Autora (2019).

f) Instalação das válvulas solenóides para controle de acionamento dos bicos (Figura 9) através do circuito integrado ULN2803 que é uma das interfaces mais utilizadas conforme Torralba *et al.* (2006). Esse circuito funciona como um interruptor digital, acionado por variações da tensão dos pinos da porta paralela (lpt1) do computador.

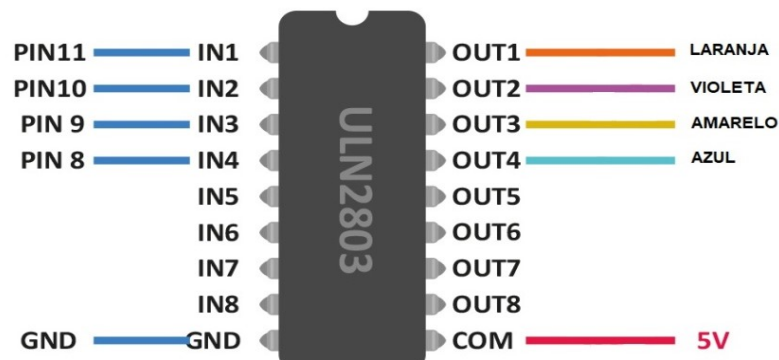
Figura 9 - Válvula Solenóide já instalada



Fonte: Autora (2019).

Com a substituição das portas paralelas pelas portas universais como as USB, que padronizou a comunicação entre o computador e periféricos, o número de portas seriais possíveis foi aumentado. Esta conversão pode ser executada por microcontroladores que podem ser programados para a conversão de sinal ou acionamento de portas digitais (Figura 10). O programa de controle e acionamento das válvulas solenóide foi escrito com o software Arduino 1.8.9 e gravado no microcontrolador do Arduino. O software para programação pode ser adquirido no site do desenvolvedor ([www.arduino.com](http://www.arduino.com)), assim como exemplos e tutoriais de uso.

Figura 10 - Circuito integrado ULN2803



Fonte: Autora (2019).

f) Criação dos comandos utilizados para a criação do programa de controle das válvulas solenóides (Figura 11).

Figura 11 – Código de programação para acionamento das válvulas

```

void setup ( )
{ pinMode (1, OUTPUT); //ativa a porta 1 (V1) como saída
  pinMode (2, OUTPUT); //ativa a porta 2 (V2) como saída
  pinMode (3, OUTPUT); //ativa a porta 3 (V3) como saída
  pinMode (4, OUTPUT); //ativa a porta 4 (V4) como saída
}
void loop ( )
{ digitalWrite(1, HIGH); //abre a V1, desvia o fluxo do transportador
  digitalWrite(2, HIGH); //abre a V2, preenche canal da amostra
  delay(10000);
  digitalWrite(1, LOW); //desliga a V1, limpa percurso analítico
  digitalWrite(2, LOW);
  delay(20000);
  for (count = 0; count <2; count++) //cria ciclo de amostragem ternária
  { digitalWrite(1, HIGH);
    digitalWrite(2, HIGH); //adiciona amostra
    delay(1000);
    digitalWrite(2, LOW);
    digitalWrite(3, HIGH); //adiciona ácido ascórbico
    delay(1000);
    digitalWrite(3, LOW);
    digitalWrite(4, HIGH); //adiciona 1,10-fenantrolina
    delay(1000);
    digitalWrite(4, LOW); }
  digitalWrite(1, LOW); //conduz zona de amostra para medida
  delay(60000); }

```

Fonte: Autora (2019).

A função *void setup* realiza as ações dentro dos colchetes uma única vez, geralmente utilizada nas configurações iniciais. A função *pinMode* ativa as portas digitais (0 a 13), como saída (OUTPUT) ou entrada de dados (INPUT). A função *void loop* realiza as ações dentro dos colchetes de forma cíclica, em um laço eterno. A função *digitalWrite*, indicada como HIGH, liga a porta digital e LOW, desliga a porta digital e o *delay* estabelece o tempo de espera em milissegundos (KAMOWAGA; MIRANDA, 2013). Neste trabalho foram usadas somente quatro portas digitais (1 a 4). O código escrito foi gravado no microcontrolador que passa a realizar as ações de forma independente e contínua.

g) Escolha do equipamento agrícola de pulverização que atendesse a demanda do trabalho e que fosse acessível ao pequeno produtor familiar. Neste caso, optou-se por um pulverizador de barra com tanque de 500 L (figura 12) acoplado ao Microtrator Yanmar modelo TC14 (Figura 13), na barra do pulverizador de barra foi fixado uma barra de ferro onde foram posicionados os sensores de presença. Os testes foram realizados em uma pequena área amostral de 10 m<sup>2</sup>, a fim de se obter uma prévia de comportamento de uma área maior.

Figura 12 - Tanque de armazenamento do produto a ser utilizado na pulverização



Fonte: Autora (2019).

Figura 13 - Microtrator Yanmar modelo TC14



Fonte: Autora (2019).

h) Testes de vazão de bicos dos pulverizadores no intuito de verificar o bom funcionamento dos mesmos (Figura 14) por meio da Equação 1. Nesta etapa foi medida também a pressão de trabalho, apresentando 80psi.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Em que:

Q é a vazão em L min<sup>-1</sup>



V é o volume em L;  
t o tempo em min.

Figura 14 - Teste de vazão dos bicos



Fonte: Autora (2019).

i) Instalação de fios e fontes de energia.

Após a regulagem de acionamento das válvulas solenóide, o programa gravado no microcontrolador permite que o sistema funcione de forma autônoma, ou seja, sem a necessidade do computador, utilizando a conexão com o cabo USB (5V) ou uma fonte alternativa como uma bateria (figura 15). Neste trabalho optamos por utilizar uma bateria veicular de 12V (figura 16). Este sistema pode ser facilmente adaptado a uma configuração portátil em determinações de campo.

Figura 15 - Energização do sistema através de uma bateria de 12V



Fonte: Autora (2019).

Figura 16 - Bateria 12V Modelo MT1270



Fonte: Autora (2019).

j) Testes em campo com o sistema montado.

Com as instalações feitas e o sistema montado, seguimos para a área do experimento. Escolhemos um local plano e o máximo possível nivelado (figura 17) para que as trepidações não interferissem tão intensamente nos resultados.

Figura 17 - Área do experimento



Fonte: Autora (2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificar a existência ou não de vegetação foi implementado um protótipo de automação de um sistema de pulverização a uma pressão de serviço de 5,6 kgf/cm<sup>2</sup>, e com base nas informações será analisada a necessidade de liberar a saída do defensivo agrícola. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos testes de vazão das válvulas solenóides nos bicos 3 e 4 do pulverizador.

Rotação da TDP	Vazão (L min <sup>-1</sup> )	
	Bico 3	Bico 4
1 <sup>a</sup>	28	28
2 <sup>a</sup>	28	28

Fonte: elaborada pela autora (2019).

De acordo com FilipeFlop (2019), a vazão de saída de água nas válvulas solenóides varia entre 7 e 40 L min<sup>-1</sup>, variando de acordo com a pressão de trabalho que pode ir de 0,2kgf/cm<sup>2</sup> a 8 kgf/cm<sup>2</sup>.

Nesta etapa do trabalho, obtivemos os resultados dos testes realizados em campo, o qual mostrou uma eficiência na aceitabilidade de 60%, ou seja, nas dez repetições, seis apresentaram uma resposta positiva dos sensores localizando de maneira correta a presença de vegetação. Os 40% de erro ficaram por conta das ligações entre os fios e a fonte energética que, devido às imperfeições do terreno, eram desfeitas ou enfraquecidas, e ao *delay* desajustado de alguns sensores, interferindo diretamente no funcionamento de todo o sistema de automação.

O uso de defensivos químicos vem sofrendo uma redução aproximada de 2% a 3%, principalmente a partir de 2009, quando entraram de forma massiva na agricultura praticada pelo grupo os receptores de sinais de satélites, os chamados sinais diferenciais. A utilização das tecnologias evitou que as máquinas aplicassem produtos duas vezes no mesmo lugar ou em áreas próximas de reservas ambientais. (AGROLINK, 2019).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, o trabalho se mostrou capaz de sofrer inúmeras mudanças e inovações, dependendo da necessidade do pequeno agricultor. Além da versatilidade, é uma

tecnologia que requer baixo conhecimento técnico, manutenções reduzidas e pontuais, além de baixo investimento financeiro.

De acordo com as inúmeras literaturas consultadas, os sistemas de precisão podem diminuir em até 50% o uso de defensivos nas lavouras, contribuindo para reduzir os custos e o impacto ambiental dos mesmos.

Desta forma, os objetivos do trabalho foram atendidos, porém como a plataforma sugere uma gama infinita de possibilidades de uso, recomenda-se aos próximos trabalhos uma abordagem mais profunda na instalação e adaptação de peças para que o sistema permaneça intacto mesmo diante as adversidades presentes no campo, como terreno desnivelado, condições climáticas adversas (poeira, altas temperaturas, chuvas, etc) e que a cada aprimoramento, a necessidade de facilitar o uso por parte dos próprios agricultores seja sempre levada em primeiro lugar.

## REFERÊNCIAS

AGROLINK. (2019). **A agricultura de precisão é mais rentável e reduz o uso de insumos**. Retirado em 25 de junho de 2019, em [https://www.agrolink.com.br/noticias/agricultura-de-precisao-e-mais-rentavel-e-reduz-a-necessidade-do-uso-de-insumos\\_417425.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/agricultura-de-precisao-e-mais-rentavel-e-reduz-a-necessidade-do-uso-de-insumos_417425.html)

BRASIL. **Lei nº 11.326, 24 de Julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/dia-mundial-da-alimenta%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 21 abr. 2019

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Dia mundial da alimentação**. 2015. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/dia-mundial-da-alimenta%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

BRASQUÍMICA (2017). **Pulverização agrícola: O que é e como funciona**. Disponível em: <<http://brasquimica.ind.br/pulverizacao-agricola/>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

CUNHA, K. C. B. da; ROCHA, R. V. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 1, n. 2, p. 62-74, 2015.

DEGLI EXPOSTI, K. (2013). **Classificação climática de Köppen-Geiger**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/geografia/classificacao-climatica-de-koppen-geiger/>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário: agricultura familiar: primeiros resultados 2006**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro\\_2006\\_agricultura\\_familiar.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro_2006_agricultura_familiar.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2019.

FILIFELOP (2019). **Placa Nano V30**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/placa-nano-v3-0-cabo-usb-para-arduino/>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

KAMOWAGA, M. Y.; MIRANDA, J. C. (2013). **Uso de hardware de código fonte aberto "Arduino" para acionamento de dispositivo solenóide**. Disponível em: <<https://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2013/vol36n8/22-NT121000.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MC ROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

QUERUBIM, N. (c2019). Pulverização Terrestre: Tecnologia Agrícola. Retirado em 25 de junho de 2019, em <https://revistarpanews.com.br/ed/75-edicao2015/edicao-175/2028-pulverizacao-terrestre>

TORRALBA, E.; ROCHA, F. R. P.; REIS, B. F.; MORALES-RUBIO, A.; de LA GUARDIA, M.; AUTOM. J. **Methods Management Chemister**. 2006.

ROBOCORE (2019). **Sensor de Presença PIR - HC-SR501**. Disponível em: <<http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2013/vol36n8/22-NT121000.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

SECRETARIA DA AGRICULTURA FAMILIAR E COOPERATIVISMO (SAF) (2017). **Regulamentação da Lei da Agricultura Familiar: Resultados para o Brasil**. Disponível em: <<https://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/regulamenta%C3%A7%C3%A3o-da-lei-da-agricultura-familiar-ganhos-para-o-brasil/>>. Acesso em: 30 abr. 2019.