

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)**

**ADRIEL FERNANDO ROSSO**

**PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO PARA FLUXO DE GRÃOS EM SEMEADORA  
NÃO AUTOMÁTICA**

**MEDIANEIRA**

**2022**

**ADRIEL FERNANDO ROSSO**

**PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO PARA FLUXO DE GRÃOS EM SEMEADORA  
NÃO AUTOMÁTICA**

**GRAIN FLOW AUTOMATION PROTOTYPE FOR NON-AUTOMATIC SEEDER**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Everton Coimbra de Araújo

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Luiz de Paula Filho

**MEDIANEIRA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ADRIEL FERNANDO ROSSO**

**PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO PARA FLUXO DE GRÃOS EM SEMEADORA  
NÃO AUTOMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Ciência da Computação  
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 21/novembro/2022

---

Everton Coimbra de Araújo  
Titulação Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Pedro Luiz de Paula Filho  
Titulação Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Ricardo Sobjak  
Titulação Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Alessandra Bortoletto Garbelotti Hoffmann  
Titulação Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**MEDIANEIRA**

**2022**

## RESUMO

Este trabalho propõe criar um protótipo para sistematizar o processo de plantio realizando o controle do fluxo de grãos das semeadoras, a fim de verificar possíveis falhas na distribuição das sementes e mostrar a localidade exata em que a falha ocorreu. Durante o desenvolvimento desta pesquisa, utilizou-se soluções de Internet das Coisas (IoT), visando a redução de custos para favorecer principalmente os produtores familiares, utilizou-se do Arduino, ESP8266, módulo de GPS para identificação da localização, armazenagem de dados e comunicação com a nuvem, gerando dashboards de acompanhamento das falhas no processo, para que seja corrigido o plantio de uma forma eficiente, aproveitando melhor a capacidade de cultivos das terras. O cenário abordado ao longo da pesquisa traz como evidência a necessidade e os benefícios oferecidos pela sistematização. No artigo é apresentado um protótipo que simula quatro linhas de semeaduras e foram obtidos resultados variando de 85.33% a 95.86% de acurácia nas contagens de grãos, as informações são apresentadas em tempo real ao operador do trator através de uma página web e após o semeadura todas as informações são exportadas à internet, o que permite um histórico e acompanhamento de todas as plantações demonstrado por dashboard.

**Palavras-chave:** internet das coisas; agricultura; automação; semeadora; arduino.

## ABSTRACT

This work proposes to create a prototype to systematize the planting process by controlling the grain flow of the seeders, in order to verify possible failures in the distribution of seeds and to show the exact location where the failure occurred. During the development of this research, Internet of Things (IoT) solutions were used, aiming to reduce costs to favor mainly family producers, Arduino, ESP8266, GPS module were used to identify the location, data storage and communication with the cloud, generating dashboards to monitor the failures in the process, so that the planting can be corrected in an efficient way, taking better advantage of the land's cultivation capacity. The scenario discussed throughout the research brings as evidence the need and benefits offered by systematization. The article presents a prototype that simulates four sowing lines and results ranging from 85.33% to 95.86% of accuracy in grain counts were obtained. , the information is presented in real time to the tractor operator through a web page and after sowing all the information is exported to the internet, which allows a history and monitoring of all plantations shown by dashboard.

**Keywords:** internet of things; agriculture; automation; seeder; arduino.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Semeadora Rotacaster . . . . .	15
Figura 2 – Semeadora Manual Saraquá. . . . .	16
Figura 3 – Semeadora de fluxo contínuo. . . . .	17
Figura 4 – Semeadora de precisão. . . . .	17
Figura 5 – Conjunto de distribuição de sementes. . . . .	18
Figura 6 – Arduino Mega2560. . . . .	20
Figura 7 – ESP8266 NODE. . . . .	21
Figura 8 – Esquema projeto. . . . .	24
Figura 9 – Circuito LDR. . . . .	25
Figura 10 – Circuito Infravermelho. . . . .	26
Figura 11 – Comunicação Mega e Nano. . . . .	26
Figura 12 – Módulo GPS. . . . .	27
Figura 13 – Condutores de sementes. . . . .	32
Figura 14 – Dados tempo real. . . . .	33
Figura 15 – Histórico de falhas. . . . .	34
Figura 16 – Tela de configuração. . . . .	34
Figura 17 – Gráfico de linha e barra. . . . .	35
Figura 18 – <i>Widget</i> Mapa. . . . .	36
Figura 19 – <i>Display</i> e tabela de dados. . . . .	37

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Central.</b> . . . . .	<b>28</b>
<b>Quadro 2 – Linha.</b> . . . . .	<b>28</b>
<b>Quadro 3 – Tabela de fluxo de grãos Infravermelho.</b> . . . . .	<b>31</b>
<b>Quadro 4 – Tabela fluxo de grãos LDR.</b> . . . . .	<b>31</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
1.1	Objetivo geral	8
1.2	Objetivo específico	9
1.3	Justificativa	9
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>10</b>
2.1	Agricultura convencional	10
2.2	Agricultura de precisão	10
2.2.1	História da agricultura de precisão	11
2.2.2	Aplicação da agricultura de precisão	11
2.3	Agricultura 4.0	12
2.4	Agricultura 5.0	13
2.5	Agricultura familiar	13
2.6	Platio direto	14
2.7	Semeadoras	15
2.7.1	História da semeadora	15
2.7.2	Tipos de semeadoras	16
2.8	Internet das coisas (IOT)	19
2.8.1	Arduino	19
2.8.2	Microcontrolador ESP8266	20
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>24</b>
4.1	Construção do protótipo em bancada	25
4.2	Informação em tempo real	28
4.3	<i>Dashboard</i> na nuvem	28
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>30</b>
5.1	Resultados do teste em bancada	30
5.1.1	Condutores de sementes	30
5.1.2	Troca de informações entre as camadas	32
5.1.3	Dados da aplicação web em tempo real	33
5.2	Resultados visuais nos dashboards	34



<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>38</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Lopes (2018), a população mundial em 2050 atingirá cerca de 9 bilhões de habitantes, e continuará a crescer, portanto, a produção mundial de alimentos terá que aumentar, para atender a demanda dessa população. As pessoas estão cada vez mais exigentes sobre as preferências alimentares, passando a incluir maior variedade e maior valor nutricional na dieta como frutas, legumes, proteína animal, além de alimentos mais elaborados e sofisticados.

Algumas fazes da agricultura como agricultura de precisão, agriculturas 4.0 e 5.0 são capazes de auxiliar no aumento da produção de alimentos para suprir a demanda global.

Na história da agricultura de precisão, existe relatos que antes dos anos 80, foram feitos trabalhos em solos com deficiência de nutrientes que mostraram a utilidade de se gerenciar as lavouras de forma detalhada e localizada. Foram aplicados insumos como calcário, em taxas variáveis, tornando o solo mais produtivo, para que a planta não tivesse falta de nutrientes em seu desenvolvimento, com o intuito de aumentar a produtividade. Essas práticas foram iniciadas nos anos 80 na Europa, quando foram desenvolvidos os primeiros mapas de produtividade, mas o primeiro país a testar doses variadas de adubação foi os Estados Unidos. Outro fator importante para agricultura de precisão, foi o surgimento do Sistema de Posicionamento Global (GPS), de forma geral é denominado Global Navigation Satellite System (GNSS), passou a oferecer seus serviços para o uso civil nos anos de 1990 (AMARAL; COLAÇO; MOLIN, 2015).

Esta mudança da agricultura convencional para agricultura de precisão, proporciona ao produtor obter a leitura em tempo real das mudanças e acontecimentos durante o processo de plantio linha por linha; por meio do conhecimento dos dados coletados por sensores. Um exemplo deste tipo de modernização são as semeadoras atuais, as quais possuem monitoramento de plantio acionado por meio de motores hidráulicos, que realizam a distribuição de sementes e adubo por taxa variável com monitoramento. Entretanto, este equipamento é inviável para o agricultor familiar, pelo fato de não ter o poder aquisitivo suficiente, para uma semeadora com um nível tecnológico avançado, sendo um custo elevado de investimento. Porém, este trabalho apresenta uma proposta de protótipo de baixo custo para agricultores familiares, que permite identificar a frequência do fluxo de sementes que é liberado em cada uma das linhas da semeadora. Para isso será utilizado um microcontrolador programado, capaz de capturar inconsistências no sistema de fluxos de sementes, constituído de sensores, capazes de alertar os operadores em tempo real sem afetar o plantio.

### 1.1 Objetivo geral

Construir uma sistematização capaz de identificar inconsistências no fluxo de sementes e emitir alertas em tempo real.

## 1.2 Objetivo específico

- Desenvolver um protótipo para identificação do fluxo de sementes;
- Desenvolver um software para visualização dos resultados de semeadura em tempo real coletados a partir de sensores;
- Testar o protótipo e o software em bancada.

## 1.3 Justificativa

O Brasil possui grandes propriedades rurais, que geram muitas riquezas, mas a agricultura familiar é majoritária e está representada por 84% das residências rurais, que abrigam aproximadamente 4,4 milhões de agricultores. Para os agricultores familiares, a adoção de recursos tecnológicos, representam um avanço significativo, fazendo com que a tecnologia seja algo necessário, tanto para grandes quanto para pequenas propriedades (IBGE, 2006).

A comercialização e sofisticação da tecnologia eleva seus custos e dificulta o acesso a tecnologia agrícola digital para os agricultores com menor poder aquisitivo (LUO; XIE; ZHONG, 2021).

Com base nesse contexto pode-se perceber que a tecnologia está se tornando essencial para a agricultura, portanto, os agricultores familiares que não têm condições financeiras, ou não estão dispostos a pagar valores elevados para obter um novo equipamento tecnológico, ficam estagnados, enfrentando grandes perdas, altos custos e por fim uma menor qualidade em seus produtos. A tecnologia desenvolvida visa monitorar o fluxo de sementes, facilitando a identificação de falhas no mecanismo dosador. Pode-se citar algumas falhas, tais como: falta de sementes no reservatório; discos defeituosos; parte mecânica danificada; travamento de sementes entre outras que podem afetar o fluxo de sementes.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo será abordadas técnicas e tecnologias para o embasamento deste projeto. Será mostrado também a evolução das tecnologias na agricultura, sendo elas: Agricultura convencional, Agricultura de Precisão, Agricultura 4.0 e Agricultura 5.0.

### **2.1 Agricultura convencional**

A agricultura convencional pode ser descrita como um conjunto de técnicas produtivas conhecidas como a 2ª revolução agrícola, surgida em meados do século XIX, que se iniciou com o lançamento dos fertilizantes químicos feito por Liebig. Tal tecnologia conta com as sementes geneticamente manipuladas para aumentar a produtividade, associadas aos agrotóxicos, fertilizantes e máquinas agrícolas. O agricultor se tornou dependente destas tecnologias do setor industrial levando à degradação do ambiente e à descapitalização, criando uma situação insustentável (EHLERS, 1996).

Após a segunda guerra mundial iniciou-se a "Revolução Verde", nascida nos países desenvolvidos, que teve como principal característica o uso em larga escala de insumos químicos, com o objetivo de aumentar a produtividade dos campos. A agricultura convencional foi difundida mundialmente alegando que iria acabar com a fome. Desenvolvendo assim sementes melhoradas, fertilizantes químicos e agrotóxicos, vendendo para países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Porém com o passar dos anos iniciou-se problemas como: pragas resistentes a agrotóxicos; contaminação do solo, água e alimentos; erosão, compactação e salinização do solo; (BENJAMIN; ROSSET, 1995).

Mesmo que a "Revolução Verde" tenha trazido mais produtividade para as lavouras e redução da pressão do desmatamento de áreas nativas, a sustentabilidade requer o uso racional de todos os recursos naturais. Este modelo convencional requer grandes quantidades de consumo contínuos de insumos industriais tais como fertilizantes, defensivos químicos entre outros, o que acaba por ocasionar grandes problemas para o meio ambiente (GLIESSMAN, 2001).

### **2.2 Agricultura de precisão**

O consumo de produtos naturais vem aumentando com o decorrer dos anos. Diante disso, a agricultura precisa de otimização, visando à sustentabilidade e a segurança alimentar. Neste caso a agricultura de precisão se torna essencial pelo fato de buscar o máximo rendimento com menos consumo de insumos possíveis (AMARAL; COLAÇO; MOLIN, 2015; RIBEIRO, 2020).

### 2.2.1 História da agricultura de precisão

A agricultura de precisão apareceu por volta dos anos 1980, mostrando a utilidade de se gerenciar as lavouras, com o devido conhecimento da diferenciação nos solos e relevos, isso significa que exige-se tratamentos diferenciados para cada tipo específico de solo. Os primeiros a seguirem essa linha de pensamento foram os europeus, gerando os primeiros mapas de produtividade; na sequência, os Estados Unidos fizeram a aplicação de insumos, tal como calcário, apenas nas áreas com deficiências de nutrientes (HANEKLAUS; SCHNUG, 2002; LAL; STEWART, 2015).

Em meados da década de 1990, o Brasil teve as primeiras atividades ligadas a Agricultura de Precisão, importando do exterior as primeiras colhedoras equipadas com monitoramento de produtividade de grãos. Já no final dos anos 1990 começou a aplicação de adubação, que até então não eram distribuídas em taxas variáveis. Após 10 anos, o Brasil iniciou a fabricação de suas máquinas nacionais, que faziam aplicações em taxas variáveis de pós e granulados, porém continuavam importando os controladores que faziam parte das máquinas. Mais tarde esses controladores passaram a ser produzidos nacionalmente (AMARAL; COLAÇO; MOLIN, 2015).

Segundo a Amaral, Colaço e Molin (2015), o termo “Agricultura de Precisão”, se fundamenta no fato de haver diferentes níveis, não homogêneos, entre os solos, distribuição de chuvas, secas, geadas, em distintas áreas espaciais e diferentes tempos, o que faz com que seja necessário o desenvolvimento de estratégias inteligentes para o cultivo.

### 2.2.2 Aplicação da agricultura de precisão

Segundo Duhan *et al.* (2017), por meio do monitoramento de variáveis ambientais e da aplicação direcionada, realizada por meio da agricultura de precisão pode-se maximizar a produção das safras e também minimizar a aplicação de inseticidas, herbicidas e fertilizantes. Deste modo, é possível tomar melhores decisões com o apoio de computadores, sensores, sistemas globais de posicionamento de satélite e dispositivos de sensoriamento remoto, assim os quais aproximam o cultivo de uma eficiência máxima por identificar os problemas que estão sendo causados durante e ao longo do plantio.

Para Pires *et al.* (2004) os benefícios da agricultura de precisão são:

- a) Melhorar o controle da área de cultivo, mediante o conhecimento da variação do rendimento de grãos de local para local;
- b) Utilizar racionalmente os insumos, para maior retorno;
- c) Reduzir o impacto ambiental, e melhorar a qualidade do solo ao longo do tempo;

- d) Priorizar os investimentos em insumos, nas áreas em que o potencial de rendimento de grãos é maior, garantindo maior possibilidade de retorno econômico, com menor investimento (salienta-se que o retorno econômico obtido dependerá da variabilidade da área trabalhada e da importância econômica da cultura);
- e) Aumentar o fluxo de informações, para direcionar a tomada de decisões de manejo;
- f) Valorizar a propriedade rural.

Deste modo, a utilização da agricultura de precisão é fundamental para o aumento da produtividade gerando mais fonte de renda e menos impacto ambiental.

### 2.3 Agricultura 4.0

A agricultura 4.0 foi desenvolvida agregando novas tecnologias computacionais à agricultura de precisão, com a premissa principal de possibilitar a maior conectividade, visando capturar os dados do campo e gerar dados úteis para o produtor, sendo as novas tecnologias: *Internet of Things (IoT)*; *Big Data*; *Cloud Computing*; *Machine Learning* (MOREIRA, 2019).

Essas tecnologias possibilitam resultados, como a redução do uso de insumos químicos nas lavouras a partir da aplicação precisa baseada em informações georreferenciadas; otimização do tempo de trabalho do produtor rural alinhado ao aumento da eficiência no uso do recurso hídrico, por exemplo aplicando-se um sistema de irrigação automatizado. Tais possibilidades estão sendo concretizadas com o auxílio dos produtos e serviços associados ao contexto da Agricultura 4.0, como, por exemplo: aplicação de sensores sem fio para coleta de dados; cibernética e máquinas inteligentes; comunicação integrada entre dispositivos; *Big Data Analytics* e realidade aumentada (MOREIRA, 2019).

Segundo Liu *et al.* (2021), a quarta revolução está em andamento, resultando em uma agricultura mais inteligente, por meio de coleta, processamento, análise de dados, espaços temporais e variáveis em tempo real. Deste modo, com o aumento do grau de automação, as escolhas serão mais inteligentes, baseadas em dados da IA, o que possibilita o aumento da eficiência e ampliação do abastecimento agroalimentar.

Segundo Luo, Xie e Zhong (2021), países em desenvolvimento têm investido pesadamente na agricultura digital; porém outros países bem mais desenvolvidos tal como o governo Britânico o qual investiu cerca de 6,6 bilhões de dólares, com foco em inteligência artificial e *big data* para a agricultura de precisão e o Canadá, o qual prometeu cerca de 50,3 milhões de dólares, apoiando planos estratégicos para agricultura, incluindo agricultura digital, também estão direcionando investimentos nessas tecnologias. Se forem atingidas as interconexões agrícolas planejadas, a indústria adicionará cerca de 500 bilhões de dólares adicionais no PIB (Produto interno bruto) mundial.

## 2.4 Agricultura 5.0

A Agricultura 5.0 busca trazer tecnologias para acompanhar o crescimento populacional global, e também os consumidores de classe média, os quais cada vez estão mais exigentes com dietas específicas, certamente isso aumentará a demanda de recursos. Deste modo, estudos sugerem que a agricultura deve se tornar 70% mais produtiva até 2050 e caso tal meta não seja atingida, acredita-se que poderão ocorrer problemas sociais e políticos (CAMPBELL; FRASER, 2019).

Segundo Rovira-Mas e Saiz-Rubio (2020) as fazendas estão seguindo os princípios de Agricultura de Precisão e usando equipamentos autônomos de decisão não tripulados, com uso de robôs e algumas formas de IA. Por tradição, as fazendas precisam de muitos trabalhadores, para colher safras e manter as fazendas produtivas, porém com a transição de grande quantidade de trabalhadores rurais indo morar na cidade, as fazendas estão enfrentando o desafio de uma escassez de mão de obra. Uma solução para substituir essa mão de obra humana, é a utilização de robôs agrícolas integrando recursos de IA. Embora ainda existam muitos casos em que robôs não são tão rápidos quanto os humanos, o sistema robótico pode ajudar os produtores com tarefas tediosas, empurrando os sistemas agrícolas para o novo conceito de Agricultura 5.0.

Para Campbell e Fraser (2019) a agricultura precisa buscar maior eficiência tendo em vista que deve-se produzir mais alimentos na mesma quantidade de terra e com menos quantidade de insumos, as novas tecnologias devem permitir que os agricultores se tornem mais produtivos, enquanto reduzem problemas ambientais ocasionadas pela agricultura. As tecnologias de ponta e as biotecnologias terão o maior papel, e no futuro, espera-se ter de tudo, desde "tratores inteligentes" a "plantações projetadas", significará que devemos ser capazes de cultivar com mais eficiência; reduzindo o desperdício e ampliando a distribuição de alimentos. O desperdício de alimentos ocorre principalmente nas fazendas pela baixa eficiência de armazenamento dos produtos, nos locais mais ricos do mundo o desperdício ocorre principalmente em restaurantes, supermercados e residências.

## 2.5 Agricultura familiar

Segundo BOZA, VIEIRA e ZILLI (2017) no Brasil classifica-se a agricultura em dois tipos: o pequeno produtor que também é conhecido como agricultura familiar e o grande produtor.

Em 66% dos países em desenvolvimento, 3 milhões de agricultores são agricultores de pequeno porte, com áreas de cultivos menores que dois hectares, tendo na maioria das vezes semeadora sem tecnologia e semeadoras pequenas com 7 a 9 linhas, somente para semear a sua propriedade. Com o avanço da tecnologia, é possível que esses agricultores se beneficiem, aumentando a sua produtividade, favorecendo a transparência do mercado, e uma logística mais eficiente. Durante a pandemia da COVID-19, países em desenvolvimento tiveram ajuda

da agricultura digital para subsistir na produção de alimentos e nas cadeias de abastecimento (LUO; XIE; ZHONG, 2021).

A comercialização da tecnologia dificulta o acesso dos pequenos agricultores, sendo cada vez mais difícil trazer para a sua produção, tendo em vista que agricultores de pequeno porte não têm a mesma taxa aquisitiva das grandes propriedades, para bancar investimentos em tecnologia agrícola digital (LUO; XIE; ZHONG, 2021).

Na América Latina a agricultura familiar representa 30% da produção agrícola no Uruguai, 25% no Chile, 20% no Paraguai e 19% na Argentina. No Brasil, esse segmento é responsável por 38% do valor bruto da produção. Na América Latina e Caribe existem cerca de 15 milhões de estabelecimentos familiares, ocupando aproximadamente 400 milhões de hectares. Para se enquadrar na agricultura familiar as propriedades precisam ser geridas pelos membros da família e a maior parte da mão de obra também deve ser familiar (BEZERRA; SCHLINDWEIN, 2017).

## 2.6 Platio direto

O Sistema de plantio direto (SPD) tem como principal característica a utilização da palha deixada no solo por culturas anteriores, criando um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal, contribuindo para a estabilização da produção e recuperação ou manutenção da qualidade do solo (ALVARENGA *et al.*, 2001).

Esta camada traz benefícios para o solo tais como: dissipação de energia, minimização da erosão causada pelas enxurradas, proteção contra o impacto direto de água de chuva no solo, redução da evaporação, aumento da infiltração e armazenamento de água no solo, entre outros benefícios (FONTES; HERNANI; SALTON, 1999).

A pesquisa com o plantio direto teve início no Brasil em 1969, quando professores da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) semearam de forma experimental um hectare de sorgo, sem preparar o solo após a plantação anterior. Em 1973, no Paraná, foram feitas as primeiras pesquisas com diferentes sistemas de cultivo, incluindo plantio sem preparação do solo após a colheita da safra anterior. Em 1974 publicaram os primeiros resultados do plantio direto, utilizando sementes de soja e milho, este foi considerado o primeiro plantio direto comercial do Brasil (ARAÚJO; JUNIOR; RAFAEL, 2008).

Em 1971, os produtores do norte do Paraná foram os primeiros a desenvolver trabalhos de demonstração e extensão do sistema de sucessão de trigo-soja, após vieram os estados de Rio Grande do Sul, em 1975, e São Paulo em 1976. Diante disso, com o plantio direto, os agricultores se beneficiam economizando 60% do trabalho de máquinas, e isso, foi o primeiro estímulo para os agricultores adotarem o plantio direto. Porém no decorrer do plantio as semeadoras Figura 1, apresentavam falhas em solos argilosos, com difícil penetração dos discos, pois não havia grande quantidade de peso para realizar o corte no solo, contava somente com o peso



adicional de 1,5 toneladas de adubo, deste modo, a profundidade do solo não era suficiente para a germinação da soja (ARAÚJO; JUNIOR; RAFAEL, 2008).

**Figura 1 – Semeadora Rotacaster**



**Fonte: Araújo, Junior e Rafael (2008).**

Deste modo, com a ocorrência de problemas enfrentados durante as fases de teste, ajuste e fabricação, só em 1992 foi consolidado o sistema de plantio direto mecanizado (ARAÚJO; JUNIOR; RAFAEL, 2008).

## **2.7 Semeadoras**

É um equipamento agrícola para semear e plantar de maneira uniforme, realizando o espaçamento adequado entre as linhas do plantio e mantendo a profundidade adequada dos grãos no solo (PORTELLA, 2001).

### **2.7.1 História da semeadora**

Nos anos de 1900 o sistema de plantio era realizado de forma manual Figura 2 ou com tração animal. Entre os anos de 1900 a 1920 o uso de tração animal tornou-se presente no campo, pelo fato de realizar o plantio mais eficaz, distribuindo maior quantidade de sementes por metro rodado. Logo após deu início à fabricação de tratores nos anos de 1920 a 1950, possibilitando a criação de semeadoras, maiores e mais pesadas, o que agilizou o plantio e utilização. Em 1970 com o surgimento do plantio direto, as semeadoras precisaram ser ajustadas por meio de aumento de peso e fazendo com que cada linha abra de forma individual o solo com discos de corte, inserindo a semente e adubo e finalizando com o fechamento do corte (LEARDINI; SILVA; ZANARDI, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2000).

No ano de 1978, a Embrapa importou a semeadora dinamarquesa Nordestern, e em seguida foi importada a Bettison-3D da Inglaterra. O Brasil fez seu primeiro projeto nacional em 1980, com a semeadora TD, que nada mais era do que uma máquina de plantio direto (LEARDINI; SILVA; ZANARDI, 2016).

**Figura 2 – Semeadora Manual Saraquá.**



**Fonte: Leardini, Silva e Zanardi (2016).**

Segundo Bertaux, Mantovani e Rocha (1992) a precisão no plantio é um fator importante para a produção de uma determinada área pois o processo produtivo é potencialmente dependente dos resultados obtidos na semeadura, por exemplo, a falta de regularidade no espaçamento entre as plantas no plantio, podem ocasionar perdas superiores a 15% na cultura do milho (DELAFOSSÉ, 1986).

### 2.7.2 Tipos de semeadoras

Há diferentes formas de realizar a semeadura a saber: por meio de semeadoras de fluxo contínuo, as quais objetivam distribuir as sementes em massa, depositando grande quantidade em um só local, ou semeadoras de precisão, que depositam os grãos com determinada distância, inserindo uma por uma de maneira precisa (PORTELLA, 2001).

A semeadura de fluxo contínuo, é realizada de forma contínua, devido à distribuição de sementes e necessidade da planta. Utilizada para sementes miúdas tais como arroz, trigo, aveia, centeio e algumas espécies de leguminosas, sendo necessário que sejam semeadas próximas

uma da outra. Essa semeadora de fluxo contínuo Figura 3, é necessária para o plantio dessas culturas, podendo-se utilizar espaçamentos entre 15 e 35 centímetros, de uma linha a outra. Os componentes que formam a semeadora são: reservatórios de sementes, mecanismo dosador de sementes, sulcadores, dispositivo de transmissão, entre outros (SILVEIRA, 2001).

**Figura 3 – Semeadora de fluxo contínuo.**



**Fonte: Semeato (2021).**

Nas semeadoras de precisão Figura 4 são utilizados grãos graúdos tais como: milho, soja, sorgo, feijão algodão e outros. O espaçamento de plantio ao se utilizar essa semeadora varia entre 35 e 90 cm de uma linha para a outra, podendo-se realizar a dosagem mecânica com discos de distribuição de sementes horizontais e dedos prensores, sendo esse mecanismo o mais usado, outra forma seria a realização por dosadores pneumáticos. Os componentes que formam a semeadora são: reservatórios de sementes, dosadores de sementes, sulcadores, dispositivo de transmissão entre outros (PORTELLA, 2001).

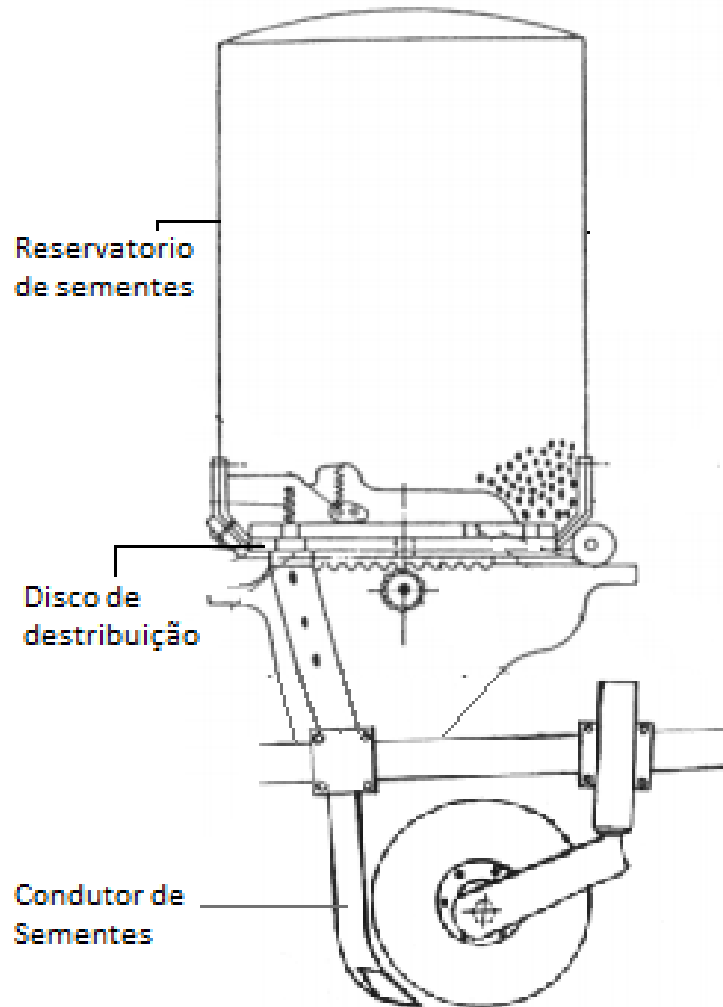
**Figura 4 – Semeadora de precisão.**



**Fonte: Stara (2021).**

A semeadora de precisão, possui um conjunto de sistemas interligados para distribuição das sementes, esse sistema possui alguns componentes, os quais encontram-se apresentados na Figura 5, que são: reservatório de sementes, disco de distribuição e condutor de sementes.

Figura 5 – Conjunto de distribuição de sementes.



Fonte: Portella (2001).

O disco de distribuição de sementes horizontais tem a função de liberar as sementes. Assim, cada semente que atravessa pelo disco é projetada para o tubo condutor de forma individual, garantindo uma precisão maior durante a semeadura (RUBENS, 2008).

Dependendo do sistema dosador de sementes e da velocidade de operação, os espaçamentos entre as sementes distribuídas poderão ser influenciados (LUIZ GERALDO, 2012). A escolha do disco deve ser feita de acordo com a semente. Os furos do disco devem ser 10% maiores que o diâmetro das sementes, a fim de evitar qualquer erro de dosagem (RUBENS, 2008).

O condutor de sementes é o principal responsável pelo transporte das sementes entre o disco e o solo durante o processo da semeadura (LUIZ GERALDO, 2012). Segundo Pacheco *et al.* (1996), é desejável que qualquer salto da semente seja imprescindivelmente vertical, e que a semente seja regularmente depositada no ponto de destino do sulco.

Segundo Rubens (2008), a eficiência de todo e qualquer sistema de deposição de sementes, dependerá muito da distância entre o dosador de sementes e o sulco de semeadura,

portanto, quanto menor a distância, mais eficiente será o processo. Atualmente, tem-se como intuito que o dosador fique mais próximo ao solo, dessa forma as semeadoras são equipadas com reservatórios individuais, para cada linha de semeadura, sendo posicionados acima do disco duplo.

Pacheco *et al.* (1996), observaram que modificações de comprimento, posição e curvatura, feitas em seu estudo, no tubo condutor não resultaram em melhoria do desempenho. Os autores ainda citam que independentemente da modificação efetuada, o aumento da velocidade apenas piorou o desempenho da semeadora.

## 2.8 Internet das coisas (IOT)

IoT é definida como a interconexão e interoperabilidade entre dispositivos, de forma inteligente, podendo ser feita por meio de um dispositivo autônomo inteligente e independente, auxiliado por sensores, atuadores, que detectam o ambiente e assim tomam suas próprias decisões, podendo ainda se comunicar com outros dispositivos ou levar informações para o usuário (LOMBARDI; PASCALE; SANTANIELLO, 2021; WANG *et al.*, 2020).

A Internet das Coisas (IoT) passou por avanços rápidos, tendo como resultados várias aplicações complexas, por exemplo; cidades, indústrias e saúde inteligentes. Embora a IoT traga melhores experiências para o usuários se não for bem projetada, ela pode causar problemas de privacidade e segurança, por haver comunicação sem fio, por exemplo, se estiver sendo usada na saúde as informações confidenciais dos pacientes podem ser perdidas ou disponibilizadas inadequadamente quebrando se o sigilo médico e infringindo o código de ética (ALMAGRABI *et al.*, 2021).

Para Oliveira (2017), a IoT não é algo novo, na década de 90 com a popularização da Internet, já se pensava em formas de interligar os equipamentos utilizados no dia a dia, essas novas tecnologias desenvolvidas tornaram essa comunicação factível. Os módulos baseados no micro controlador ESP8266 representam um grande avanço, por terem vários recursos disponíveis para soluções de IoT.

### 2.8.1 Arduino

O Arduíno teve origem na Itália no ano de 2005, ele foi criado pelos professores Massimo Banzi e David Cuartiles, os quais buscavam uma forma barata e um jeito fácil de estudantes aprenderem a tecnologia, desse modo foi criado o micro controlador. Após a sua criação, o Arduino começou a ser vendido em kits para os alunos criarem seus próprios projetos. Sua popularidade cresceu rapidamente quando o público percebeu que ele era barato e simples para a utilização, além de ser uma excelente introdução para a programação (EVANS; HOCHENBAUM; NOBLE, 2013).

O Arduino Yun é oficialmente utilizado para (IoT), ele inclui vários recursos, tais como módulos separados de *Wi-Fi*, *Ethernet* com fio, além de conectores USB, semelhante a um Arduino uno porém, ele é equipado com um módulo *Wi-Fi* estilo ESP8266.(MONK, 2016).

O *hardware* é formado por um microprocessador 8 bits *atmel AVR reduced instruction set computer*. A primeira placa foi baseada no Atmega8 com memória *flash* de 8KB, rodando em uma velocidade de *clock* 16MHz. A primeira evolução foi para o Arduino NG *plus* e a Diecimila, usavam o ATmega168 com memória *flash* de 16KB. A segunda evolução partiu para o Arduino Duemilanove e uno, sendo equipadas pelo Atmega328 com memória *flash* de 32 KB, podendo comutar automaticamente entre USB e corrente contínua (DC). Para projetos que exigem maior quantidade de memória, há opção do Arduino Mega1280, com memória 128KB, ou o mais conhecido Arduino Mega2560 Figura 6, com memória de 256KB (EVANS; HOCHENBAUM; NOBLE, 2013; MCROBERTS, 2018).

**Figura 6 – Arduino Mega2560.**



**Fonte: Kurniawan (2019).**

As placas possuem pinos digitais e pinos analógicos, que podem ser definidos como: entrada e saída de sinal. Os pinos digitais podem ser programados para modulação por largura de pulso (PWM). Há também vários protocolos de comunicação disponíveis como serial, bus serial de interface periférica (SPI) e 12C/TWI. Em cada placa padrão tem um conector de programação serial in-circuit (ICSP) e um botão *reset* (EVANS; HOCHENBAUM; NOBLE, 2013; MCROBERTS, 2018).

### 2.8.2 Microcontrolador ESP8266

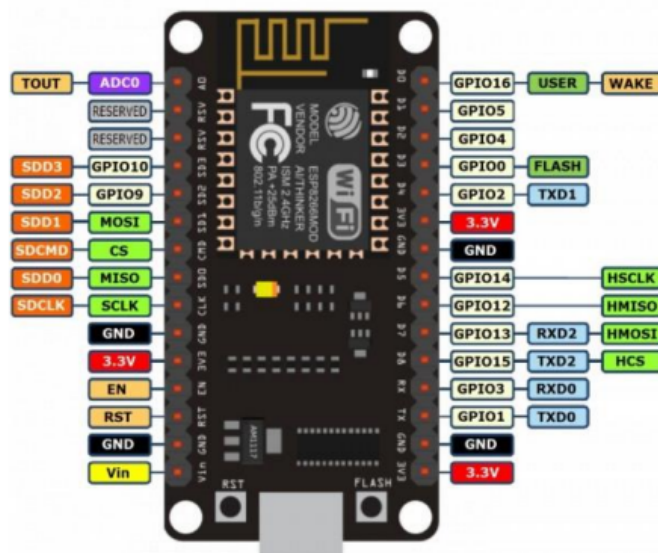
Segundo Asinelli *et al.* (2018) a fabricante chinesa Espressif Systems, com sede em Xangai, foi a responsável por produzir o microcontrolador ESP8266 System On a Chip (SOC), de baixo custo totalmente programável com Wi-Fi integrado. Outros fabricantes a partir do ano de 2014 iniciaram a produção em módulos prontos, sendo atualizados continuamente o seu design e desempenho. Alguns módulos produzidos com base no ESP8266 são os ESP-01, ESP-05, ESP-12 e ESP-201, contam também com placas de desenvolvimento como NodeMCU, Wemos D1 e LoLin NodeMCU. Cada módulo possui suas vantagens: compatibilidade com breadboard,

disponibilidade de General Purpose Input/Output (GPIO), presença de antena integrada. O chip ESP8266 possui três modos operacionais:

- Ponto de acesso Wi-Fi (AP), com comunicação bidirecional estabelecida entre o ESP8266 e um dispositivo externo;
- Modo Estação (STA), atuando como um dispositivo autônomo conectado a um ponto de acesso Wi-Fi externo;
- Ambos os modos AP e STA.

Para facilitar o desenvolvimento de projetos, o módulo foi configurado para funcionar em conjunto com a IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) de Arduino. A empresa configurou o ESP8266 NodeMCU com base no Arduino Uno e núcleo SAM. O termo 'Núcleo' foi dado ao grupo de unidades de software que são necessárias para compilar os cabeçalhos Arduino C++ usando Língua MCU (microcontroller unit). O MCU é designado como uma das melhores plataformas de software de aprendizagem no que diz respeito ao combinação de firmware ESP8266 e NodeMCU. O módulo demonstrado na Figura 7 funciona sob a supervisão de redes 802.11ne 802.11b (AZIZ, 2018).

**Figura 7 – ESP8266 NODE.**



**Fonte: Aziz (2018).**

Segundo Aziz (2018) O módulo foi criado independentemente dos processadores AVR e usado parcialmente da mesma forma que Arduino MCU.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Christian Schutz (2018) apresenta a construção de um protótipo de uma linha, para pequeno agricultor. Este protótipo teve como objetivo garantir uma precisão adequada no plantio da lavoura, realizado por um sistema supervisorio, facilitando o controle de desperdício e garantindo máximo rendimento. Neste projeto foram implementadas duas programações, as quais visam controlar o fluxo de sementes e manter o controle da quantidade de adubo no recipiente da semeadora, com isso, o sistema foi capaz de trazer maior facilidade para o operador e tornar o plantio mais eficaz.

O autor utilizou sensores de fluxo de distância ultrassônico, com emissor, receptor e LEDs, para o monitoramento do volume no interior do recipiente. A contagem de grãos foi realizada com sensores (transmissor e receptor infravermelho) acoplados no duto de fluxo de grãos, esses sensores realizaram o controle da contagem e o nível do adubo em porcentagem, tal processamento foi realizado por microcontrolador Arduino. Além disso, a média da contagem de cada duto é apresentada por uma tela LCD (CHRISTIAN SCHUTZ, 2018).

Com o auxílio do Arduino e sensores em seu estudo, houve 80% de redução na incidência de falhas causadas pela má distribuição de sementes, este resultado não foi mais satisfatório pelo fato do sensor não ser mais preciso. Portanto, com esse projeto desenvolvido, mesmo com as limitações dos sensores, o plantio ficou mais homogêneo (CHRISTIAN SCHUTZ, 2018).

Roque e Schievelbein (2016) apresentaram um projeto para detectar falhas nas linhas durante o processo de plantio, utilizando monitoramento com sensores magnéticos nas linhas da semeadora e um microcontrolador ATmega328P da família AVR da ATMEL, o qual possui circuitos demultiplexadores/multiplexadores de sinais, para poder efetuar a leitura de uma grande quantidade de sinais e também realizar a escrita. Deste modo, adicionaram tecnologia embarcada em equipamentos que não a possuem, com baixo custo sendo boa opção para pequenos e médios agricultores.

Para que o sensor magnético faça a contabilização é necessário que o ímã e o sensor estejam próximos o suficiente. No projeto o sensor foi acoplado em uma parte fixa, e o ímã foi acoplado ao eixo que rotaciona em 360 graus, quando o sensor faz a aproximação do ímã que está constantemente rotacionando ocorre uma contabilização e o monitoramento da rotação do eixo, caso o eixo de distribuição não rotacione o sensor magnético não faz a contabilização. (ROQUE; SCHIEVELBEIN, 2016).

Segundo Roque e Schievelbein (2016) durante os testes do equipamento foi possível observar a efetividade na detecção das falhas, com assertividade de 80% no primeiro plantio, 83,33% no segundo plantio e 100% no terceiro plantio.

Martins (2018) teve o objetivo de realizar a aplicação de taxa variável, desligando linha a linha, proporcionando ao agricultor maior produtividade e menor desperdício de insumos, trouxe também a facilidade de regulagem e manutenção, pois no final da operação é gerado um relatório, contendo dados estatísticos e um mapa da semeadura. O mecanismo está afixado em um



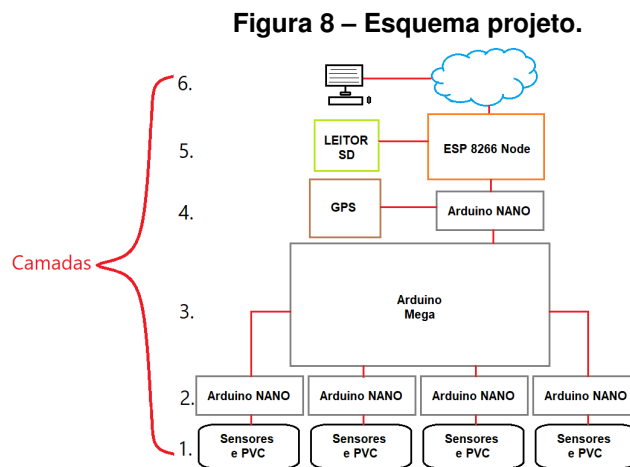
chassi com o dosador de semente e um motor que realiza a movimentação dos discos. Para tanto, utilizou-se de um microcontrolador *Texas Instruments Tiva Launchpad* TM4C123GH6PM o qual recebe os dados do sensoriamento monitorando os parâmetros relacionados a semeadura, tais como: a) Sensor de estado, que terá a função de informar se a semeadora está erguida ou abaixada; b) Sensor de velocidade; c) Sensores de rotação para realimentar o sistema de controle; d) Sensores de contagem de sementes informando ao microcontrolador se há queda de sementes efetuando 1000 contagens por segundo para identificar anormalidade na semeadura. O *firmware* é executado em linguagem C, a qual é utilizada pelo microcontrolador, sendo feita a exibição dos dados no *display*, bem como as configurações e a obtenção dos dados gerados pelos sensores (MARTINS, 2018).

O *firmware* era executado em linguagem C, a qual utilizada pelo microcontrolador, sendo feita a exibição dos dados no *display*, bem como as configurações e a obtenção dos dados gerados pelos sensores (MARTINS, 2018).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de ação tem duas etapas, a primeira trata-se da construção em bancada de um protótipo que atenda a contagem de grãos que passam pelo condutor de sementes. Foram utilizadas sementes de grãos de soja e milho. A última etapa é a interligação dessa solução a uma aplicação na nuvem que permite analisar o plantio de acordo com as informações coletadas pelo dispositivo desenvolvido.

A Figura 8 demonstra o esquema de todas as camadas necessárias e as ligações entre eles para o desenvolvimento do projeto.



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Descrição das camadas demonstradas no esquema:

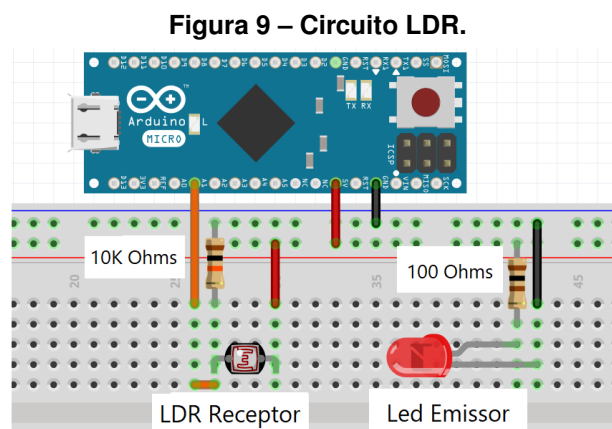
- A primeira camada demonstra o desenvolvimento de 4 linhas, cada linha contém 3 sensores de passagem inseridos dentro de um cano de PVC, totalizando 4 canos de PVC e 12 sensores;
- A segunda camada é composta por 4 Arduinos, cada Arduino é responsável pelo processamento individual, realizando a contagem do fluxo de grãos em cada cano de PVC;
- A terceira camada é responsável por receber todas as informações das 4 linhas fazendo o sincronismo, ajustando os dados e enviando para a camada superior;
- A quarta camada possui um Arduino Nano recebendo os dados sincronizados pela camada anterior a cada 1 segundo, recebendo também os dados do GPS, essa escolha de um novo Arduino nessa camada é devido a lentidão dos dados recebidos pelo GPS, tendo cerca de 0,7 à 1 segundo para o sinal estar dentro dos requisitos de recebimento, totalizando 2 segundos de lentidão. Dessa forma com a adição do Arduino os dados são processados em paralelo em 1 segundo;

- Na quinta camada o ESP8266 disponibiliza uma página Web local que possibilita a verificação em tempo real das contagens de grãos, detecta as possíveis falhas e a localidade em que ocorreu, esta página foi desenvolvida com html e linguagens php e javascript juntamente com a IDE do Arduino que utiliza a linguagem C++. Utilizado um módulo de cartão SD para salvar a cada 10 segundos os dados coletados do plantio, que são: a contagem de grãos de cada linha e os dados do GPS, após a conexão do ESP8266 com a internet, é feito um *request* enviando todos os dados salvos no cartão SD para a nuvem;
- A sexta camada é quando os dados são sincronizados na nuvem, gerando um *dashboard* para analisar os dados gerais do plantio, utilizando um computador, celular ou tablet.

#### 4.1 Construção do protótipo em bancada

Nesta etapa do trabalho utilizou-se canos de PVC para simular o condutor de sementes original e nele foram criados pequenos furos, através dos quais foram colocados os sensores de passagem e os LEDs, foram realizados diferentes testes com variações da quantidade de sensores e receptores, visando obter os melhores resultados. Os 5 furos (2 emissores e 3 receptores) foram do diâmetro do LED, feitos o mais próximo entre eles para melhorar a detecção da semente, evitando falhas de passagens não contabilizadas.

Para este projeto foram testados dois tipos de sensores, validando qual sensor teve o melhor resultado, e deste modo utilizar o melhor sensor para o desenvolvimento do projeto. Para a primeira abordagem, foram utilizados sensores LDR, que receberam constantemente luz de LEDs, portanto, quando ocorre uma interrupção causada pela passagem da semente, ele realiza a contagem dos grãos. Na Figura 9 apresenta um esquema dessa solução:

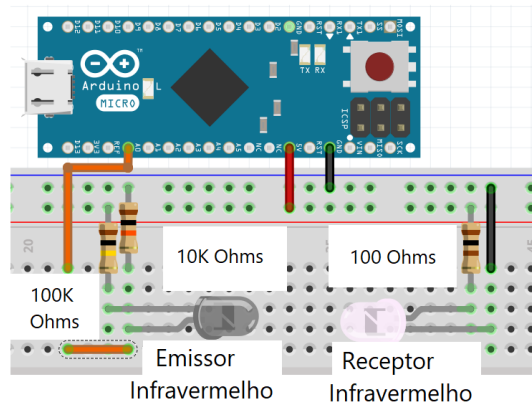


**Fonte: Autoria própria (2022).**

Para a segunda abordagem foram usados os LEDs receptores infravermelho (fototransistor) e LEDs transmissores infravermelhos. Assim como na abordagem anterior, o LED emis-

o sensor fica constantemente ligado emitindo luz infravermelha e o LED receptor fica recebendo essa emissão, quando ocorre a passagem de uma semente, o receptor deixa de receber o sinal, contabilizando uma passagem de grão. A Figura 10 apresenta o esquema dessa solução.

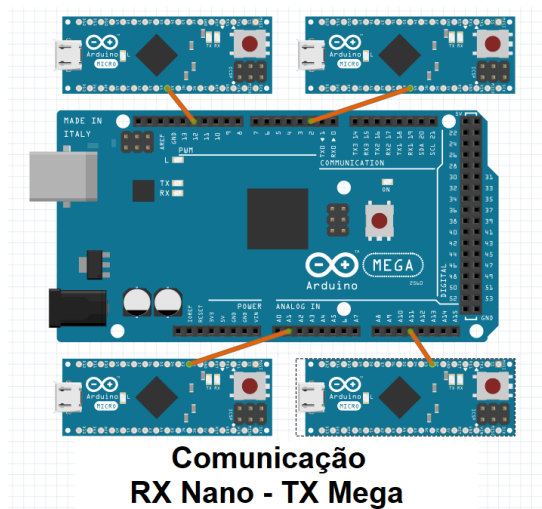
**Figura 10 – Circuito Infravermelho.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Ao utilizar um Arduino para detectar todas as linhas, ocorre perda de dados, que são ocasionados por duas ou mais detecções ao mesmo tempo, somente um Arduino não tem robustez suficiente para gerenciar todos esses eventos sendo *Single Thread* (Tratamento de uma requisição de cada vez). Deste modo o processamento da contagem de grãos foi feito individualmente seguindo o conceito de *Thread* (Processo de se auto dividir em uma ou mais tarefas), foi utilizado um Arduino Nano para o processamento de cada linha, comunicando-se por porta serial RX TX com o Arduino Mega 2560, sendo o mesmo responsável por juntar todos os dados de todas as linhas, trazendo maior poder de processamento e reduzindo possíveis passagens de grãos não detectadas conforme ilustrada na Figura 11.

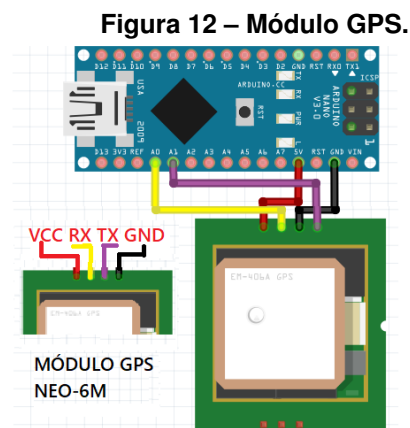
**Figura 11 – Comunicação Mega e Nano.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Com o objetivo de ter a informação da localização do plantio, foi usado um módulo GPS. Este módulo possibilita obter informações precisas e essenciais como a latitude, longitude, horários e etc. Com os dados coletados dos sensores e o GPS, foi possível saber o posicionamento em que ocorre falta de sementes na soltura de grãos durante o processo de plantio, possibilitando o cálculo das médias das linhas individuais, identificando problemas, possibilitando a realização de manutenção, para obter um plantio homogêneo de todas as linhas.

Portanto foi utilizado um GPS UBLOX NEO-6M, no qual o esquema de ligação encontra-se apresentado na Figura 12.



O GPS foi configurado usando uma biblioteca externa (TinyGPS). Deste modo foi possível obter informações prontas como a latitude, longitude, data e hora. Com o intuito de armazenar as informações obtidas, tanto pelos sensores de passagem, como pelo GPS. Foi utilizado um ESP8266 juntamente com leitor de cartão SD para o armazenamento e gerenciamento dos dados coletados.

Todo o processo de alteração do condutor de sementes foi replicado em todas as linhas da semeadora contabilizando o total de 4 linhas. Porém, inseriu-se um condutor de sementes por vez, verificando a capacidade do algoritmo e do hardware de suportar todo o processo de leitura, gravação e envio de dados, deste modo, foi testada e validada a robustez, assim possibilitando passar para a próxima etapa.

Foram levantados os custos aproximados do protótipo para comparações em relação a compra de semeadoras com e sem tecnologia embarcada. Através de pesquisa de preços online pelo marketplace Aliexpress para as peças e orçamentação com empresa local, foi possível chegar aos valores mostrados nos Quadro 1 e Quadro 2, contando que uma semeadora pode possuir variadas quantidades de linhas, estimou-se o valor da parte central e de uma linha separadamente.

Sendo assim, o custo total em uma semeadora de 9 linhas utilizando este protótipo, seria de aproximadamente mil e trezentos reais.

**Quadro 1 – Central.**

<b>Itens</b>	<b>Quant.</b>	<b>Valor Total</b>
Orçamento Estrutura	1	R\$ 300.00
Orçamento Instalação	1	R\$ 200.00
ESP8266	1	R\$ 35.90
Módulo GPS	1	R\$ 35.62
Arduino Nano	1	R\$ 36.41
Leitor SD	1	R\$ 35.11
Arduino Mega	1	R\$ 75.38
	<b>Total Central</b>	<b>R\$ 718.42</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

**Quadro 2 – Linha.**

<b>Itens</b>	<b>Quant.</b>	<b>Valor Total</b>
Orçamento Estrutura	1	R\$ 15.00
Orçamento Instalação	1	R\$ 20.00
LEDs	3	R\$ 3.00
Arduino Nano	1	R\$ 36.41
	<b>Total Linha</b>	<b>R\$ 74.41</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

## **4.2 Informação em tempo real**

Para verificação de ocorrências das falhas em tempo real durante o plantio foi visto a necessidade de criar uma tela de informações local mostrando as linhas com problemas e um breve histórico, visto que algumas propriedades não têm acesso a internet, impossibilitando a visualização de um *dashboard* externo, deste modo foi desenvolvido uma página Web no ESP8266.

Esta página contém informações da quantidade de grãos distribuídos por linha, disponibiliza para visualização as linhas, velocidade do trator, localidade atual e as localidades que ocorreram a falha, mostrando o local de início e fim da ruptura no plantio. Foi criado um breve histórico dessas falhas.

A página Web foi desenvolvida para mostrar alguns dados necessários para o tratorista verificar problemas que ocorrem durante o plantio, deste modo realizando rápida manutenção.

## **4.3 Dashboard na nuvem**

Nesta etapa realizou-se o processo de desenvolvimento da interface sendo uma ferramenta para gerenciamento das informações obtidas na aplicação, contendo histórico para o operador e para o proprietário do cultivo, demonstrado por *dashboard*. Essas informações foram geradas pelos condutores de sementes e pelo módulo GPS, gravando localmente até estabele-

cer uma conexão com a rede Wi-Fi, após a conexão, foram iniciadas as requisições na nuvem e assim gravando os dados na mesma. As *dashboard* são constituídas pelos dados armazenados na nuvem.

Os dados informados no *dashboard* foram o total individual de distribuição de sementes para cada linha, mostrando os dados por gráfico de barras e gráfico de linhas dando a possibilidade ao operador visualizar as informações e visualizar se a distribuição está homogênea. Foi mostrado em forma de mapa o histórico das possíveis falhas no decorrer do plantio e a localidade . Estas falhas ocorrem pela falta de sementes no reservatório; discos defeituosos; parte mecânica danificada; travamento de sementes entre outras, que podem afetar o fluxo de sementes.

## 5 RESULTADOS

Com o eventual problema de incidências de falhas causadas pelo sistema de distribuição de semente, foi proposta a construção de uma solução computacional capaz de realizar a contagem de sementes durante todo o processo do plantio. Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nas duas etapas do desenvolvimento do projeto, discutindo o seu desempenho e suas limitações.

### 5.1 Resultados do teste em bancada

Para validação dos resultados foram realizados apenas testes de implementação em escala reduzida, pelo fato de se tratar de prototipagens para fins acadêmicos.

No projeto o sistema foi decomposto em camadas durante o desenvolvimento, cada uma com suas respectivas responsabilidades e funções. A comunicação entre as camadas foi crucial para o funcionamento do sistema, dependendo assim, de informações de todas as camadas para o sucesso do projeto.

#### 5.1.1 Condutores de sementes

Nos testes foram observados que a escolha da adição de um Arduino em cada condutor de semente trouxe maior segurança e melhor performance no processo de contagem de grãos, visto que a utilização de somente um Arduino para gerenciar todos os condutores têm a possibilidade de causar problemas como não contabilizar sementes, pela grande quantidade de processos em apenas um Arduino, sendo que há uma grande quantidade de sensores trabalhando simultaneamente.

Após realizar os testes com apenas um condutor de semente, com intuito de validar o desempenho dos sensores LDR e infravermelho separadamente, foram obtidos diferentes resultados na detecção do fluxo de sementes, os testes foram submetidos a luminosidade solar simulando a exposição de luz como se estivesse no plantio real. Realizados 15 testes em ambos os sensores, primeiramente com o sensor infravermelho Quadro 3 e logo em seguida com o sensor LDR Quadro 4 obtendo os seguintes resultados:

Deste modo foi visto que não foi possível atingir 100% de detecção de sementes em ambos os sensores, pelo fato do condutor de semente ser redondo, não possibilitando o direcionamento em linha reta do sensor emissor com o sensor receptor, ocorrendo o problema do emissor não direcionar o foco de luz somente para frente, assim espalhando muita luz e compartilhando para os demais receptores.

Portanto o sensor infravermelho atingiu em média 95.86% de acerto na contagem de grãos, logo o sensor LDR teve 91.66% de acerto, deste modo o sensor infravermelho teve



melhor desempenho nos testes realizados. Portanto foi escolhido o sensor infravermelho para utilizar no projeto.

**Quadro 3 – Tabela de fluxo de grãos Infravermelho.**

<b>No. Teste</b>	<b>Total Grãos</b>	<b>Grãos Cont.</b>	<b>Cont.(%)</b>
1	150	147	98%
2	150	149	99,33%
3	150	147	98%
4	150	140	93,33%
5	150	146	97,33%
6	150	143	95,33%
7	150	145	96,66%
8	150	140	93,33%
9	150	141	94%
10	150	147	98%
11	150	143	95,33%
12	150	139	92,66%
13	150	141	94%
14	150	142	94,66%
15	150	147	98%
<b>Totais</b>	<b>2250</b>	<b>2157</b>	<b>95,8%</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

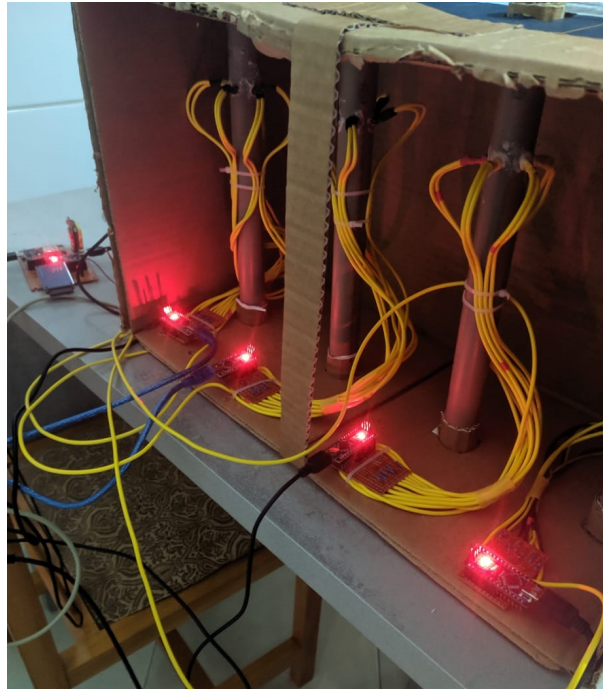
**Quadro 4 – Tabela fluxo de grãos LDR.**

<b>No. Teste</b>	<b>Total Grãos</b>	<b>Grãos Cont.</b>	<b>Cont.(%)</b>
1	150	135	90%
2	150	134	89,33%
3	150	142	94,66%
4	150	129	86%
5	150	125	83,33%
6	150	136	90,66%
7	150	136	90,66%
8	150	145	96,66%
9	150	138	92%
10	150	131	87,33%
11	150	136	90,66%
12	150	142	94,66%
13	150	147	98%
14	150	142	94,66%
15	150	147	98%
<b>Totais</b>	<b>2250</b>	<b>2061</b>	<b>91,6%</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Na primeira camada do sistema foi desenvolvida a contabilização do fluxo de grãos contendo os seguintes componentes: condutores de grãos; sensores infravermelhos; Arduinos. O resultado da primeira camada está demonstrado pela Figura 13

**Figura 13 – Condutores de sementes.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

### 5.1.2 Troca de informações entre as camadas

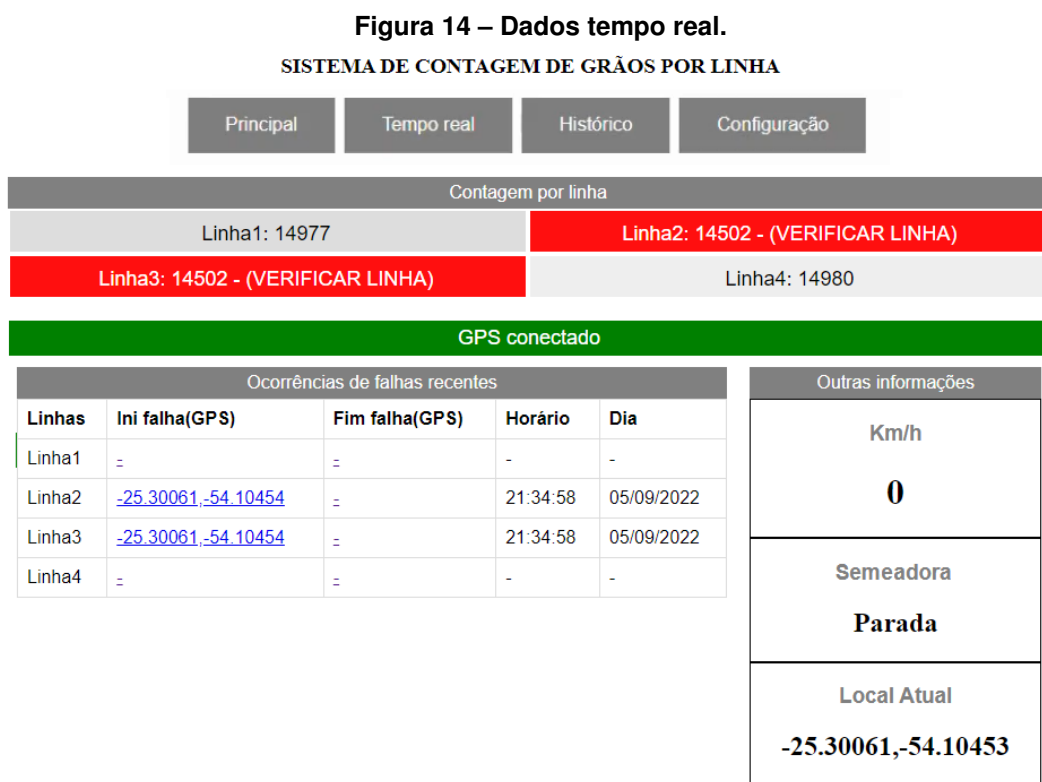
A comunicação serial RX TX utilizada nas camadas entre os Arduinos tiveram situações em que a leitura dos dados tiveram inconsistências, como caracteres inválidos e quebra nas informações recebidas, sendo necessário validar e enviar novamente os dados, portanto, foi preciso realizar tratamentos nos dados recebidos, apagando os dados inconsistentes e aguardando o próximo envio válido da camada anterior. Essas ocorrências, ocasionam em lentidão no sistema, pela necessidade de refazer as validações em cada momento de recebimento dos dados.

Outra limitação na comunicação entre as camadas foi a quantidade de caracteres de envio, visto que a quantidade máxima de *bytes* no *buffer* é 64, portanto encontrou-se duas soluções para esse problema: em algumas camadas teve a possibilidade de simplificar os dados para envio, assim diminuindo a quantidade de caracteres, porém, em outros casos foi necessário criar uma porta serial secundária para ser possível enviar todos os dados que não foram simplificados.

### 5.1.3 Dados da aplicação web em tempo real

A aplicação Web local foi desenvolvida para o acompanhamento do tratorista na hora do plantio, deste modo foram desenvolvidas as seguintes páginas Web:

A primeira página contém: o tempo real da contagem de sementes ao decorrer do plantio, a cor vermelha mostra as linhas que estão com problemas naquele momento; breve histórico de falhas para acompanhamento simplificado contendo a localização data e hora; dados de velocidade e status de conexão do GPS. Essas informações são suficientes para o tratorista ter uma breve análise do decorrer do plantio. Todas essas informações são demonstradas pela Figura 14.



**Fonte: Autoria própria (2022).**

A segunda página Web foi desenvolvida para visualização do histórico das falhas que ocorreram durante o processo de plantio, essas informações ficam salvas no cartão SD, com as seguintes informações: linha referente a ocorrência da falha; quantidade de sementes distribuídas até o momento antes da falha ocorrer; localização de início e fim da falha; data e hora que aconteceu o problema; a velocidade do tratorista naquele momento. Como mostra a Figura 15.

A tela de configuração foi criada para facilitar a troca das informações de conexão, tanto como o Wi-Fi alterando os campos nome da rede e senha, quanto com a conexão do serviço utilizado para gerar os *dashboards* na nuvem, possibilitando a alteração da URL do serviço e o *token* de conexão disponibilizado pelo serviço Web. Para estabelecer a conexão do ESP8266

**Figura 15 – Histórico de falhas.**  
**SISTEMA DE CONTAGEM DE GRÃOS POR LINHA**

Histórico de Falhas						
Linhas	Sementes distribuídas	Ini falha(GPS)	Fim falha(GPS)	Horário	Dia	KM/H
Linha 3	852	<a href="#">-25.30203,-54.09948</a>	<a href="#">-25.30230,-54.10067</a>	19:58:54	03/10/2022	23
Linha 4	692	<a href="#">-25.30173,-54.09888</a>	<a href="#">-25.30203,-54.09948</a>	19:58:34	03/10/2022	20
Linha 2	597	<a href="#">-25.30149,-54.09895</a>	<a href="#">-25.30194,-54.09911</a>	19:58:27	03/10/2022	17
Linha 3	833	<a href="#">-25.30105,-54.09907</a>	<a href="#">-25.30181,-54.09886</a>	19:58:14	03/10/2022	4
Linha 4	621	<a href="#">-25.30159,-54.10216</a>	<a href="#">-25.30131,-54.10094</a>	19:57:13	03/10/2022	21
Linha 2	516	<a href="#">-25.30155,-54.10240</a>	<a href="#">-25.30148,-54.10170</a>	19:56:56	03/10/2022	17
Linha 4	577	<a href="#">-25.30048,-54.10249</a>	<a href="#">-25.30090,-54.10257</a>	19:56:11	03/10/2022	8
Linha 2	485	<a href="#">-25.30050,-54.10257</a>	<a href="#">-25.30081,-54.10260</a>	19:56:07	03/10/2022	8
Linha 3	690	<a href="#">-25.30044,-54.10232</a>	<a href="#">-25.30063,-54.10265</a>	19:55:58	03/10/2022	8
Linha 4	528	<a href="#">-25.30012,-54.10090</a>	<a href="#">-25.30021,-54.10129</a>	19:55:05	03/10/2022	15

[Próximo](#)

[Limpar Dados](#)

Fonte: Autoria própria (2022).

com o Wi-Fi a rede não pode conter tela de autenticação de login, pelo fato do ESP8266 não suportar esse tipo de conexão Figura 16.

**Figura 16 – Tela de configuração.**  
**SISTEMA DE CONTAGEM DE GRÃOS POR LINHA**

Tela de configuração	
<a href="#">Enviar para nuvem</a>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #cccccc;">Configurar Wifi</p> <p>Wi-fi: <input type="text" value="Sarah"/></p> <p>Senha: <input type="password" value="....."/></p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Salvar Wifi</a></p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #cccccc;">Configurar WS</p> <p>Servi: <input type="text" value="mqtt.tago.io"/></p> <p>Token: <input type="text" value="258a9938-64b4-47e2-82ec-"/></p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Salvar WS</a></p> </div>

Fonte: Autoria própria (2022).

## 5.2 Resultados visuais nos dashboards

Nessa etapa foi realizado um segundo teste de distribuição de sementes para validar a comunicação entre todas as camadas do projeto, analisando o comportamento do sistema

durante o processamento como um todo, desde a contagem do fluxo de grãos, o comportamento das informações local na tela Web em tempo real, até a última parte sendo da criação dos *dashboards* na nuvem.

Foram coletados cerca de 100 registros contendo a quantidade de sementes distribuídas nos 4 condutores naquele momento, esses dados são salvos a cada 5 minutos durante todo o processo do plantio. Deste modo foi possível obter a quantidade de dados necessários para criação de um *dashboard*, contendo gráfico de barra, gráfico de linha e 4 *displays* mostrando a quantidade total de cada condutor de semente.

Nos testes foram feitos intervalos parando a inserção manual de sementes nos condutores, assim ocasionando propositalmente falhas no fluxo de grãos para simular falhas reais com o objetivo de obter dados de ocorrências das mesmas e assim, sendo possível gerar gráficos para análise, como mostra a Figura 17.

**Figura 17 – Gráfico de linha e barra.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

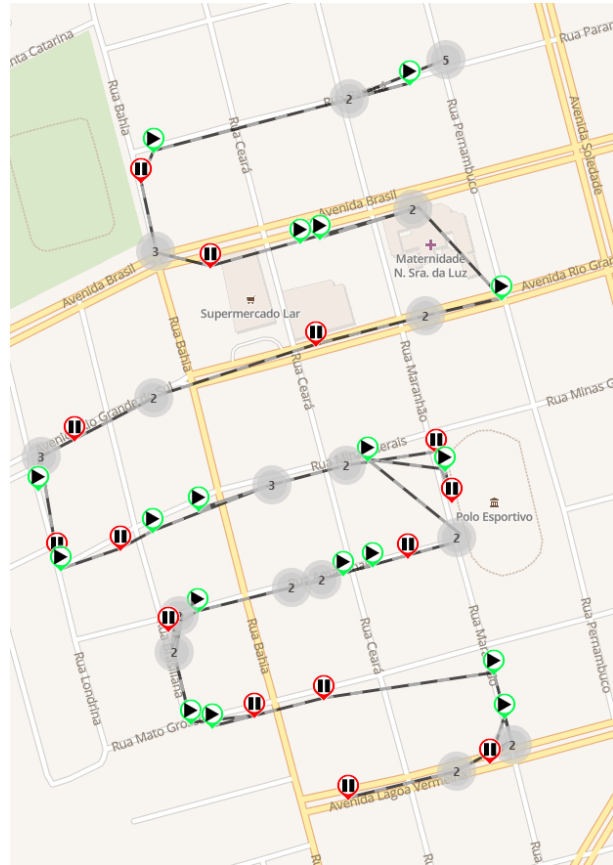
Deste modo é possível visualizar no gráfico de linhas e barras a estatística de toda a distribuição de sementes em cada linha da semeadora, podendo analisar e verificar a discrepância da distribuição de sementes de cada linha individualmente. Essas falhas estão visíveis em cada ponto de afastamento das linhas no gráfico, sendo que a linha em azul teve melhor desempenho de distribuição, e a linha em preto mostra as maiores quantidade de incidências falhas na distribuição.

Coletou-se os dados de GPS como latitude, longitude durante as ocorrências de falhas, para gerar o percurso de início e fim do ocorrido, também outros dados como velocidade e horário trazem a possibilidade de verificar qual foi o motivo do problema, podendo ser o horário, pelo fato da influência da umidade da manhã, ou pela alta velocidade do tratorista, sendo que para um bom plantio, existe a necessidade de se manter uma certa velocidade recomendada.

Os dados foram coletados dentro de um automóvel, para obter a latitude, longitude e velocidade sendo assim possível verificar a trajetória das ocorrências de falhas. Foram forçadas

69 falhas manuais, sendo possível criar dados para validar a rota gerada pelo mapa, como mostrado na Figura 18.

**Figura 18 – Widget Mapa.**





























**Fonte: Autoria própria (2022).**

Para visualizar a quantidade final total do fluxo de grãos, foi criado um display para cada linha, facilitando assim a visualização e análise. Deste modo é possível verificar quais linhas tiveram menor distribuição ao final. Para manutenção dos dados, caso ocorram problemas de formatação ou dados não compatíveis, foi disponibilizado uma tabela onde pode-se deletar ou ajustar os dados, conforme necessidade, Figura 19.

**Figura 19 – Display e tabela de dados.**

Qnt Sementes Distribuidas Linha1		Qnt Sementes Distribuidas Linha2	
1,026 linha1		604 linha2	
Qnt Sementes Distribuidas Linha3		Qnt Sementes Distribuidas Linha4	
852 linha3		699 linha4	

Tabela de dados (Sementes inseridas manuais)				
linha1	linha2	linha3	linha4	Controls
		852		 
			699	 
	604			 
1026				 
			688	 
	597			 
		833		 
986				 
			648	 
		809		 
	564			 
946				 
			621	 

Fonte: Autoria própria (2022).

## 6 CONCLUSÃO

O cenário abordado ao longo da pesquisa traz como evidência a necessidade e os benefícios oferecidos pela sistematização. Tal contexto nos mostra que a sistematização trata de um conjunto de recursos e ferramentas que promovem a praticidade com a utilização de sistemas inteligentes para coleta e análise de dados.

O primeiro grande problema que ocupou uma parte considerável de tempo do projeto, foi o alinhamento dos sensores infravermelhos nos condutores de sementes, juntamente com a criação das placas de circuito impresso para que os dispositivos funcionassem corretamente, sendo criadas para cada condutor com seus devidos componentes. Para a conexão entre o Arduino, ESP8266, GPS, leitor de cartão SD, foi criado outro circuito impresso para que não ocorresse problema de mal contato na hora de realizar os testes.

O segundo maior problema encontrado, foi realizar as sincronizações entre os arduinos, por haver grande quantidade de troca de informações, contando com 6 Arduinos e 1 ESP8266, preocupou-se principalmente no desempenho para não haver lentidão e travamento no sistema.

Neste projeto além de superar os problemas encontrados, a parte eletrônica também foi um contratempo. Muitos componentes eletrônicos não eram conhecidos: Modulo GPS, resistor, placa de circuito impresso, além dos parâmetros dos sensores infravermelho. Mas graças à facilidade que a plataforma Arduino apresenta, esses problemas foram resolvidos facilmente após várias pesquisas, recorrendo às bibliografias e tutoriais específicos.

Foi possível constatar que realizando a compra das peças através de sites como o Aliexpress, e com um orçamento de mão de obra e de estrutura, todo o sistema seria implantado com custo aproximado de 1388,00 reais para máquinas de 9 linhas, enquanto no mercado, semeadoras com essa tecnologia embarcada custam até 200 a 330 mil reais a mais do que as que não possuem estas funções.

Portanto pode-se concluir que os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados de forma satisfatória. A criação dos condutores de sementes para a contagem de fluxo de grãos, a comunicação entre os Arduínos para compartilhamento de processo para melhor performance, a comunicação entre o arduino e o ESP8266, a utilização do GPS na coleta dos dados de localização para determinar o início e o fim da falha, a utilização do leitor SD para salvar os dados localmente e por fim o envio dos dados salvos localmente no cartão SD para um Webservice externo com o intuito de gerar Dashboards variados na nuvem, e tudo dentro de um valor muito mais acessível do que é visto atualmente no mercado. Todas estas aplicações foram possíveis através do uso de conhecimentos diversos, como o uso de componentes da eletrônica, novos módulos de arduino como Leitor de cartão SD, Módulo GPS, placas de desenvolvimento como o Arduino, ESP8266, e a linguagem que é acompanhado nessas placas como C++, JavaScript e PHP.



Vale ressaltar que os resultados aqui apresentados, apesar de não serem colocados a campo, são similares aos apresentados por Veloso (2019) com 80% de acurácia e Roque e Schirvelbein (2016), acurácia de 80% a 100%.

Para dar continuidade neste projeto, será preciso implementar o protótipo em uma se-  
meadora, buscando validar todo o sistema atual em um equipamento real, visualizando todos  
os dados coletados, e validando a possibilidade de melhorias no cultivo de grãos através das  
análises feitas com os dados coletados durante o processo.

## REFERÊNCIAS

- ALMAGRABI, A. O. *et al.* Blockchain-as-a-utility for next-generation healthcare internet of things. **Computers, Materials & Continua**, v. 68, n. 1, p. 359–376, 2021. ISSN 1546-2226. Disponível em: <http://www.techscience.com/cmc/v68n1/41801>. Acesso em: 12 out. 2022.
- ALVARENGA, R. C. *et al.* Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, jan./fev. 2001., p. 208, 2001. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/485005>. Acesso em: 27 out. 2022.
- AMARAL, L. do; COLAÇO, A.; MOLIN, J. **Agricultura de precisão**. [S.l.]: Oficina de Textos, 2015. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=MX7jCgAAQBAJ>. ISBN 9788579752148. Acesso em: 25 out. 2022.
- ARAÚJO, A.; JUNIOR, R. C.; RAFAEL. Sistema de plantio direto no sul do brasil. **EMBRAPA**, p. 0–100, 2008. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/conservasolo/imagens/11.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.
- ASINELLI, M. G. *et al.* An open hardware device for remote monitoring of cultural. **HardwareX**, v. 4, p. 28, 2018. ISSN 2468-0672. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468067217300834>. Acesso em: 27 out. 2022.
- AZIZ, D. A. Webserver based smart monitoring system using esp8266 node mcu module. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 9, n. 6, p. 801–808, 2018.
- BENJAMIN, M.; ROSSET, P. **Agricultura sustentável**. [S.l.]: O Centro, 1995. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=\\_EZgAAAAMAAJ](https://books.google.com.br/books?id=_EZgAAAAMAAJ). ISSN 0104-7299. Acesso em: 26 out. 2022.
- BERTAUX, S.; MANTOVANI, E. C.; ROCHA, F. E. de C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 12, p. 1579–1586, 1992.
- BEZERRA, G. J.; SCHLINDWEIN, M. M. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para dourados, ms, brasil. **Interações (Campo Grande)**, SciELO Brasil, v. 18, n. 1, p. 3–15, 2017.
- BOZA, M. S.; VIEIRA, A. C. P.; ZILLI, J. C. Transferência de tecnologia para o campo: as inovações em implementos agrícolas na região do mato grosso. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 1, p. 547–557, 2017.
- CAMPBELL, M.; FRASER, E. D. Agriculture 5.0: Reconciling production with planetary health. **One Earth**, v. 1, n. 3, p. 278–280, 2019. ISSN 2590-3322. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332219301368>. Acesso em: 27 out. 2022.
- CHRISTIAN SCHUTZ, V. Agricultura de precisão controle de uma plantadeira de grãos. **UNIFACVEST**, 2018.
- DELAFOSSÉ, R. M. Máquinas sembradoras de grano grueso. **Máquinas sembradoras de grano grueso**., Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., 1986.

- DUHAN, J. S. *et al.* Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. **Biotechnology Reports**, v. 15, p. 11–23, 2017. ISSN 2215-017X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X16301400>. Acesso em: 27 out. 2022.
- EHLERS, E. Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. **Livros da Terra**, 1996. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=1CSFAAAACAAJ>. Acesso em: 27 out. 2022.
- EVANS, M.; HOCHENBAUM, J.; NOBLE, J. **Arduino em Ação**. São Paulo, Novatec, 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=tig0CgAAQBAJ>. Acesso em: 15 out. 2022.
- FONTES, C. Z.; HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a embrapa responde. dourados: Embrapa-cpao. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998, p. 248, 1999. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/98258>. Acesso em: 27 out. 2022.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. [S.l.]: Ed. da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2001.
- HANEKLAUS, S.; SCHNUG, E. An agronomic, ecological and economic assessment of site-specific fertilisation. **Landbauforschung Volkenrode**, v. 52, n. 3, p. 123–133, 2002.
- IBGE, F. I. B. de Geografia e E. **Censo agropecuário 2006: agricultura familiar : primeiros resultados : Brasil, grandes regiões e unidades da Federação**. 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: 26 out. 2022.
- KURNIAWAN, A. **Arduino Mega 2560 A Hands-On Guide for Beginner**. PE Press, 2019. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=peSgDwAAQBAJ>. Acesso em: 15 out. 2022.
- LAL, R.; STEWART, B. **Soil-Specific Farming: Precision agriculture**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.
- LEARDINI, L. C. O.; SILVA, C. G. C.; ZANARDI, R. História e evolução da mecanização. **História e Evolução da Mecanização**, p. 0–6, 2016.
- LIU, Y. *et al.* From industry 4.0 to agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 17, n. 6, p. 4322–4334, June 2021. ISSN 1941-0050.
- LOMBARDI, M.; PASCALE, F.; SANTANIELLO, D. Internet of things: A general overview between architectures, protocols and applications. **Information**, v. 12, n. 2, 2021. ISSN 2078-2489. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2078-2489/12/2/87>. Acesso em: 12 out. 2022.
- LOPES, M. A. Os agricultores que alimentarão o mundo. **Área de Informação da Sede-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, Correio Braziliense, Brasília, DF, 14 jan. 2018. Opinião., 2018.
- LUIZ GERALDO, M. Máquinas agrícolas para plantio. **Embrapa Soja**, p. 623, 2012. ISSN 978-85-7625-260-3. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=954814&biblioteca=CNPSO&busca=autoria:\%22MIALHE,%20L.%20G.%22&>

qFacets=autoria:\%22MIALHE,\%20L.\%20G.\%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1.  
Acesso em: 27 out. 2022.

LUO, B.; XIE, L.; ZHONG, W. How are smallholder farmers involved in digital agriculture in developing countries: A case study from china. **Land**, v. 10, n. 3, 2021. ISSN 2073-445X. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/3/245>. Acesso em: 27 out. 2022.

MARTINS, M. Automação em semeadora de precisão com aplicação de taxa variável e desligamento linha a linha. **Automação em semeadora de precisão com aplicação de taxa variável e desligamento linha a linha**, Universidade de Passo Fundo, 2018.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo, Novatec, 2018. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=kfZyDwAAQBAJ>. Acesso em: 15 out. 2022.

MONK, S. **Programação com Arduino: Começando com Sketches**. Bookman Editora, 2016. (Tekne). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=B6wsDwAAQBAJ>. Acesso em: 15 out. 2022.

MOREIRA, F. **Agricultura Familiar 4.0**. 2019. 14–19 p. Disponível em: <http://200.145.54.28:8082/index.php/recodaf/article/view/99>. Acesso em: 26 out. 2022.

OLIVEIRA, M. L. D. *et al.* Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, scielo, v. 35, p. 1455 – 1463, 07 2000. ISSN 0100-204X. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2000000700021&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000700021&nrm=iso). Acesso em: 10 out. 2022.

OLIVEIRA, S. de. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. Novatec Editora, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=E8gmDwAAQBAJ>. Acesso em: 15 out. 2022.

PACHECO, E. *et al.* Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. **Embrapa**, 1996. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4473>. Acesso em: 27 out. 2022.

PIRES, J. L. F. *et al.* Discutindo agricultura de precisão - aspectos gerais. **Embrapa**, 2004.

PORTELLA, J. A. **Semeadoras para plantio direto**. [S./]: Aprenda Fácil, 2001.

RIBEIRO, A. P. end H. Sustentabilidade: Um estudo sobre a exportação de alimentos orgânicos. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 421–444, 2020. Disponível em: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/5198](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/5198). Acesso em: 27 out. 2022.

ROQUE, A. dos S.; SCHIEVELBEIN, G. An architecture based on magnetic sensors for fault detection in agricultural implements. **IEEE Latin America Transactions**, IEEE, v. 14, n. 4, p. 1582–1587, 2016.

ROVIRA-MAS, F.; SAIZ-RUBIO, V. From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. **Agronomy**, v. 10, n. 2, 2020. ISSN 2073-4395. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/207>. Acesso em: 27 out. 2022.

RUBENS, S. Milho: Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. **Milho: Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade**, Londrina, p. 1–34, 2008. Disponível em: <http://www2.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Molin/leb432/Semeadoras/semeadoraadubadora%20para%20sistema%20de%20plantio%20direto%20com%20qualidade>. Acesso em: 27 out. 2022.

SEMEATO. **SSMFFI**. 2021. Site. Disponível em: Disponível em: [Disponível em: Disponível em https://www.semeato.com.br/produtos/ver/5/ssm-ffi](https://www.semeato.com.br/produtos/ver/5/ssm-ffi). Acesso em: 27 out. 2022.

SILVEIRA, G. M. **Máquinas para plantio e condução das culturas**. [S.l.]: Aprenda Fácil Viçosa, 2001.

STARA. **Semeadora de precisão com sistema de distribuição de adubo**. 2021. Site. Disponível em: <https://www.agriexpo.online/pt/prod/stara-sa-industria-implementos-agricolas/product-170309-5713.html>. Acesso em: 27 out. 2022.

WANG, Q. *et al.* Blockchain for the iot and industrial iot: A review. **Internet of Things**, v. 10, p. 100081, 2020. ISSN 2542-6605. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S254266051930085X>. Acesso em: 10 out. 2022.