

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CAPTURA DE DADOS DO BARRAMENTO CAN COM USO DA ELETRÔNICA
EMBARCADA EM UMA COLHEDORA DE GRÃOS

GUILHERME DA SILVA SAMPAIO

Cascavel – Paraná

2022

GUILHERME DA SILVA SAMPAIO

**CAPTURA DE DADOS DO BARRAMENTO CAN COM O USO DA ELETRÔNICA
EMBARCADA EM UMA COLHEDORA DE GRÃOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para cumprimento para requisito parcial para detenção de título de mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientador: Dr. Marcio Furlan Maggi
Coorientador: Dr. Marcio Seiji Oyamada

Cascavel - Paraná

2022

FICHA CATALOGRÁFICA¹

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

da Silva Sampaio, Guilherme CAPTURA DE DADOS DO
BARRAMENTO CAN COM USO DA ELETRÔNICA
EMBARCADA EM UMA COLHEDORA DE GRÃOS / Guilherme da Silva
Sampaio; orientador Marcio Furlan Maggi; coorientador
Marcio Seiji Oyamada. -- Cascavel, 2022. 65 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências
Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, 2022.


1. Feijão. 2. Pós-colheita. 3. Protocolo serial. 4. SAE
J1939. I. Furlan Maggi, Marcio, orient. II. Seiji Oyamada,
Marcio , coorient. III. Título.

¹ Revisora de normas, português e inglês – Professora Doutora Silvana de Araújo Vaillões.
Data das revisões: 20 de dezembro de 2022.

GUILHERME DA SILVA SAMPAIO

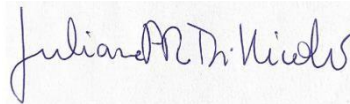
**CAPTURA DE DADOS DO BARRAMENTO CAN COM USO DA ELETRÔNICA
EMBARCADA EM UMA COLHEDORA DE GRÃOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Geoprocessamento, Estatística Espacial e Agricultura de Precisão, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Marcio Furlan Maggi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Juliana Porto Renó Di Nicoló

Universidade Positivo



Silvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 18 de novembro de 2022

BIOGRAFIA

Guilherme da Silva Sampaio, natural de Jaguariaíva, PR – Brasil, nascido em 25 de junho de 1997, formou-se com grau de bacharelado em Engenharia Mecânica pela Universidade Positivo no *campus* sede – Ecoville, Curitiba, PR – Brasil, em 2019. No decorrer da graduação, realizou cursos de extensão, como Solidworks, AutoCad, Excel avançado, língua inglesa; participou, em 2019, do 6° ENGEWORKSHOP, apresentando o trabalho de desenvolvimento de um implemento agrícola e sendo admirador da agricultura desde o começo de sua vida acadêmica. Em março de 2020, ingressou como mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), na área de concentração de Sistemas Biológicos e Agroindustriais (SBA), na UNIOESTE, *campus* Cascavel, quando teve como orientador o Dr. Marcio Furlan Maggi e coorientador Dr. Marcio Seiji Oyamada.

Primeiramente, a Deus e Nossa Senhora de Aparecida, ao meu pai, Air (*in memoriam*), e minha mãe, Giovana, ao meu amigo, Diego Mullerleily, por todos ensinamentos e apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus e Nossa Senhora de Aparecida, por sempre ter me dado luz, sabedoria, forças e esperança para realizar meus deveres.

Ao meu orientador, Professor Dr. Marcio Furlan Maggi, por todo tempo de orientação, paciência, amizade e por ter compartilhado seus conhecimentos, que contribuíram para a concretização do trabalho.

Ao meu coorientador, Professor Dr. Marcio Seiji Oyamada, por todas as conversas e conhecimentos compartilhados, que foram significativos para as etapas do trabalho.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI) e todo corpo docente, que sempre estiveram à disposição, cooperando para a qualificação dos discentes.

À minha orientadora de graduação, Professora Dra. Juliana Porto Renó Di Nicolo, por todos ensinamentos e cooperação para o desenvolvimento do distribuidor, o qual foi incentivador do presente estudo.

Aos meus pais, Air (*in memoriam*) e Giovana, e aos meus familiares, por todo apoio e incentivo para a realização da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

À banca avaliadora, pela troca de conhecimentos, correções e cooperação no trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram para a conclusão e realização deste projeto, mesmo que indiretamente.

CAPTURA DE DADOS DO BARRAMENTO CAN COM O USO DA ELETRÔNICA EMBARCADA EM UMA COLHEDORA DE GRÃOS

RESUMO

Sampaio, Guilherme da Silva. **Captura de dados do barramento CAN com uso da eletrônica embarcada em uma colhedora de grãos**. Orientador: Marcio Furlan Maggi; Coorientador: Marcio Seiji Oyamada. 2022. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – Paraná, 2022.

Máquinas agrícolas possuem barramento para comunicação serial de dados, em que trafegam dados provenientes de todos os sistemas e sensores presentes no maquinário; dessa forma, o acesso a esses dados viabiliza o controle de implementos adicionais que podem ser inseridos para outras finalidades. A sujidade de grãos de feijão é prejudicial para a qualidade e valor do grão; desse modo, agricultores aplicam resíduos que reduzem a sujidade do grão cooperando para um produto melhor, contudo, o equipamento de distribuição de resíduo não possui controle na taxa de distribuição, ocasionando problemas de falta ou excesso de produto. O presente estudo propôs um sistema para a coleta de dados de máquinas agrícolas, o qual utiliza recursos e implementa dispositivos da eletrônica embarcada para a coleta e decodificação de dados específicos do barramento CAN (controller area network) em colhedoras de grãos. Dispositivos e adaptadores foram adquiridos para realizar o acoplamento ao maquinário para coleta de dados do barramento CAN. Os resultados das coletas de dados do presente estudo foram inconclusivos, de forma que fabricantes de máquinas agrícolas utilizam-se de bloqueios nos sistemas de seus maquinários, impossibilitando que os proprietários reparem e acessem os sistemas das máquinas. Outro suposto causador dessa adversidade na coleta dos dados CAN é que alguns fabricantes não seguem a pinagem padrão da porta de diagnóstico J1939, assim, impossibilitando acoplamento correto na porta CAN, situação que foi vivenciada em testes deste estudo. A seleção da metodologia utilizada apresentou-se satisfatória, entregando confiabilidade para o projeto, compondo-se de um sistema implementado com dispositivos de eletrônica embarcada (hardwares), os quais se interligam corretamente viabilizando um sistema de coleta de dados que pode ser utilizado em futuros estudos. Os softwares utilizados do projeto mostraram-se acessíveis e atingíveis para a implementação no sistema proposto; o software PolyCAN mostrou-se capaz de ser implementado em projetos de sistema CAN, devido aos seus recursos, sendo processado pela Raspberry Pi e acessado remotamente via VNC Viewer. O presente trabalho contribui e incentiva futuros estudos na área de sistemas embarcados em máquinas agrícolas, o qual evidencia a insuficiência de estudos específicos na área, apresenta problemas enfrentados por agricultores que desejam reparar seus maquinários e a importância de investimentos em laboratórios que cooperem para estudos de sistemas embarcados em máquinas agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão. Pós-colheita. Distribuidor de produto. Protocolo serial. SAE J1939.

CAN BUS DATA CAPTURE USING EMBEDDED ELECTRONICS IN A GRAIN

HARVESTER

Sampaio, Guilherme da Silva. **CAN bus data capture using embedded electronics in a grain harvester**. Advisor: Marcio Furlan Maggi; Co-advisor: Marcio Seiji Oyamada. 2022. 67 p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Western Paraná State University, Cascavel - Paraná, 2022.

ABSTRACT

Agricultural machinery has a bus for serial data communication, in which data from all the systems and sensors in the machinery flow. Thus, access to this data enables the control of additional implements that can be inserted for other purposes. Bean grain dirt is detrimental to the quality and value of the beans; therefore, farmers apply residues that reduce the dirtiness of the beans for a better product. However, the residue distribution equipment has no control over the distribution rate, causing problems of lack or excess product. The present study proposed a system for data collection from agricultural machines, which uses resources and implements embedded electronic devices to collect and decode specific CAN (Controller Area Network) bus data in grain harvesters. Devices and adapters were purchased to be connected to the machinery to collect data from the CAN bus. The data collection results in this study were inconclusive since the manufacturers of agricultural machines use locks in their machine systems, making it impossible for the owners to repair and access the machine systems. Another alleged cause of this adversity in CAN data collection is that some manufacturers do not follow the standard J1939 diagnostic port pinning, thus, making it impossible to correctly couple the CAN port, a situation that was experienced in tests of this study. The methodology selection proved to be satisfactory, delivering reliability to the project and consisting of a system implemented with embedded electronic devices (hardware), which are correctly interconnected, enabling a data collection system that can be used in future studies. The software used in the project proved to be accessible and attainable for implementation in the proposed system; the PolyCAN software proved capable of being implemented in CAN system projects due to its resources, being processed by the Raspberry Pi and accessed remotely via VNC Viewer. The present work contributes to and encourages future studies in the area of embedded systems in agricultural machines, which highlights the insufficiency of specific studies in the area, presents problems faced by farmers who want to repair their machinery, and the importance of investments in laboratories that cooperate for studies of embedded systems in agricultural machines.

KEYWORDS: Beans. Post-harvest. Product distributor. Serial protocol. SAE J1939.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Agricultura brasileira	16
3.2 Principais culturas anuais no Brasil	17
3.2.1 Beneficiamentos de feijões	18
3.3 Máquinas agrícolas	20
3.4 Automação de máquinas agrícolas	28
3.5 Eletrônica embarcada	30
3.6 Protocolo CAN (Controller Area Network)	31
3.7 SAE J1939	34
3.8 ISO 11783 (ISOBUS)	34
3.9 DMCA	35
4 MATERIAL E MÉTODOS	38
4.1 Acesso aos dados do barramento CAN	38
4.2 Hardwares e softwares	40
4.2.1 Raspberry Pi	40
4.2.2 RS485 CAN HAT	42
4.2.3 Código de demonstração (demo code)	44
4.2.4 PolyCAN	44
4.3 Funcionalidades propostas para otimizar no dispositivo	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.1 Definição do meio de acesso	49
5.2 Hardwares	51
5.3 Softwares	54
6 CONCLUSÕES	59
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
8 REFERÊNCIAS	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Relação das principais metodologias selecionadas para análise como meio de acesso a dados CAN.....	50
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Produção de colhedoras.	22
Figura 2 Esquema de rotor de pás para medição de produção de grãos.....	24
Figura 3 Sistema de medição por radiação para aferição de produção de grãos.	25
Figura 4 Sistema de placa de impacto para medição de produção de grãos.....	25
Figura 5 Arquivo de dados de colheita.	27
Figura 6 Níveis de sinais elétricos da CAN.....	32
Figura 7 Estrutura de um quadro padrão CAN.	32
Figura 8 Diagrama de protocolos baseados no CAN estendido.	33
Figura 9 Rede CAN conforme especificações da ISO11783.	35
Figura 10 Porta serial J1939.	38
Figura 11 Cabo J1939 fêmea para J1962 fêmea.	39
Figura 12 Cabo macho J1962 OBDII.	39
Figura 13 Pinagem da porta serial J1939.	40
Figura 14 Raspberry Pi 3 Modelo B.	41
Figura 15 Interface gráfica Raspberry Pi OS.	42
Figura 16 Hardware RS485 CAN HAT utilizado no projeto.....	42
Figura 17 Interface PolyCAN.....	45
Figura 18 Dispositivos eletrônicos utilizados para coleta de dados interligados.	46
Figura 19 Dispositivo espalhador de resíduo anti-sujidade.....	47
Figura 20 Porta CAN J1939 (b) em teste acoplada ao cabo J1939 fêmea (a).....	51
Figura 21 Raspberry Pi e RS485 CAN HAT.	52
Figura 22 Equipamentos adquiridos e interligados para o sistema de coleta de dados.	54
Figura 23 Acesso ao Raspberry Pi via VNC Viewer.....	55

1 INTRODUÇÃO

O Brasil dispõe de alto potencial agrícola sendo relevante para economia mundial, o que o torna grande gerador de alimentos para o mundo. O agronegócio vem se destacando gradualmente no crescimento econômico brasileiro; em 2019, a cooperação chegou a 21,4% do PIB brasileiro; no ano subsequente, cresceu 5,26% no primeiro semestre, comparado com o ano anterior (CEPEA, 2020; CNA, 2020). Com tantos benefícios para a produção agrícola, o Brasil torna-se alvo de situações adversas relacionadas à produção e preservação pós-colheita de alimentos, as quais comprometem a qualidade e sanidade de diversas culturas produzidas no país. Isso estimula pesquisadores a desenvolver novas técnicas que cooperem para a redução e inibição dessas adversidades auxiliando agricultores.

Dentre algumas culturas produzidas no Brasil, o feijão está presente na produção de diversas propriedades rurais, possuindo três épocas distintas de plantio entre os estados brasileiros, o que favorece a alta oferta da leguminosa durante o ano (CONAB, 2021). Segundo relatório de acompanhamento da safra brasileira de grãos, elaborado pela CONAB (2021), em 2020, a produção total foi de 3.144,2 mil ton do grão, semeado em 2.926,2 ha.

Além de seu importante papel na dieta brasileira, as leguminosas também são um dos produtos agrícolas mais importantes em termos de importância econômica e social, principalmente, devido à mão de obra empregada durante o ciclo da cultura. Lima, Wander e Medina (2020) equiparam custos de processos realizados na cultura do feijão e apresentam que o custo com mão de obra varia entre 2,61% a 3,27% do custo total nas variedades analisadas no estudo.

O Brasil foi o quarto maior produtor mundial de feijão em 2020, produzindo aproximadamente 3,3 milhões de toneladas do grão. China, Myanmar e Índia foram os maiores produtores mundiais no mesmo ano, responsáveis por mais da metade da produção mundial (FAO, 2020)

O feijão é um ingrediente que mostra as invenções e memórias de cozinhas de diferentes raças e culturas. Existem mais de 5.000 espécies no mundo. Pesquisas mostram que, no Brasil, 70% da produção ainda vem da agricultura familiar (EMBRAPA, 2015).

O entendimento de adversidades agrícolas eleva a importância de estudos para solucionarem desafios diários de produtores rurais, o que estimula a criação de novas tecnologias, técnicas no desenvolvimento de novos implementos agrícolas. Para minimizar algumas consequências na pós-colheita do feijão, agricultores realizam o beneficiamento dele no ato da colheita, distribuindo resíduos para reduzir a sujidade do grão, como fécula de mandioca e farelo de arroz, que cooperam para um fator determinante à qualidade comercial, valor monetário e satisfação do consumidor. Porém, a técnica utilizada para realizar a aplicação do resíduo é manual, sendo uma prática defasada em termos técnicos.

Com o crescimento da agricultura moderna, o aprimoramento de máquinas e implementos agrícolas é indispensável; esse setor está constantemente inovando com tecnologias que aprimoram técnicas da agricultura, com o objetivo de adaptá-las às condições produtivas de diferentes demandas, resultando em ganhos de produtividade territorial e rendimento de processos. Conforme Santos (2014), o progresso tecnológico é o “motor do crescimento”, fator intrínseco sobre a produtividade, ou seja, “processos manuais ou mecanizados se tornam mais produtivos quando o nível de tecnologia aumenta”.

Nesse contexto, Mullerleily, Sampaio e Nicoló (2019) desenvolveram um implemento mecanizado para a distribuição de resíduo antissujidade na colheita do feijão, contudo, o dispositivo necessita de melhorias no controle de distribuição de resíduo para que ofereça praticidade para produtores, como: precisão na distribuição de resíduo protetor, interrupção da distribuição em situações necessárias e supervisão do nível de resíduo, condições que podem ter maior precisão com a inclusão de novos conhecimentos e tecnologias. O presente estudo propõe a coleta de dados do barramento CAN de máquinas para o emprego de recursos da eletrônica embarcada, os quais podem, posteriormente, ser decodificados para viabilizar o controle de distribuição do dispositivo a partir deles e incentivar futuras pesquisas em diversas aplicações.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Coletar e decodificar dados do barramento CAN de colhedoras de grãos com o uso de um sistema composto com recursos da eletrônica embarcada.

2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar e determinar a metodologia adequada para a captura de dados do barramento.
- b) Listar e adquirir equipamentos necessários para o acesso à captura de dados.
- c) Interligar todos os equipamentos do sistema proposto para coleta de dados do barramento CAN.
- d) Instalar e habilitar todos os hardwares e softwares fundamentais para captura e decodificação dos dados.
- e) Realizar testes em maquinários agrícolas e adquirir dados provenientes do barramento CAN.
- f) Decodificar os dados do barramento com o uso de softwares.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Agricultura brasileira

A agricultura demonstra alto impacto para a economia brasileira; possui ramificações da cadeia produtiva em diversas áreas intrínsecas à produção e comercialização de alimentos. Com o crescimento da demanda de *commodities*, tem-se a necessidade do aumento da produtividade, contudo, essa variável é dependente de vários setores e elementos presentes nos processos de produção de alimentos.

O Brasil passou por um grande avanço no setor agrícola na década de 70, aumentando o potencial agrícola brasileiro com a grande expansão de áreas cultivadas, em que produtores tiveram auxílios de programas de desenvolvimento regional e de pesquisa. Ainda se teve a disponibilidade de crédito rural com juros especiais, em sucessão à intensa mecanização (SEIDLER; FRITZ FILHO, 2016). A evolução do agronegócio brasileiro ocorre constantemente, atendendo à demanda interna de maneira sustentável e demonstrando vantagens para manter laços externos, além de conquistar novos espaços com o fornecimento de alimentos de qualidade (SANTOS; ARAÚJO, 2017).

A economia brasileira conta com a participação de múltiplos setores, os quais contribuem para resultados satisfatórios ao país. Nessas indústrias, vale destacar a importância do setor agropecuário para a economia brasileira. A agricultura é altamente dependente de fatores climáticos, descrita como uma atividade com incerteza e exposição ao risco em sua produção. Para isso, o governo brasileiro ajuda por meio da política agrícola produtores rurais a enfrentarem os riscos de produção e compra de insumos necessários para a produção. Essa ajuda vem com a tomada de medidas de precaução, tais como: crédito rural, apólice de seguro (PGPM) e seguro rural (SEIDLER; FRITZ FILHO, 2016).

Sabendo que a agricultura é responsável pelo cultivo de grãos, sua finalidade é abastecer o mercado interno e o mercado externo. O Brasil tem boa capacidade produtiva, levando à produção de qualidade e quantidade suficiente para atender à demanda. No entanto, a agricultura brasileira possui diversos fatores que a tornam significativa na economia. Ela deve se destacar nas ofertas de emprego, no alto potencial de participação no PIB (produto interno bruto), para a balança comercial do Brasil e a contribuição para o crescimento econômico, bem como o desenvolvimento econômico do país (EMBRAPA, 2018).

A inovação tecnológica está frequentemente presente na agricultura fornecendo e combinando conhecimentos para elaborações de tecnologias inéditas. O entendimento da importância da substituição de uma técnica antiga está relacionado a instruir o consumidor a desejar e necessitar de novas técnicas (SCHUMPETER, 1988).

A análise do crescimento e do impacto de inovações tecnológicas na agricultura é de extrema importância para o desenvolvimento econômico. Assim, agricultores propõem-se a obter novos recursos tecnológicos, como máquinas e implementos, que entreguem otimizações de processos e forneçam melhores condições de trabalho; fatores, como a introdução da mecanização na produção de culturas, colaboram para o crescimento da produtividade por meio de avanços tecnológicos do setor agrícola (SEIDLER; FRITZ FILHO, 2016).

O agronegócio é dependente de inúmeros fatores, como clima, mão de obra específica e tempo, que torna o ramo de alto risco econômico, assim, necessita de inovações sustentáveis que contribuam para a evolução constante dos cultivos agrícolas. As empresas atuantes na área devem inovar constantemente seus produtos para que não percam a posição de mercado para os concorrentes (SANTOS; ARAÚJO, 2017); por consequência, a pesquisa e desenvolvimento de inovações agrícolas devem ter melhoria contínua de técnicas, processos e máquinas.

3.2 Principais culturas anuais no Brasil

Com o crescimento contínuo da população mundial, o aumento da produção de alimentos e matéria-prima torna-se indispensável. A população mundial está crescendo rapidamente ao longo dos anos; com base em dados da FAO (2020) e ONU (2019), a população, em 2019, apresentava aproximadamente 7,7 bilhões de habitantes, dado que demonstra acréscimo de cerca de 11% ao longo de uma década. Conforme valores do relatório das nações unidas, a perspectiva da população global, em 2050, será de 9,7 bilhões.

A área agrícola mundial colhida obteve aumento de 300 milhões de hectares entre 1997 e 2017; conseqüentemente, a produção mundial de alimentos propagou-se rapidamente com a expansão territorial e aplicação da agricultura modernizada, tendo como exemplo o setor de produção de cereais, que passou de 2,4 bilhões de toneladas, produzidas em 2009, para 2,9 bilhões de toneladas, em 2019, evidenciando próximo de 17% de aumento (FAO, 2020). Atualmente, a China é responsável pela maior produção mundial de cereais; em 2019, produziu aproximadamente 612 milhões de toneladas. Após esse país, estão os Estados Unidos da América, com a produção equivalente a 421 milhões de toneladas; o Brasil está na quarta posição do ranking de produtores, atrás da Índia, a qual produziu cerca de 200 milhões de toneladas a mais do que a produção brasileira de cereais no mesmo ano, como evidencia a FAO (2020).

O Brasil possui vasta área territorial e climas tropicais, o que favorece a implantação da agricultura como fonte de renda de diversas famílias brasileiras, que cultivam diferentes tipos de alimentos para comercialização e consumo próprio. A área cultivada no Brasil é

equivalente ao somatório das áreas cultivadas na França e Espanha juntas, entretanto, o Brasil faz uso de apenas 7,6% do território com agricultura, dado que é significativamente inferior comparado com China, Índia e EUA, que usam mais de 15% do território nacional (EMBRAPA, 2017). A soja é o grão mais produzido no país, sendo que, na safra de soja de 19/20, foram semeados 37 milhões de hectares que produziram 121,5 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2021). Na safra sucessora, o país sofreu com redução na sua produção devido a problemas climáticos no sul do país. Dessa maneira, estimativas apontaram produção total de 122,4 a 125 milhões de toneladas do grão, recuo de aproximadamente 10% da safra anterior (CONAB, 2022; FORBES, 2022; SAFRAS, c2022). Contudo, o país dispõe de alta diversidade de culturas em diferentes estados, tal como o segundo grão mais produzido no país, que é o milho semeado em duas safras anuais, além disso, produzindo arroz, trigo, feijão, entre outros (IBGE, 2021).

Segundo a base de dados da FAO (2020), a área mundial colhida de feijão, em 2019, corresponde aproximadamente a 33,1 milhões de hectares, que produziram 28,9 milhões de toneladas no mesmo período. A Ásia lidera a produção mundial de feijão, produzindo 50% da produção global da leguminosa. Myanmar e Índia são os países asiáticos responsáveis pela maior produção mundial do grão, os quais produziram 5,8 e 5,3 milhões de toneladas, respectivamente, na safra de 2019 (FAO, 2020), seguidos do Brasil, com 2,9 milhões de toneladas na mesma safra (IBGE, 2021).

O feijão é considerado de ciclo curto e é produzido no Brasil em três safras anuais, denominadas: primeira safra, concentrada no Sul, Sudeste, Goiás, Piauí e Bahia; segunda safra, centralizada no Nordeste, Sul, Sudeste, Mato Grosso, Rondônia e Goiás; e terceira safra, concentrada em Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Bahia, Pará, Pernambuco e Alagoas (ETENE, 2018). O início da temporada 2020/2021 da leguminosa sofreu com carência hídrica em grandes regiões produtoras, o que, conseqüentemente, afetou a produção dos tipos de feijão semeados; dentre os principais, estão os feijões do tipo cores, preto e feijão-caupi. Entretanto, conforme o 8º levantamento de safra da CONAB (2021), a perspectiva da produção brasileira da leguminosa, na safra 20/21, é de 3,1 milhões de toneladas, redução de 3,8% em relação à safra passada. Distribuído em todo o território brasileiro durante as safras, o cultivo do feijão é destaque em alguns estados da nação; o Paraná é o maior produtor nacional do grão. Segundo o mapa de produção da CONAB (2021), o Paraná estima produzir 663 mil toneladas do grão na safra 20/21, seguido de Minas Gerais e Mato Grosso.

3.2.1 Beneficiamentos de feijões

A pesquisa científica da Sociedade Nacional de Agricultura (2014) mostra que existem muito poucas diferenças na nutrição em função dos diferentes tipos de

leguminosas. Por exemplo, o feijão branco não contém taninos, compostos antinutricionais que dificultam a utilização de proteínas pelo organismo e, portanto, apresentam melhor qualidade proteica. O conteúdo de outros componentes nos grãos, como proteínas, fibras e minerais, também varia de leguminosa para leguminosa, mas essa variação é feita com muita moderação. Essa diferença pode ser menos pronunciada nos macronutrientes (proteínas, hidratos de carbono e gorduras) do que nos micronutrientes (vitaminas e minerais), pelo que todas as leguminosas são consideradas importantes do ponto de vista nutricional. Quanto mais variada for a sua dieta, mais variada será a sua oferta de nutrientes.

O Brasil é o maior produtor de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) do mundo, que produz 13 tipos da leguminosa no território (MEDINA, 2021). Em âmbito nacional, o estado do Paraná destaca-se como maior produtor de feijão do país, leguminosa que está presente na vida de inúmeros pequenos e médios produtores, a qual demanda muita mão de obra em seu cultivo, chegando ao valor bruto de produção de 1,57 bilhão de reais, em 2017, e apresentando produção de 613,5 mil toneladas do grão na safra 2017/2018 (DERAL, 2018).

O processo de produção do feijão contém adversidades provenientes de diversas variações que o grão sofre, que cooperam para a redução da qualidade do produto devido a diversos motivos, como umidade do grão na colheita, velocidade de colheita, configurações da máquina colhedora, tempo e temperatura de armazenamento. Faroni *et al.* (2006) verificaram a interferência da umidade de colheita e da temperatura de secagem na qualidade do grão, de maneira que concluíram que grãos colhidos com menor porcentagem de umidade apresentavam melhor classificação por tipo. Nesse sentido, o aumento de temperatura do ar de secagem não interferiu na classificação por tipo nem coloração, mas reduziu a qualidade fisiológica do grão, como o tempo de armazenamento, que interferiu significativamente na qualidade do grão, tendendo ao escurecimento.

Produtores de feijões utilizam-se de técnicas para conter complicações presentes na cadeia produtiva do feijão, a fim de garantir a qualidade do produto, como a técnica de distribuição de produtos sobre o grão no momento da colheita (MULLERLEILY; SALOMONS; RIZZI; POSSATO, 2021). Em conversas com produtores da leguminosa do norte e centro-oeste paranaense, abordam que utilizam resíduos para pulverizar sobre o grão no ato da colheita, que colaboram para melhor qualidade final do produto (MULLERLEILY; SALOMONS; RIZZI; POSSATO, 2021). Entre os produtos utilizados nessa técnica, foram identificados, com maior frequência, a fécula de mandioca e o farelo de arroz, sendo produtos de alta demanda e acessíveis economicamente nessa região.

3.3 Máquinas agrícolas

Um setor presente na cadeia produtiva agroindustrial trata-se dos maquinários agrícolas que auxiliam produtores em processos necessários para a agricultura. Isso possibilita melhores condições de trabalho, expansão do potencial produtivo de áreas, redução do tempo de operação, de maneira que ainda oferecem segurança de trabalho aos colaboradores. Máquinas agrícolas são utilizadas em todo o ciclo produtivo, desde a preparação do solo até a colheita da cultura.

O setor de maquinários agrícolas possui muitas variáveis intrínsecas que impactam o resultado da produção agrícola; a administração de equipamentos e sistemas mecanizados agrícolas são fatores importantes na cadeia e na gestão do custo de produção do cultivo. Atualmente, existem estudos baseados em parâmetros presentes em sistemas mecanizados que podem quantificar o desempenho de máquinas agrícolas, de maneira a cooperar para as decisões. Devido ao alto custo para adquirir maquinários agrícolas, torna-se inviável o investimento para determinadas propriedades, pois essas não possuem grande giro de produção (BALASTREIRE, 2004).

Muitos estudos abordam a importância da presença da mecanização nas propriedades agrícolas; há muitos fatores que influenciam esses sistemas, como: mão de obra especializada, manutenção e rendimento. O trabalho realizado por Gimenez e Millan (2007), na região dos Campos Gerais do Paraná, expôs dados sobre a posse e uso da mecanização em propriedades agrícolas; dentre as conclusões, apresentaram que, na proporção em que aumenta a área cultivada, a mão de obra reduz, resultado que corrobora a alta inclusão de máquinas nas propriedades. Contudo, para o correto funcionamento de máquinas, deve haver previamente a capacitação de colaboradores; assim, os autores afirmam ainda que a realidade é de que 55% dos treinamentos só ocorrem após a compra de um novo maquinário. Analisando o maquinário de colheita, o estudo comprova que 100% das propriedades com mais de 900 hectares possuem pelo menos uma colhedora autopropelida; já para propriedades menores, a presença desse maquinário varia entre 78%.

A constante evolução da agricultura mundial busca diariamente inovações tecnológicas que sejam aptas à conectividade entre si, sendo essa uma característica essencial para a inserção da denominada Agricultura Moderna. Em máquinas e implementos agrícolas, esse fator está cada vez mais presente e evoluindo progressivamente, com pilotos automáticos, softwares, entre outras tecnologias, que facilitam a conexão entre colaboradores, máquinas, sensores, entre outros.

A inserção de boas tecnologias não garante que haverá maior rendimento do processo. Existem desafios, como a conectividade em áreas agrícolas e falta de mão de obra qualificada, que também são fatores essenciais para que os processos sejam rentáveis (MALISZEWSKI, 2020). O objetivo de inserir inovações tecnológicas nos sistemas

agroindustriais é atingir de forma racional o maior rendimento da lavoura ou maquinário, visando à economia de produtos, operações e tempo. Com a grande evolução tecnológica de máquinas e implementos agrícolas, muitas dessas já se encontram embarcadas tanto na máquina quanto no implemento e têm como base dados da variabilidade de produção espacial que são fornecidos pelo mapa de colheita (MALISZEWSKI, 2020).

3.3.1 Colhedora

Entre todas as operações presentes no ciclo produtivo, a etapa de colheita é a fase final do processo no campo, a qual é realizada por colhedoras. Moore e Hascall desenvolveram a colhedora pioneira nesse segmento, que foi elaborada em Michigan (EUA), em 1836, porém, só teve destaque em 1854, na Califórnia, e posteriormente originou a produção em escala comercial de colhedoras em 1880 (BALASTREIRE, 2004). Em meados de 1960, o surgimento da primeira indústria nacional de tratores impulsionou o Brasil a mecanizar seus campos, o que contribuiu para o surgimento das colhedoras autopropelidas nacionais. Similarmente, nessa época, a designação do nome da máquina de colheita ao redor do país era instável; algumas regiões denominavam de colhedora e, em outras, colheitadeira (MOLIN, 2008).

Em virtude da mecanização do campo cada vez mais presente nas propriedades agrícolas do Brasil, a produção de colhedoras foi impulsionada por fatores que facilitaram a aquisição de uma máquina de colheita automotriz, que proporciona melhor rendimento de trabalho e diminuição da mão de obra. Muitos estudos, a partir de 1980, foram destinados para descobrir esses fatores e concluíram que essa evolução é diretamente dependente da expansão territorial; da mesma forma, há o estímulo estatal tanto para criação de agroindústrias quanto para disponibilidade de crédito subsidiado (LIMA; SANTOS; NETO, 2017; BARICELO, 2015). Com o passar da crise de 1980-1990, o setor brasileiro de produção de máquinas agrícolas retomou crescimento com o programa de financiamento do governo (MODERFROTA), com o emprego da eletrônica embarcada e com a agricultura de precisão em tratores e colhedoras (BARICELO, 2015).

A maior classe de colhedoras produzidas no Brasil é destinada para colheita de grãos, que, desde o início do século XXI, sofre com oscilações de unidades produzidas. Desde 2015 a 2018, a produção de colhedoras de grão vivenciou crescimento de unidades produzidas por ano, mas, a partir de 2019, a produção obteve decréscimo (Figura 1).

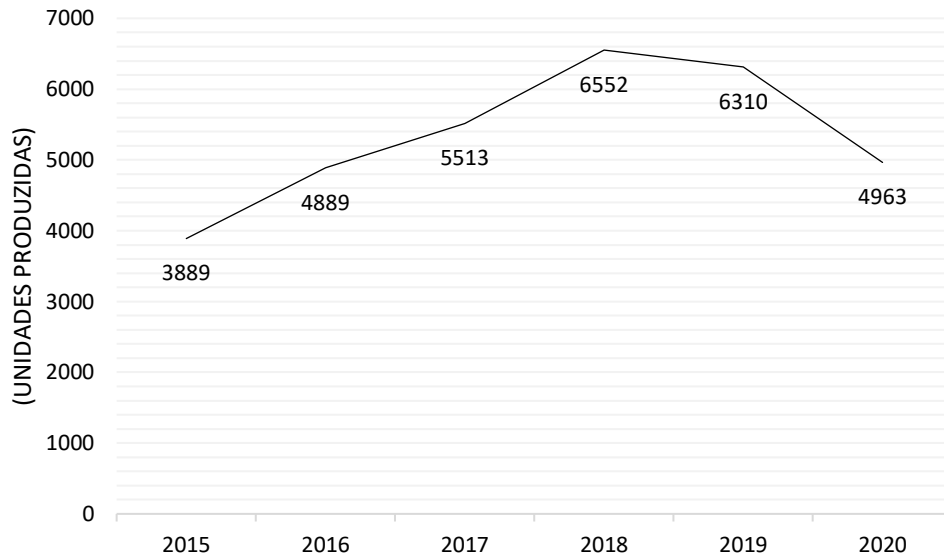


Figura 1 Produção de colhedoras.
Fonte: Adaptado de ANFAVEA (2020).

A mecanização da colheita das lavouras desenvolveu-se muito, mas ainda não atingiu sua plenitude. Enquanto algumas culturas ainda requerem considerável avanço tecnológico para viabilizar a colheita mecanizada, a colheita de cereais já percorreu um longo caminho e os agricultores têm acesso a soluções de colheita mecanizada em diferentes formas e níveis de tecnologia (MOLIN, 2010). Em nosso ambiente de cultivo no centro-sul do Brasil, onde a maioria das lavouras permite duas safras por ano (verão e inverno ou safra e safrinha), os agricultores têm maior otimização do uso das máquinas, ajudando a diluir o custo de capital das colheitadeiras.

Uma colhedora de grãos deve ser analisada e compreendida pelos sistemas que a compõem, incluindo sistemas de corte (ou poda), alimentação, debulha, separação, limpeza, transporte e armazenamento (MOLIN, 2010). As plataformas de corte de colheitadeiras podem ser de dois tipos básicos, rígidas e flexíveis. As plataformas rígidas não possuem sensores embutidos, pois não mantêm contato com o solo e são utilizadas para colheita de culturas de alto rendimento, como trigo, arroz e milho (CONTE, 2013).

Apesar da alta tecnologia disponível, a colheita mecanizada de grãos tem causado perdas consideráveis, reduzindo a produtividade e a lucratividade. Os problemas estão relacionados a uma variedade de fatores, incluindo ajuste inadequado da colheitadeira, idade da máquina, altura da plataforma, umidade do grão e velocidade de deslocamento (EMBRAPA, 2007). Pereira Filho *et al.* (2021) avaliaram perdas na colheita mecanizada de feijão, tendo como fatores diferentes velocidades de colheita e teores de água do grão, de forma que concluíram que a velocidade de colheita não é significativa em nenhuma das perdas avaliadas na pesquisa e que o teor de umidade do grão interferiu diretamente nas perdas internas e totais. Colhedoras e implementos são desenvolvidos e aprimorados diariamente, enfatizando a colheita mecanizada do feijão, sendo um processo mais acurado

do que outras colheitas devido às particularidades da cultura; há máquinas específicas para o processo de colheita. Bertanha (2017) dispõe da plataforma de colheita denominada Colhe Tudo WB 4500, adaptável em colhedora de grãos, a qual é específica para a colheita de leguminosas, de forma que previne contaminações por terras e cascalhos sem contaminar os grãos, proporcionando alta produtividade e redução nas perdas.

Segundo Portela (2000), Silveira (2001), Campos *et al.* (2005), Pinheiro Neto & Troli (2003) e Ferreira *et al.* (2007), a qualidade da colheita depende de o operador conhecer a capacidade de trabalho e estado de conservação da máquina, de forma a operar em velocidade adequada ao estado da colheita e da própria máquina. Assim, adequa-se às condições de temperatura e umidade ao longo do dia, bem como à manutenção necessária.

No entanto, mesmo com os avanços na tecnologia de colheita, ainda há muitas perdas na utilização dessas colheitadeiras. Esses problemas são causados pela falha de produtividade da própria máquina, mas estão relacionados principalmente às características da própria lavoura, que precisam ser apresentadas com algumas características específicas. Devido a essas questões, ainda há muito a ser otimizado para as operações de colheita mecanizada, o que exige mais atenção dos produtores e fábricas.

3.3.2 Dados de colheita

Os dados de colheita de culturas agrícolas são informações importantes para o gerenciamento da produção, para a compreensão do operador e proprietário da lavoura, ao planejamento econômico futuro, consentimento da fertilidade de talhões, entre outras. Dados de colheita são dependentes de vários fatores presentes nessa operação, desde cultivares até sensores.

A automação é empregada em vários sistemas de máquinas e implementos agrícolas, como no controle de vazões e seções de distribuição de produto, que são reações consequentes da leitura dos dados pelos sensores presentes na máquina e da interpretação desses dados por softwares. A técnica de mensuração de fluxo de sólidos em situações estáticas, como em centros de armazenagens, é um assunto bem concretizado, todavia, a mesma técnica para situações dinâmicas de operação está em evolução constante para o desenvolvimento de técnicas precisas a fim de medir o fluxo de sólidos. Nas colhedoras modernas, estão presentes sensores responsáveis pela leitura de determinadas propriedades da operação, como posicionamento geográfico, velocidade de deslocamento do equipamento, largura de trabalho de implementos, fluxo e umidade do material colhido (MOLIN, 2004).

Cada sensor está posicionado na máquina de forma ergonômica para que realize a leitura com maior exatidão e velocidade. O sensor responsável por medir propriedades do produto colhido é o sensor de fluxo mássico e o sensor de umidade.

O sensor de fluxo mássico de produto é responsável por aferir a quantidade de massa bruta da cultura colhida, que é elevada para o tanque de armazenamento da máquina. Esse sensor está posicionado no pico do elevador de grãos limpos na maior parte das colhedoras atuais, que pode ser do tipo emissor de raios gama (Figura 3), roda de pás (Figura 2) ou os mais comumente utilizados, que são os de placa de impacto (Figura 4). Outro método assíduo é por meio de sensor óptico, que faz o uso de um emissor de luz infravermelha para aferição, porém, é impreciso para áreas inclinadas (MOLIN, 2004).

O rotor de pás (lâminas) do sistema é um rotor de lâminas que é colocado na saída da talha; um sensor de nível controla a rotação do rotor e, uma vez que o grão está nivelado, o sistema gira para despejar o grão em um compartimento. A vazão é calculada correlacionando o volume de cada compartimento com a rotação do rotor, em que esses dados, juntamente com informações sobre a densidade de grãos, permitem obter a massa de grãos que passa pelo sistema de medição (MOLIN, 2015).

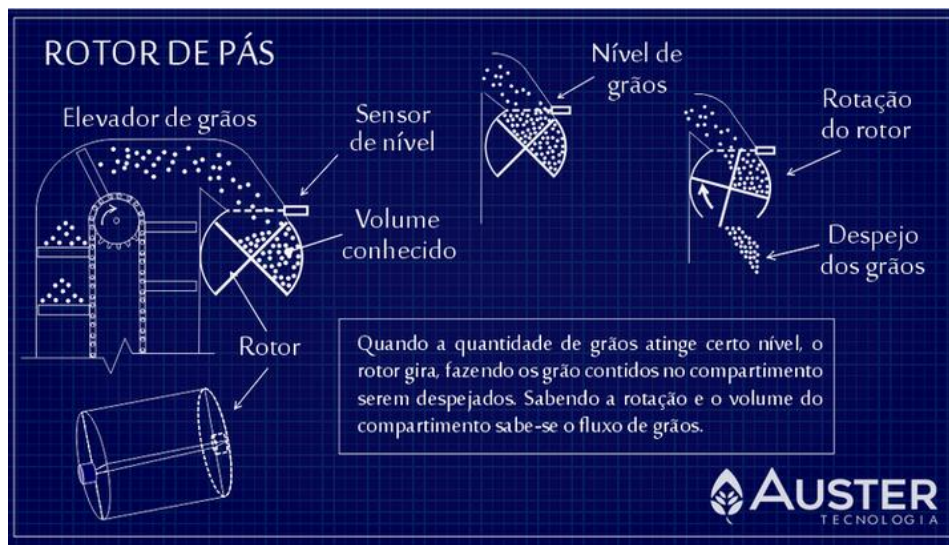


Figura 2 Esquema de rotor de pás para medição de produção de grãos.
Fonte: Junges (2020).

O sensor por radiação foi o primeiro sistema introduzido no mercado europeu no final de 1991. O sistema é composto por um transmissor de raios gama localizado na parte superior do elevador de grãos limpos e um receptor que mede a intensidade do outro lado. A passagem do grão bloqueia parte da emissão e a diferença na intensidade da radiação emitida e detectada está relacionada à qualidade do grão colhido. Notavelmente, o sistema é proibido em alguns países porque utiliza raios gama (um tipo de radiação prejudicial à saúde) (MOLIN, 2015).

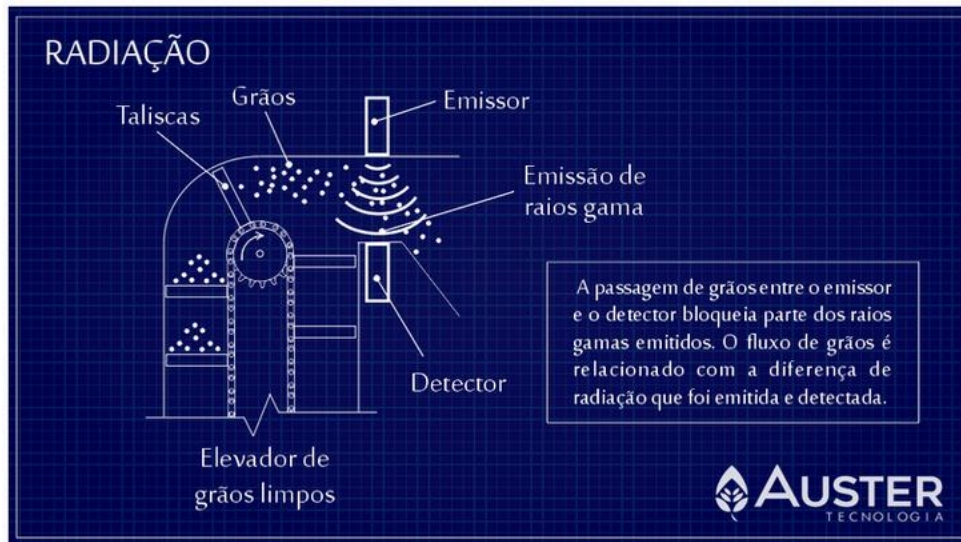


Figura 3 Sistema de medição por radiação para aferição de produção de grãos.
Fonte: Junges (2020).

Na placa de impacto, o grão transportado pelo elevador é lançado em direção ao painel para medir a carga gerada no impacto. A energia de impacto é proporcional à massa da partícula e sua velocidade, de modo que o fluxo pode ser estimado conhecendo a velocidade do elevador. As medições de choque podem ser realizadas usando dois sistemas diferentes: com molas e potenciômetros ou com células de carga. No primeiro sistema, a placa é suportada por um sistema que proporciona a deflexão da mola, que é medida por um potenciômetro e relacionada ao fluxo de grãos. No segundo sistema, uma célula de carga é usada para medir usando o mesmo princípio da maioria das balanças digitais (MOLIN, 2015).

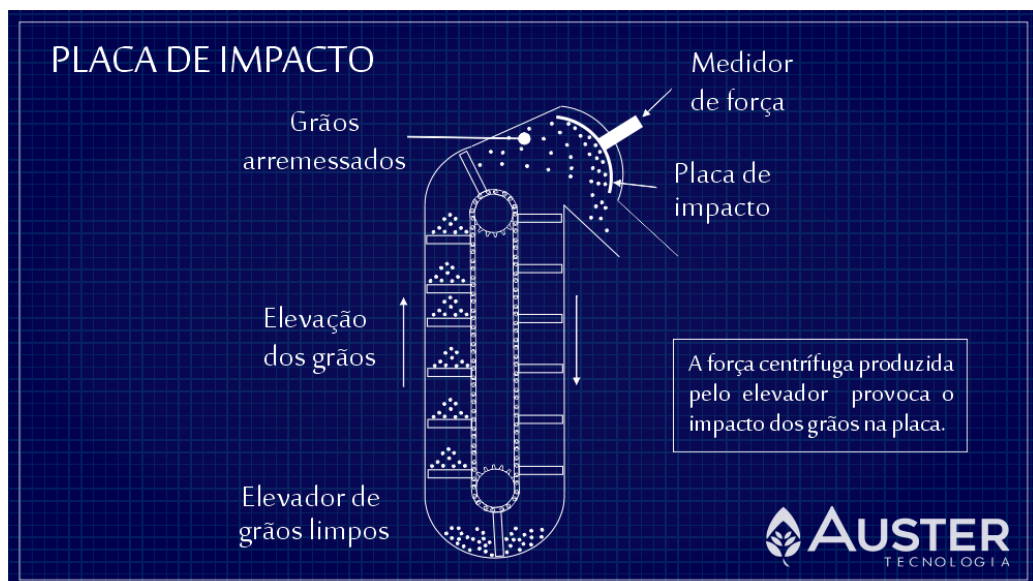


Figura 4 Sistema de placa de impacto para medição de produção de grãos
Fonte: Junges (2020).

O sensor de umidade, assim como o de fluxo, também está posicionado no elevador de grão limpo da máquina, porém, sua metodologia de aferição é mediante a capacidade de armazenamento de energia da cultura, grandeza escalar, que é intitulada como capacitância. Outro dispositivo presente na máquina é o interruptor de plataforma, o qual é responsável por comandar a aquisição de dados para o sistema, em que indica situações nas quais a máquina deve coletar dados de colheita (MOLIN, 2004).

Devido às variações no teor de umidade do grão ao longo da safra, a colhedora requer leituras ponto a ponto e correções da umidade do grão para obter valores de qualidade do grão seco colhido. Essa leitura normalmente é feita por meio de sensores de umidade capacitivos, semelhantes aos usados em laboratórios, fazendo leituras contínuas para medir o fluxo de grãos (MOLIN, 2015).

Mediante os dados fornecidos pelos sensores presentes na máquina, é elaborado o mapa de produtividade do talhão, que consiste na união dos pontos de leitura, fundamentado na quantidade colhida, tamanho da área representada pelo ponto, localização geográfica e umidade da cultura, que possuem informações relevantes coletadas durante a operação. Para a precisão da produtividade espacializada da área colhida, são geradas informações em um monitor por meio dos sensores (MALDANER; WEI; MOLIN, 2019).

Para a elaboração dos mapas de produtividade, são coletados entre 500 e 1300 pontos; cada ponto criado é consequente de uma determinada área retangular, de forma que a largura dessa área é a largura da plataforma de corte e o comprimento é a distância percorrida em determinado intervalo temporal. A sua posição é capturada pelo receptor geográfico presente na máquina que entrega sua posição atual; do mesmo modo, o sensor de umidade não deve ser desprezado, pois o mapa de produtividade é responsável por informar a produtividade baseada no produto seco. Esses dados fornecidos pelos sensores são depositados no monitor de colheita em formato de texto; as linhas de texto representam cada ponto correspondente e apresentam informações de produtividade em determinadas posições geográficas, umidade, dentre outras (Figura 5) (MOLIN, 2004).

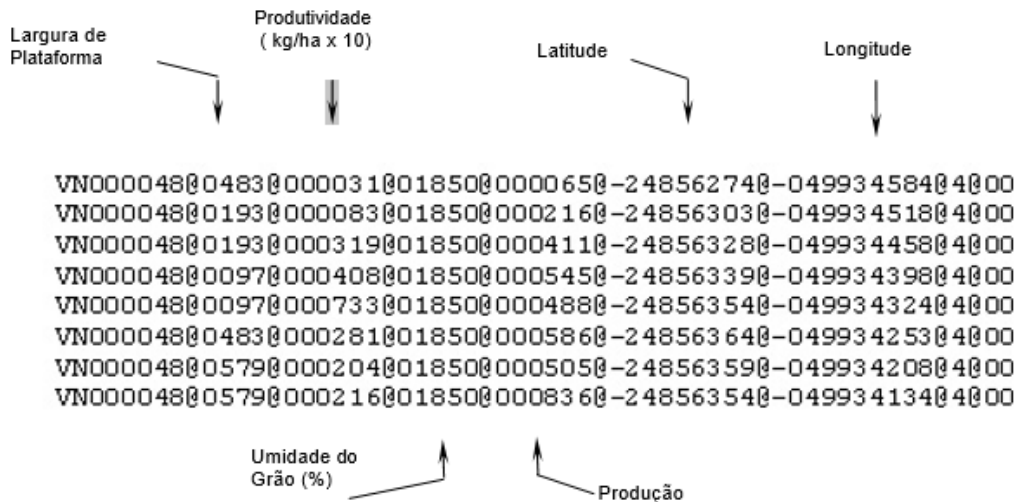


Figura 5 Arquivo de dados de colheita.
Fonte: Molin (2004).

Como todo sistema contém erros, a geração de dados de colheita também possui imprecisões nos valores, contudo, a qualidade desses dados é dependente de inúmeras variáveis presentes na operação de coleta, que depende da precisão, instalação e calibração do maquinário para que, assim, minimizem-se os seus efeitos (MOLIN, 2004).

Hoje, existem muitos tipos de soluções de monitoramento e gerenciamento de máquinas agrícolas. Essas soluções podem envolver diferentes tipos de equipamentos a serem instalados na máquina. De um modo geral, as soluções dividem-se em três categorias com base nas seguintes (BENEWEISS, 2005):

- Soluções intrusivas: Chama-se assim porque os dados da máquina são coletados por meio de um mecanismo conectado ao ISOBUS da máquina. O sistema ISOBUS está descrito na norma ISO 11783; o ISOBUS funciona com base no CANBUS, estendendo-se do trator ao implemento. Eles também são muito robustos e podem gerar dados muito bons e confiáveis. Ao se conectar aos sistemas da máquina, além da velocidade da máquina, posicionamento e informações do motor, eles podem capturar informações sobre as aberturas dos bicos durante a operação e outras informações específicas de cada máquina. Essas ferramentas não são adequadas para todas as máquinas, pois esses sistemas ISOBUS/CAN são adequados apenas para máquinas mais modernas. Eles também são relativamente caros devido à necessidade de comprar o computador ou tablet de cada empresa (e, às vezes, até um iPad). Essa solução será utilizada para a tentativa de aquisição dos dados para este estudo.

- **Soluções das fabricantes:** Essas são soluções de máquinas de fábrica. Eles geralmente funcionam apenas nas máquinas mais modernas, então, considerando a compra um trator usado ou antigo, ele não vem com essa solução e não é possível instalar. As soluções de monitoramento e gerenciamento de frota agrícola do fabricante são poderosas e eficazes. Fornecem vários dados e informações aos produtores; por exemplo, colheitadeiras John Deere fornecem uma variedade de informações que podem ser extraídas na forma de relatórios que os produtores podem analisar para melhorar seu desempenho operacional, incluindo informações como velocidade, consumo de combustível, tempo de manobra e muito mais. As taxas de utilização desses serviços são pagas mensalmente e, muitas vezes, os consultores do fabricante são obrigados a extrair dados das máquinas e ajudar na análise, encarecendo ainda mais o valor.
- **Soluções não intrusivas:** Existem também algumas técnicas chamadas de não intrusivas. Nesse tipo de solução, o rastreador é montado na parte externa da máquina agrícola e passa a coletar informações mais simples da máquina, como velocidade e posicionamento. A partir desse conjunto, a inteligência do software pode fazer correlações de espaço, velocidade e motor para fornecer informações sobre a qualidade da operação. Por exemplo, os padrões de velocidade, tempo ocioso total do motor (quando a máquina está em condições de operação), a velocidade máxima na prática e outras informações que podem ajudar o produtor a entender como está ocorrendo sua operação e tomar medidas para melhorar sua eficiência. O envio de dados geralmente é feito em intervalos de segundos (entre 5 e 15 segundos). Apesar de não coletarem dados dos sistemas internos da máquina, essas ferramentas também podem gerar informações importantes para os produtores. Podem representar uma boa relação custo-benefício para os produtores (BENEWEISS, 2005).

3.4 Automação de máquinas agrícolas

A automação é aplicada a várias áreas industriais, modificando processos de produção para resultar alto rendimento de trabalho no tempo. A automação é rotineiramente confundida com a mecanização, porém, suas definições são diferentes; a mecanização substitui técnicas manuais com uso de máquinas de diferentes fontes de energia e a automação está empregada no controle de técnicas executadas por máquinas (ROGGIA; FUENTES, 2016).

A definição de automação é vista diferentemente entre autores. Roggia e Fuentes (2016) interpretam como “um sistema de controle pelo qual os mecanismos verificam a sua

própria ação, efetuando técnicas e introduzindo correções, sem a intervenção do homem”; já Gupta e Arora (2011), definem automação como um processo da indústria quando operações de produção passam de um processo manual para automático ou mecanizado, que seguem sequências das operações por meio de equipamentos especializados com pouca ou nenhuma influência humana. Os mesmos autores também demonstram que a palavra “automação” foi gerada em meados de 1940 por uma indústria automobilística dos Estados Unidos, que indica o manuseio automático de setores entre máquinas de produção. Eles ainda descrevem que a automação já era empregada em anos anteriores na produção em pequena escala de itens moldados de formato simples, contudo, a adição de computadores e componentes eletrônicos permitiu coordenar vários tipos de tarefas.

Na agricultura, a automação está inserida em diversos processos presentes nas cadeias produtivas agroindustriais, como em maquinários, implementos, beneficiamento, transporte, entre outros. Todos os sistemas produtivos agrícolas estão passando por contínuo desenvolvimento e otimização de seus processos, que refletem no decaimento da mão de obra, do mesmo modo, no aumento do seu uso para uma produção sustentável.

A automação é uma das técnicas empregadas pela agricultura de precisão que tem como objetivo instruir produtores ou profissionais para a decisão correta embasada em procedimentos e análises dessa ciência (BASSOI *et al.*, 2019). Com a chegada da agricultura de precisão, muitos processos foram otimizados ou modificados com uso da eletrônica embarcada com sensores, controladores de distribuição, mapeamento e computadores de bordo, para oferecer máxima eficiência de trabalho e alcançar objetivos definidos. A inserção de métodos da agricultura de precisão amplia a demanda por conhecimento especializado e desenvolvimento de dispositivos para conectividade de sistemas embarcados, novos meios de processamento de dados e comunicação de protocolos. O cenário da agricultura atual tende para a elevação dos custos de produção, maior exigência de mercado, mudanças climáticas e conservação do ecossistema; isso propicia a evolução e implementação de novas técnicas agrícolas, em que a automação e a agricultura de precisão estão presentes (BASSOI *et al.*, 2019).

Pesquisas e projetos empregam a automação em maquinários agrícolas, seja para modificar um processo existente ou apresentar uma inovação tecnológica. Bugatti *et al.* (2018) incorporaram um circuito eletrônico programável denominado FPGA para substituir e implementar as principais funcionalidades executadas por um controlador de pulverização agrícola totalmente nacional e o projeto demonstrou ser viável para a inserção da integração de elementos de eletrônica embarcada em controladores de pulverização, proporcionando, assim, melhor desempenho do processo.

Os dados de produtividade são informações de alto interesse para aplicações agrícolas posteriores, contudo, a sua aquisição não é acessível facilmente. Uma opção é pela extração de dados que passam pela rede controladora da máquina (CAN), como foi

realizado no estudo de Maldaner *et al.* (2020), em que testaram modelos treinados e baseados em dados adquiridos da rede CAN de uma colhedora de cana-de-açúcar para monitorar e comparar a produtividade entre os modelos. Todos os resultados, obtidos no estudo, usando dados da rede CAN, foram considerados confiáveis, o que possibilita o uso e aplicação dos dados para outras finalidades.

3.5 Eletrônica embarcada

A eletrônica embarcada estabeleceu-se no início do século XX com influência na instrumentação elétrica de tratores; posteriormente, propagou-se em sistemas utilizados na agricultura com objetivo de facilitar o gerenciamento de operações e dados do maquinário, concedendo vantagens para agricultura com o emprego dessa ciência, que está presente em computadores de bordo, piloto automático, monitor de colheita, entre outros dispositivos presentes em máquinas agrícolas (SARAIVA, 2006).

O uso da eletrônica em automóveis e máquinas tem-se intensificado ao longo dos anos com a demanda por modernização das funções de controle presentes em sistemas embarcados. Essas funções são dependentes de equipamentos elétricos e mecânicos projetados para seu funcionamento. O emprego da eletrônica embarcada é repleto de vantagens tanto para fabricação de automóveis e máquinas quanto para o consumidor final, como custos reduzidos, melhor eficiência e precisão, qualidade, segurança, sustentabilidade, entre outras (MYERS; BURNS; RATELL, 2001).

Com grandes avanços tecnológicos, as máquinas modernas foram implementadas com a eletrônica embarcada, a qual transformou os comandos manuais em comandos acionados por dispositivos eletrônicos, que controlam atuadores para determinada finalidade por meio de simples botões ou toques. Muitos fatores de operação podem ser controlados com base em meios eletrônicos, tal como em colhedoras modernizadas e quais sensores presentes possibilitam o controle da velocidade de colheita da máquina com base no fluxo de alimentação e processamento da cultura colhida, para que a máquina permita que seu sistema industrial trabalhe de modo cheio (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

O uso e emprego da eletrônica embarcada em máquinas e implementos agrícolas têm infinitas finalidades; vários estudos atualmente estão sendo elaborados (PRASAD; TANG; LUO, 2019; WANG; ZHOU, 2020), principalmente sobre comunicações de dados entre máquina com implemento e máquina com central de gestão. Logo, novos problemas elevam-se, tal como o da comunicação de dados, que passa pela etapa de padronização, trabalho que foi denominado no Brasil de ISOBUS (ISO 11783). A técnica de telemetria está atuando para maior conectividade de informações em tempo real entre as partes, facilitando a atuação de operadores. Contudo, existem empecilhos para o funcionamento correto dessa técnica, como as limitações de cobertura de rede em propriedades rurais. A eletrônica

embarcada é empregada em diversas áreas e isso incentiva o desenvolvimento de pesquisas nesse novo tema, que geram diferentes conclusões, abordagens diversificadas e inovadoras, particularmente com conhecimentos da Engenharia Agrícola (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

A eletrônica embarcada existe em muitas áreas da agricultura, incluindo: monitoramento de solo, meteorologia, mapeamento de área, navegação de vários dispositivos, computadores de bordo para controle, dispositivos de apontamento e monitoramento, equipamentos de processamento de culturas, equipamentos de laboratório ou diagnóstico etc. Muitas vezes, as condições ambientais e operacionais em áreas agrícolas são extremas, apresentando desafios interessantes para a aplicação da eletrônica (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

3.6 Protocolo CAN (Controller Area Network)

O surgimento de protocolos de comunicação digital serial auxiliou o gerenciamento de dados transmitidos entre dispositivos em máquinas. O protocolo CAN foi elaborado por Bosh na década de 1980 e padronizado internacionalmente pela ISO, assim, foram geradas a ISO 11898, para aplicações de alta velocidade de transmissão de dados, e ISO 11519, para aplicações de baixa velocidade. No princípio, o protocolo CAN teve como objetivo principal os automóveis, contudo, no decorrer dos anos, foi implementado em outras áreas; atualmente, está inserido em padrões atuantes em vários tipos de veículos, como máquinas agrícolas, ônibus, caminhões, entre outros (EMBRAPA, 2007).

Um dos principais benefícios do protocolo CAN é que foi desenvolvido com base no conceito de CSMA/CD with NDA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection with Non-Destructive Arbitration), em que os módulos presentes na máquina identificam o fluxo de dados enviados no barramento por outros módulos também presentes, identificando a prioridade de cada mensagem enviada e sobrepondo a mensagem com maior prioridade. O protocolo CAN é uma camada física e opera com duas linhas de transmissão, o CAN_H (CAN High) e o CAN_L (CAN Low), que carregam dados que serão interpretados pela diferença de potencial elétrico entre os fios (Figura 6); essas diferenças são representadas por bits recessivos e bits dominantes (EMBRAPA, 2007; GUIMARÃES, 2003).

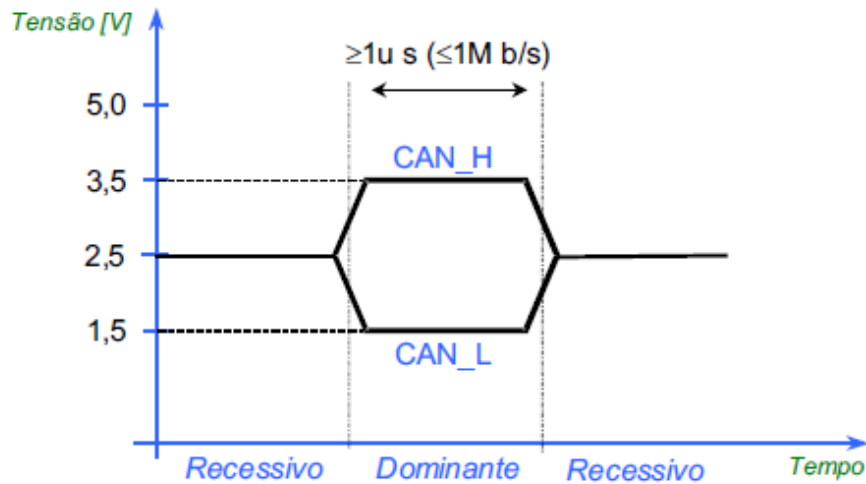


Figura 6 Níveis de sinais elétricos da CAN.
Fonte: Embrapa Instrumentação Agropecuária (2007).

Essa comunicação de dados pelo barramento CAN é formada por “quadros CAN” (Figura 7), que são estruturas que contêm as especificações dos dados. O protocolo CAN é composto por duas versões, Standard CAN (CAN 2.0A) e Extended CAN (2.0B), que se diferenciam na composição de bits, com 11 bits e 18 bits, respectivamente. Os dados CAN são apresentados no campo intitulado data field (campo de dados), que podem ser decodificados para extração de informações; dados desse campo podem ser provenientes de sensores, associados com o estado do nó, solicitação de outros dados nas ECUs, entre outros; outra seção relevante no quadro é o campo identifier (identificador), o qual é responsável pela prioridade de cada mensagem recebida; quanto menor o valor do identificador, maior é a prioridade do determinado nó. Os bits contidos nessa seção do quadro podem conter informações do endereço de origem e destino do dado, a qual grupo pertence certo dado, entre outras. (EMBRAPA, 2007; CSS ELECTRONICS, 2021).

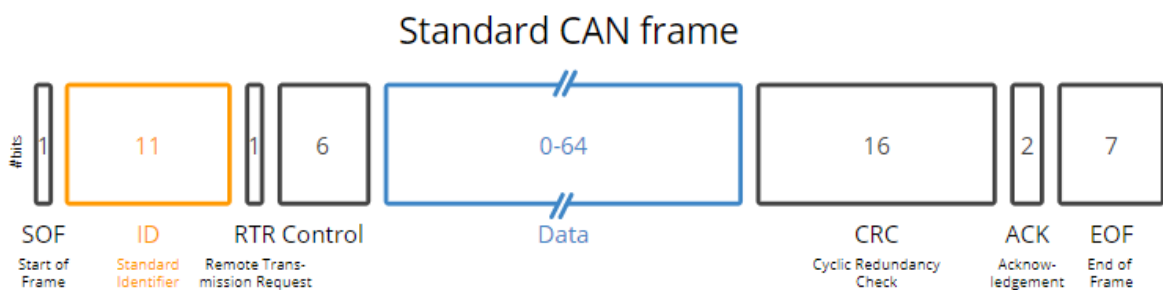


Figura 7 Estrutura de um quadro padrão CAN.
Fonte: CSS Electronics (2021).

O protocolo CAN tem duas padronizações que se constituem a camada física e a denominada camada de enlace de dados, porém, camadas que se encontram acima não foram estabelecidas pelas mesmas normas ISO, assim, estando disponíveis para o

desenvolvimento e implementação de novos padrões, designados como Protocolos de Alto Nível, que são baseados no CAN (INAMASU; SOUSA, 2004).

A Figura 8 apresenta o diagrama de utilização de dados CAN, expondo seus denominados níveis de protocolo.

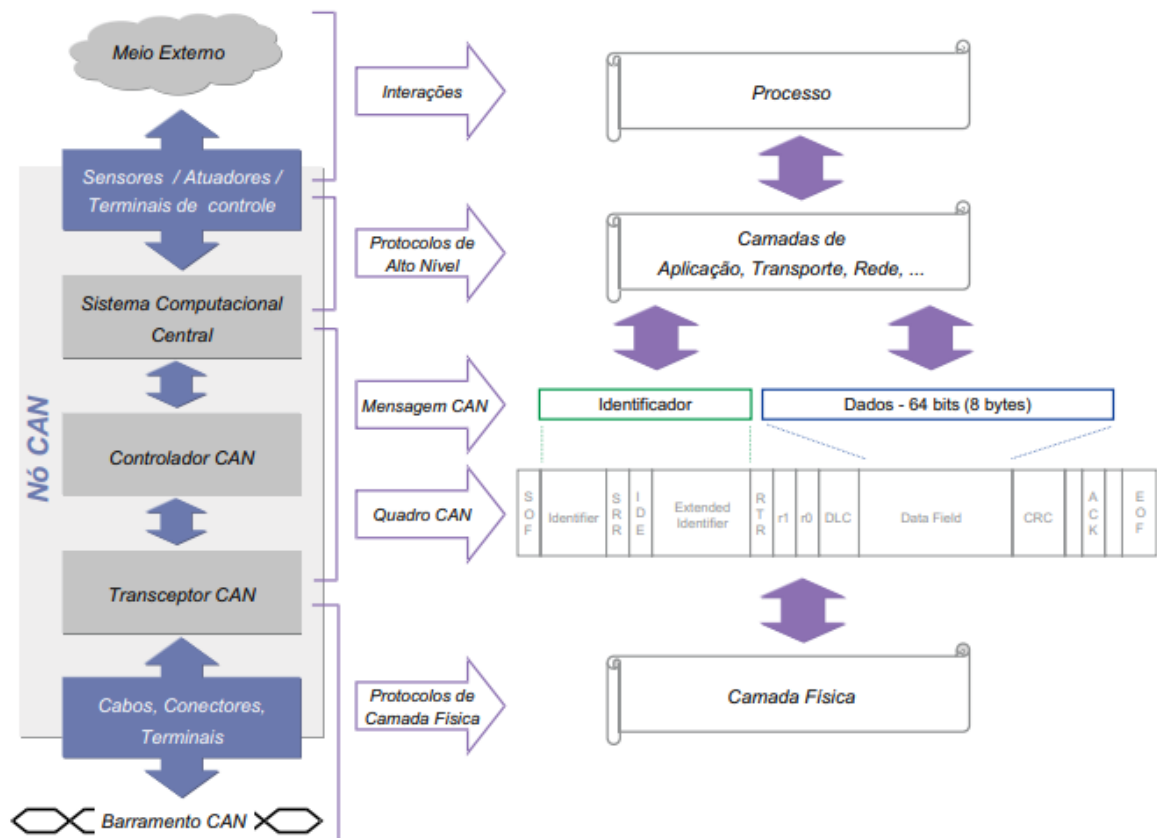


Figura 8 Diagrama de protocolos baseados no CAN estendido.
Fonte: Inamasu, Neto e Sousa (2001).

Padrões de alto nível surgiram em distintas áreas, assim, sendo relacionados a uma determinada aplicação. Máquinas e implementos agrícolas são exemplos de setores em que o protocolo CAN foi inserido; pode-se citar padrões importantes para o ramo agrícola, como: SAE J1939, DIN 9684 (LBS), ISO 11783, entre outros padrões que também atuam na cadeia agroindustrial (EMBRAPA, 2007; GUIMARÃES, 2003). São exemplos:

- SAE J1939: Padrão fundamentado no CAN 2.0B (estendido) e implementado em veículos de grade porte, como: ônibus, caminhões, tratores, máquinas e implementos agrícolas.
- DIN 9684 (LBS): Baseado no CAN 2.0A (padrão) e utilizado em aplicações agrícolas.
- ISO 11783: Padronização pela ISO para máquinas e implementos agrícolas.

3.7 SAE J1939

O protocolo SAE J1939 teve origem na década de 90, no entanto, o primeiro documento oficialmente de nível superior foi publicado no início do século XXI. No mesmo período, teve formalização da inclusão da base CAN no protocolo e, no ano seguinte, o SAE J1939 ganhou aparência e colocou-se no lugar de antigos protocolos SAE (J1708 e J1587) (CSS ELECTRONICS, 2021).

O protocolo SAE J1939 é o padrão de comunicação de dados fundamentado na arquitetura do barramento CAN, o qual foi desenvolvido pela Internacional Society of Automotive Engineers (SAE) para emprego em veículos de grande porte, tal como em “on-road” ou “off-road”. Esse padrão opera sob o CAN 2.0B, versão do protocolo CAN que dispõe de 29 bits de comprimento de dados com taxa de 250 KBits (PRASAD; TANG; SUO, 2019; JUNGER, 2010). “Em termos mais técnicos, o J1939 fornece um protocolo de camada superior baseado no CAN como camada física” (CSS ELECTRONICS, 2021).

O protocolo SAE J1939 é composto por outros subpadrões, os quais possuem particulares responsabilidades de padronização (KVASER, c2021), dentre eles:

- J1939/11: Define propriedades físicas do protocolo.
- J1939/13: Define o conector para diagnósticos.
- J1939/21: Responsável pela padronização de enlace de dados.
- J1939/31: Camada de rede.
- J1939/71: Documento que define e descreve os parâmetros no maquinário.
- J1939/73: Define o acesso para diagnóstico.
- J1939/81: Faz o gerenciamento da rede.

Muitos padrões foram derivados do SAE J1939, utilizando padrões básicos do protocolo e determinando novas funcionalidades. A ISO11783 é um exemplo de padronização oriunda do protocolo SAE J1939, constituída por novas especificações (JUNGER, 2010).

3.8 ISO 11783 (ISOBUS)

A ISO11783 é uma norma de padronização gerenciada pelo comitê TC23/SC19/WG1 da ISO, que permite a implementação de redes embarcadas baseadas em padrões definidos. Especificações dessa norma foram fundamentadas na ISO11898 e seguem as exigências do protocolo SAE J1939 para aplicação agrícola (INAMUSU; SOUSA, 2007; ISO, 2017). A finalidade dessa norma é padronizar a transferência de dados entre dispositivos

eletrônicos embarcados em máquinas agrícolas, florestais e seus implementos, para proporcionar comunicação aberta entre as ECUs (unidade de controle eletrônico) internas e externas (Figura 9) (ISO, 2017; ABNT, 2021).

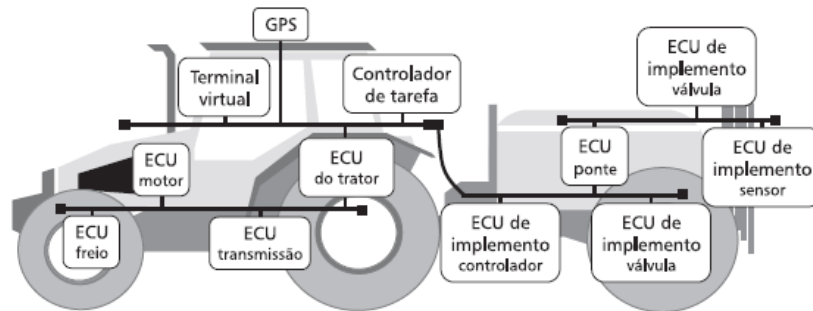


Figura 9 Rede CAN conforme especificações da ISO11783.
Fonte: Inamasu e Sousa (2006).

A norma ISO 11783 motiva estudos que visam à aquisição de dados oriundos de sensores contidos em máquinas agrícolas para posteriores análises que podem viabilizar aplicações em implementos externos, sem que haja necessidade de instalação de sensores próprios dos implementos.

Kortenbruck, Griepentrog e Paraforos (2017) utilizaram, como base para seu estudo, os parâmetros de uma máquina agrícola provenientes de ECUs. A coleta dos dados foi realizada com um registrador CAN, que foi acoplado à porta ISO11783 (CANBUS) com um conector IN-CAB 9pin. O registrador era acionado com o comando de um software para captura de mensagens que se encontram no barramento CAN; essa metodologia de coleta de dados em campo foi comprovada pelos autores como a mais adequada. Com a decodificação dos dados CAN adquiridos, o estudo viabilizou a possibilidade de gerenciamento e compreensão do estado da máquina nas operações do campo, como problemas ocorridos no meio da operação e quantificação de perda de tempo.

No Brasil, o desenvolvimento da norma ISO11783 é de responsabilidade da Força Tarefa ISOBUS (FTI-Brasil), que é composta por motivadores da evolução da tecnologia embarcada agrícola padronizada. Eles são encarregados pela tradução da norma ISO para o padrão brasileiro (ABNT) no comitê CB-004 (LOPES, 2015).

3.9 DMCA

A Lei de Direitos Autorais do Milênio Digital (DMCA) é a lei de direitos autorais dos Estados Unidos que aplica o Tratado de Fonogramas e Performances da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) e o Tratado de Direitos Autorais da WIPO de 1996. A DMCA impede a cópia não autorizada de obras protegidas por direitos digitais, além de regular proprietários e consumidores de propriedade intelectual (PI) digital. Atos e leis

semelhantes foram aprovados internacionalmente desde que o DMCA foi aprovado em 1998.

Segundo Jackson (2019), DMCA (Digital Millennium Copyright Act) é uma lei de direitos autorais dos EUA focada em mídia digital, a qual ajuda os proprietários a remover seu conteúdo roubado de forma rápida e eficiente. Isso se estende a locais como provedores de serviços de Internet (ISPs), provedores de hospedagem na web e mecanismos de pesquisa.

O DMCA, que inclui cinco títulos, foi inicialmente criticado por sua agressividade. Com o tempo, essas mudanças levantaram certas restrições. Um dos principais grupos de defesa do DMCA é a Business Software Alliance (BSA), uma organização de gerenciamento de direitos de dados (DRM). Grupos de oposição ao DRM, como Chilling Effects, argumentam que os parâmetros vagamente definidos, mas restritivos, do DMCA favorecem a propriedade de direitos autorais sobre a pesquisa on-line legítima.

De acordo com a Giganews (c2022), um aviso à DMCA devidamente formatado seguirá as diretrizes e fundamentos estabelecidos pelo próprio DMCA. Os elementos necessários para um aviso bem formado são:

- Identificação clara da pessoa ou entidade que envia a notificação do DMCA.
- Declaração clara do relacionamento com o proprietário dos direitos autorais (o próprio ou agente autorizado).
- IDs de mensagens de todos os artigos que a Notificação do DMCA pede que a Giganews remova. Alguns arquivos são suficientemente grandes para serem postados em diversos artigos de Usenet; eles são chamados de mensagens multipartes.
- Declaração clara, sob pena de perjúrio, de que as informações incluídas na notificação são precisas e que é o proprietário dos direitos autorais, ou tem autorização.
- Uma "assinatura física ou eletrônica" de uma pessoa autorizada para agir em nome do proprietário. Isso é satisfeito com um nome e endereço físico para que a pessoa autorizada possa ser contatada se alguém desejar contestar a sua notificação.
- Embora não seja legalmente exigido pelo DMCA, incluir "violação de direitos autorais", na linha de assunto do e-mail, sinalizará a sua Notificação do DMCA e evitará a categorização de spam.

Vale ressaltar que a DMCA só permite que o proprietário dos direitos autorais ou agente legalmente autorizado envie um aviso da DMCA. Se a pessoa não for o proprietário

dos direitos autorais ou agente autorizado e tiver informações sobre um trabalho protegido por direitos autorais que acredita ter encontrado, deve enviar as descobertas ao proprietário dos direitos autorais. Legalmente, sob o DMCA, apenas o proprietário dos direitos autorais pode estabelecer sua propriedade e reivindicar que os direitos autorais devem ser retirados ou punidos sob pena de perjúrio (JACKSON, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Acesso aos dados do barramento CAN

Os dados que são coletados por sensores de maquinários agrícolas são transportados via barramento CAN, que é a camada física em que um protocolo atuante na comunicação entre ECUs (unidade de comando eletrônico) é imposto para controlar e gerenciar o fluxo de dados.

O acesso a dados do barramento de máquinas agrícolas foi realizado pela porta serial deutsch 9pin (Figura 11), padronizada pelo protocolo SAEJ1939. Essa porta serial possibilita que os dados do barramento possam ser transmitidos para dispositivos registradores de dados CAN, por meio do sinal de saída CAN_H e CAN_L (PRASAD; TANG; LUO, 2019).



Figura 10 Porta serial J1939.
Fonte: Swanson *et al.* (2018).

Para conectar-se à porta serial do maquinário, foi necessária a aquisição do adaptador adequado para o padrão exigido, logo, o modelo de cabo selecionado foi o modelo que possui a porta 9pin fêmea (J1939), exigida pelo maquinário; na outra extremidade, há a porta serial 16pin OBDII fêmea padrão SAE J1962 (Figura 12), a qual possibilita conexões com outros dispositivos da eletrônica embarcada.

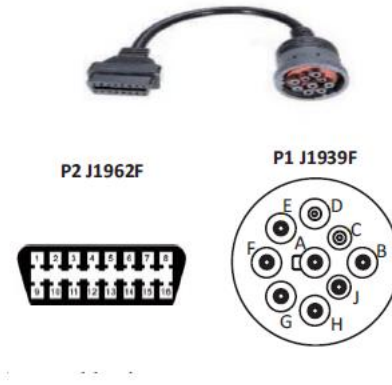


Figura 11 Cabo J1939 fêmea para J1962 fêmea.
Fonte: Adaptada Prasad; Tang e Luo (2019).

Para acoplamento à saída do conector 16pin fêmea J1962, foi necessária a obtenção do adaptador macho do mesmo padrão para conseguir correta junção e acesso à fiação interna dos pinos de interesse. A identificação da pinagem correta das portas CAN_H e CAN_L do cabo da figura 9 foi realizada com o uso de um multímetro Minipa ET2060 por meio do teste de continuidade no laboratório de sistemas computacionais (LSC) da UNIOESTE – campus Cascavel. Com isso, pode-se marcar os pinos corretos no adaptador 16pin macho J1962 (Figura 13).



Figura 12 Cabo macho J1962 OBDII.
Fonte: O Autor (2021).

Os pinos responsáveis pela linha de transmissão de dados do barramento foram demarcados como CAN_H (can high) e CAN_L (can low) na pinagem da porta serial, contudo, na descrição da pinagem da Figura 14, há dois segmentos denominados pelos dados CAN, do trator e do implemento, os quais foram identificados e conectados com cabos de cores diferentes, vermelho e branco, que determinam a conexão CAN_H e CAN_L do trator, e os cabos azul e preto, os quais indicam o CAN_H e CAN_L do implemento,

respectivamente. Todavia, para o presente estudo, o par de pinos CAN relevante está identificado por C e D, porém, foram realizados testes nos dois segmentos CAN (C, D, H e J) (SWANSON *et al.*, 2018).

Pin no.	Allocation
A	ECU_GND
B	Unswitched Power ^a
C	Tractor Bus CAN_H
D	Tractor Bus CAN_L
E	Not Specified ^b
F	Not Specified ^c
G	Not Specified ^c
H	Implement Bus CAN_H
J	Implement Bus CAN_L

^a A direct connection to positive battery power through a 10A fuse.
^b Used for the shield of an SAE J1939 network in an SAE diagnostic connector.
^c Used for SAE J1708 network in an SAE diagnostic connector.

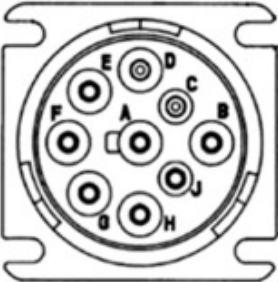


Figura 13 Pinagem da porta serial J1939.
 Fonte: Swanson *et al.* (2018).

4.2 Hardwares e softwares

O reconhecimento, armazenamento e decodificação dos dados procedentes do barramento CAN da colhedora de grãos foi tarefa estabelecida para dois hardwares (raspberry pi 3 e RS485 CAN HAT) e um software (Polycan) específico para dados CAN; essa arquitetura foi escolhida devido à sua praticidade e economia para o projeto.

4.2.1 Raspberry Pi

Um dos modelos de hardware utilizado na metodologia foi o dispositivo Raspberry Pi 3 Model B (Figura 15), desenvolvido pela Raspberry Foundation, sendo o modelo iniciador da terceira geração do Raspberry Pi, substituindo o antecessor Raspberry Pi 2 Modelo B em 2016. Esse modelo dispõe de um computador de placa única com LAN (*local área network*) WIFI e ethernet, conexão bluetooth, 1GB de RAM, 40 pinos estendidos, 4 portas USB, porta HDMI, entre outras especificações (RASPBERRY, 2021).



Figura 14 Raspberry Pi 3 Modelo B.
Fonte: Raspberry (c2021).

Para a utilização da Raspberry Pi 3 Model B, foi necessária a instalação do sistema operacional Raspberry Pi OS, anteriormente conhecido como Raspbian, sendo o modelo oficial da Raspberry Foundation (RASPBERRY, 2021c).

A instalação do Raspberry Pi OS foi feita por meio do instalador oficial Raspberry Pi Imager, o qual facilitou a instalação do sistema operacional no hardware por meio de um cartão microSD. A versão do sistema operacional instalado na Raspberry Pi 3 Model B foi a 5.10, lançada em maio de 2021, e contém o sistema operacional com desktop e softwares recomendados.

O acesso à interface do Raspberry Pi OS pode ser feito com um monitor plugado na porta HDMI do hardware ou via remota. O acesso remoto é muito utilizado devido a suas vantagens de não demandar monitor adicional para o hardware e à disponibilidade de meios de acesso remoto ao sistema operacional. O meio de acesso ao sistema operacional do hardware para desenvolvimento deste trabalho foi realizado remotamente via VNC (virtual network computing), meio que compartilha a interface de área de trabalho do sistema operacional Raspberry Pi OS com um dispositivo móvel (notebook).

Com o VNC Viewer (Figura 16), aplicativo de acesso remoto ao Raspberry Pi OS, foi realizado o acesso ao sistema operacional do hardware.



Figura 15 Interface gráfica Raspberry Pi OS.
Fonte: Raspberry (2021).

4.2.2 RS485 CAN HAT

A placa de extensão utilizada, juntamente com a Raspberry Pi 3, para a aquisição e leitura dos dados CAN, foi o RS485 CAN HAT (Figura 17), desenvolvido pela Waveshare, que possui duas versões que se diferenciam na frequência de operação (8MHz e 12MHz), oscilação e frequência de leitura de dados, as quais devem corresponder à versão do hardware (WAVESHARE, 2018).



Figura 16 Hardware RS485 CAN HAT utilizado no projeto.
Fonte: Waveshare (c2020).

A versão adquirida para acrescentar a Raspberry Pi 3 Model B foi o RS485 CAN HAT de 12MHz, a qual demandou a alteração dos valores da linha do arquivo config.txt (WAVESHARE, c2020). O acesso ao arquivo config.txt foi feito pelo terminal com o comando:

- `sudo vi/boot/config.txt`

A linha foi alterada, como exemplificado abaixo, utilizando o terminal de comando da Raspberry Pi OS:

- Versão 8M: `dtoverlay = mcp2515-can0`, `oscilador = 8000000`, `interrupção = 25`, `spimaxfrequency = 1000000`

Para:

- Versão 12M: `dtoverlay = mcp2515-can0`, `oscilador = 12000000`, `interrupção = 25`, `spimaxfrequency = 2000000`

O RS485 CAN HAT habilita a Raspberry Pi 3 Model B para comunicação por meio de funções RS485 e CAN; a função necessitada para este trabalho foi a CAN, que possui controlador MCP2515 e transceptor integrado SN65HVD230, que possibilitam a leitura de dados do barramento.

Para a correta leitura dos dados, deve ser implementada a especificação do CAN, que, nesse caso, é a versão estendida (2.0B); o controlador responsável para essa tarefa é o MCP2515 da Microchip Technology, presente no RS485 CAN HAT, o qual recebe, transmite e filtra dados derivados do barramento CAN por meio da interface SPI (MICROCHIP, c2005).

O transceptor CAN, presente na RS485 CAN HAT, é o SN65HVD230 da Texas Instruments (2011), destinado para uso e aplicações que utilizam a camada física CAN, de acordo com o padrão ISO11898, comunicações de alta frequência e confiabilidade, como o barramento CAN.

O desenvolvedor da placa RS485 CAN HAT disponibiliza um código de teste (demo code) para leitura dos dados em linguagem Python ou C; o código de demonstração foi testado para a aquisição dos dados do barramento da colhedora, juntamente com o software PolyCAN.

Como meio de trabalho para instalação de pacotes e bibliotecas necessárias para a aquisição de dados CAN, foi utilizado o terminal do sistema operacional Raspberry Pi OS. Primeiramente, foi necessária a instalação de duas bibliotecas Python, que foi a linguagem de programação adotada para trabalho. As bibliotecas foram instaladas com os comandos:

- `sudo apt-get install python-pip`
- `sudo apt-get install python-can`

Com as bibliotecas devidamente instaladas, foi habilitado o driver do sistema operacional do MCP2515, o qual foi responsável pela leitura dos dados. Com o código de

demonstração para leitura dos dados (script), a rotina utilizada para habilitar o driver foi a mesma para o uso com o PolyCAN; isso também se encontra na pasta (diretório) PolyCAN/scripts, a qual foi transferida previamente, de forma que o comando utilizado para habilitar foi:

- `sudo ./up.sh`

Para a tentativa de leitura dos dados do barramento CAN, o presente estudo utilizou dois caminhos, a saber, o código de demonstração fornecido pela RS485 CAN HAT e pelo PolyCAN. Os dois meios têm o mesmo objetivo, porém, diferenciam-se na interface e organização dos dados adquiridos.

4.2.3 Código de demonstração (demo code)

Com o código de demonstração, o passo subsequente foi localizar o diretório no qual se encontrava o código, a fim de acioná-lo no terminal; a rotina de comando utilizada foi:

- `/RS485_CAN_HAT_code/can/python ls`
- `README.txt; receive.py; send.py`

O diretório em que se encontra o arquivo Python para leitura dos dados é `/RS485_CAN_HAT_code`; assim, com o comando “ls”, foi feita a listagem dos arquivos presentes no diretório demonstrado na segunda linha de comando.

Após a listagem dos arquivos, foi acionado o arquivo “receive.py” para a coleta dos dados do barramento CAN, com o comando:

- `sudo python receive.py`

A leitura dos dados do barramento CAN foi iniciada com o comando e, para cessá-la, foi pressionada a tecla “enter”, assim, todos os dados lidos foram fornecidos na interface do terminal.

4.2.4 PolyCAN

Com o software PolyCAN, a rotina para aquisição dos dados é equivalente, contudo, o software possui melhor interface e ferramentas para análise dos dados.

Primeiramente, o software PolyCAN pode ser instalado diretamente pelo terminal de comando da Raspberry Pi OS; o comando utilizado para a instalação foi:

- `pip3 install git+https://github.com/TractorHacking/polycan`

Assim, devidamente instalado, o software PolyCAN exige que o driver do RS485 CAN HAT seja habilitado; logo, para praticidade de configuração e inicialização, os autores do software disponibilizaram a rotina que habilita o driver automaticamente com a sua execução. A rotina é a mesma utilizada para o código de demonstração já abordado. Dentro do diretório “scripts”, o comando executado foi:

- `sudo ./up.sh`

Assim que habilitado o driver da RS485 CAN HAT, pode-se executar o software PolyCAN para captura dos dados. A execução do software PolyCAN é realizada com o comando:

- `sudo PolyCAN`

Com a interface do software (Figura 18) aberta, a próxima etapa consistiu na captura de dados (capture log), nomeando o novo arquivo de captura; assim, iniciou o processo de aquisição de dados do barramento, o qual é finalizado pressionando a tecla “enter” do teclado.

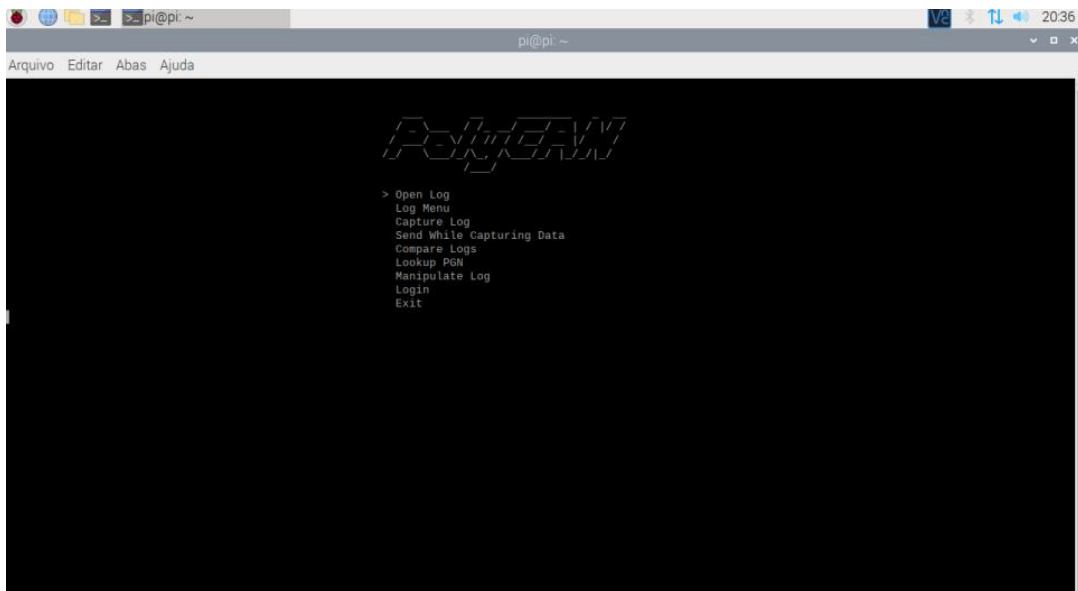


Figura 17 Interface PolyCAN.

Fonte: O autor (2021).

Autores do software PolyCAN confirmam o funcionamento do software com qualquer dispositivo CAN, composto pelo controlador MCP2515, por meio da interface SPI da Raspberry Pi (SWANSON *et al.*, 2018). Com o software PolyCAN instalado, bibliotecas python estabelecidas, especificações de leitura ajustadas e driver do RS485 CAN HAT habilitado, pode-se iniciar os testes de leitura de dados CAN.

Foi realizada a montagem de todos os dispositivos eletrônicos necessários para a leitura de dados CAN. Na Figura 19, observam-se os dispositivos eletrônicos montados para a captura de dados.

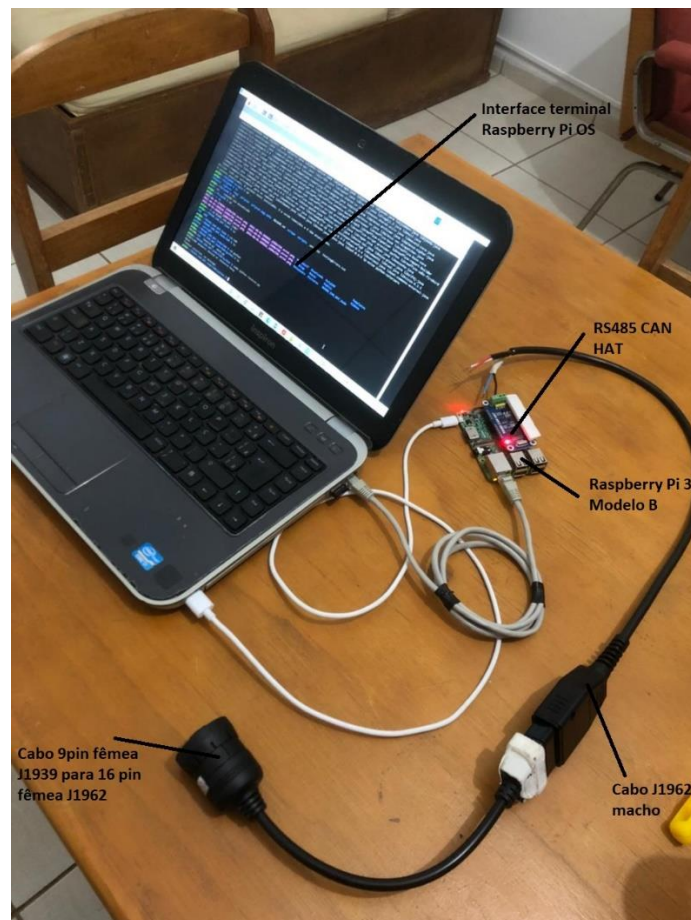


Figura 18 Dispositivos eletrônicos utilizados para coleta de dados interligados.
Fonte: O autor (2021).

4.3 Funcionalidades propostas para otimizar no dispositivo

A partir deste tópico, são apresentadas as definições das funcionalidades que o presente estudo propõe otimizar no dispositivo espalhador de resíduo antissujidade, desenvolvido por Mullerleily, Sampaio e Nicoló (2019), empregando conhecimentos da tecnologia embarcada a partir de dados do barramento CAN de colhedora de grãos.

As funcionalidades, consideradas pelo presente estudo, a serem melhoradas no dispositivo são: Controlar a quantidade de resíduo a ser distribuída para diferentes fluxos de

grãos, interromper distribuição de resíduo antissujidade em situações em que não há fluxo de grãos.

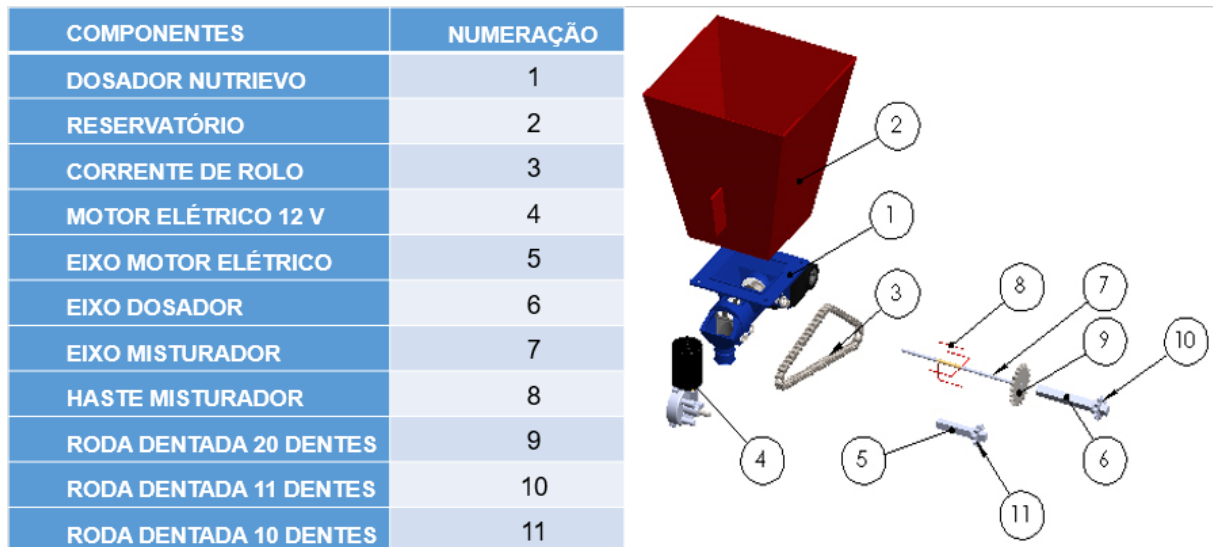


Figura 19 Dispositivo espalhador de resíduo antissujidade.
Fonte: O autor (2022).

O dispositivo desenvolvido por Mullerleily, Sampaio e Nicoló (2019) faz o controle de distribuição com o uso de um potenciômetro, que regula a velocidade de rotação da rosca sem fim que compõe o distribuidor, assim, não sendo possível o controle exato da distribuição de resíduo protetor na colheita de feijão devido à variabilidade de produtividade dos talhões.

Colhedoras apresentam sensor de fluxo no elevador de grãos da máquina, o qual é responsável por quantificar a massa de grão colhida e elevada até o armazenamento. Possibilitam o controle de aplicação de resíduos antissujidade; esse modelo de sensor juntamente com outros presentes na máquina, como sensor de velocidade, sensor de posicionamento, largura de plataforma e outros, fornecem a produtividade instantânea da máquina que é baseada em dados presentes no barramento CAN da colhedora.

Com a captura e decodificação dos dados provenientes do barramento CAN de colhedora de grãos, é possível fazer o controle do fluxo de distribuição de resíduo protetor a partir de dados da produtividade instantânea da máquina, a qual determinará a porção adequada de distribuição por ha.

O planejamento da logística de máquinas agrícolas é considerado em diversas técnicas da agricultura, pois influencia o custo de processos de cultivo agrícola. Colhedoras automotrizes possuem tecnologias para impedir o processo de colheita em situações em que não há alimentação da máquina, como “manobras de cabeceira” ou em situações em que o operador deixa o assento da cabine.

Alguns dados que são enviados para o barramento CAN determinam situações em que o maquinário está tendo alimentação ou não. Tal como os dados da velocidade de deslocamento da máquina, que também são transmitidos pelo barramento CAN, os quais podem comandar o acionamento do dispositivo espalhador de resíduo para que só opere quando a colhedora estiver sendo alimentada, outros dados serão testados para o comando dessa funcionalidade, como dados do sensor de fluxo de grãos, altura de plataforma, entre outros.

Como já presente em muitos maquinários e implementos utilizados na agricultura, o monitoramento da quantidade de produto ou capacidade de armazenamento é muito utilizado para que operadores de máquinas agrícolas fiscalizem reservatórios remotamente e não operem sem produto, ponto que também colabora para o levantamento de custo e fluxo de distribuição. O uso de dispositivos eletrônicos possibilita a inserção de sensor de nível para reservatórios de resíduos, para que haja controle de armazenamento. O reservatório do dispositivo espalhador de resíduo protetor possui 0,027 m³ que armazenam 15 kg de resíduo protetor; para o controle do nível de resíduo presente no reservatório, será implementado um sensor de nível destinado para raspberry pi, o qual identifica o nível de resíduo e informa o momento para reposição.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Definição do meio de acesso

Ambicionando a aquisição de dados do barramento CAN, os quais são provenientes de sensores, ECU's, GPS, entre outros dispositivos presentes em máquinas agrícolas, o propósito inicial do presente estudo foi estabelecer a metodologia a ser implementada como via de acesso aos dados. Com isso, realizaram-se buscas em opções de meios e técnicas de acesso usualmente utilizadas para diagnósticos e acesso de dados internos de maquinários agrícolas, as quais foram analisadas para eleger o meio de acesso a ser utilizado.

Logo, correlacionaram-se os principais meios de acesso a dados internos de máquinas agrícolas (tabela 1), sendo: via visão computacional, via telemetria com ELM327 e via porta serial J1939. As metodologias correlacionadas para análise detêm-se de especificidades significativas para o projeto, as quais foram priorizadas para a determinação do meio a ser utilizado para o acesso aos dados internos dos maquinários.

A tabela 1 apresenta os resultados analisados das metodologias selecionadas como opção de acesso aos dados presentes nos maquinários.

Tabela 1 Relação das principais metodologias selecionadas para análise como meio de acesso a dados CAN.

Metodologias	Vantagens	Desvantagens
Visão Computacional	Acesso ao dado final no monitor do maquinário; Acompanhamento das variações dos dados de interesse no monitor.	Monitores diferentes entre marcas e modelos de máquinas; Inconfiabilidade; Instalação de dispositivo permanente para filmagem do monitor;
ELM327	Dispositivo acessível economicamente; Possui protocolo de máquinas agrícolas em sua ficha de dados; Simples instalação.	Não se obteve acesso a um software gratuito de leitura de dados instantâneos; Necessária aquisição de aparelho android para acesso; Dependência de softwares de terceiros.
Porta Serial J1939	Fácil acesso; Porta serial padronizada em máquinas agrícolas, Confiabilidade dos dados.	Complexidades eletrônicas; Aquisição de peças específicas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado na busca pela metodologia foi a definição do meio de acesso pela porta serial J1939 (Figura 20), a qual entregou melhores condições acessíveis para o presente projeto, destacando-se na confiabilidade dos dados a serem coletados, padronização do meio de acesso aos dados e adaptabilidade em diferentes modelos e fabricantes de máquinas agrícolas.

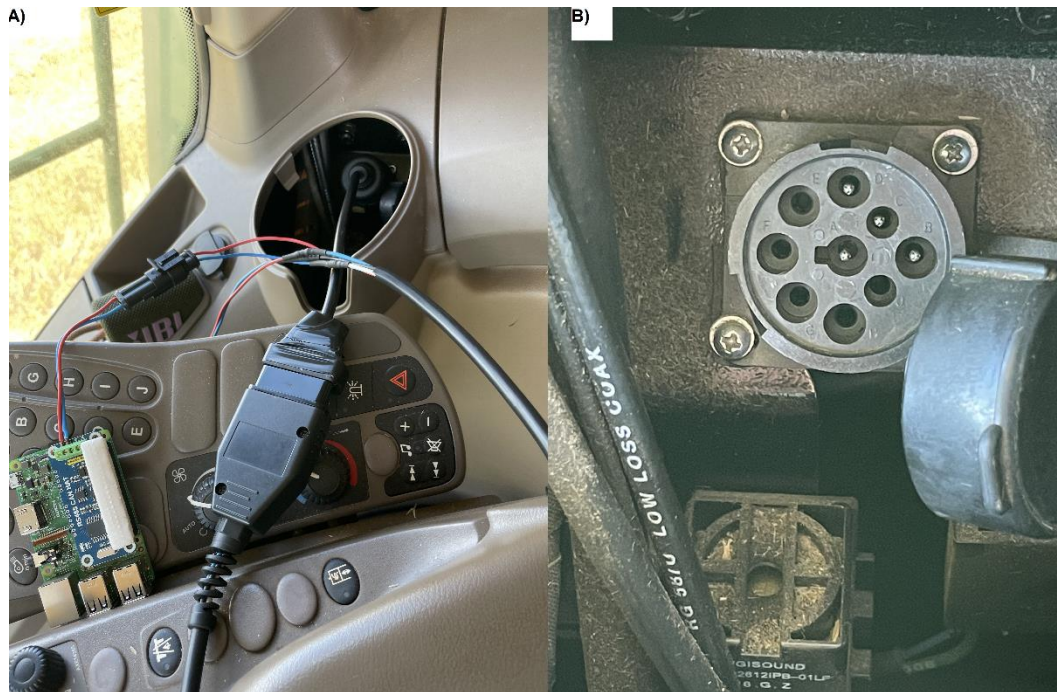


Figura 20 Porta CAN J1939 (b) em teste acoplada ao cabo J1939 fêmea (a).
Fonte: O Autor (2022).

Swanson *et al.* (2018), Kortenbruck, Griepentrog e Paraforos (2017) elaboraram projetos utilizando a porta serial J1939 como acesso a dados internos de máquinas agrícolas, em que obtiveram confiabilidade e êxito com a técnica de coleta de dados. Inamasu e Sousa (2004) realizaram a implementação de uma rede CAN testada em laboratório, composta por sensores e atuadores presentes na automação agrícola, a qual permite a conexão de dispositivos com interface RS232 com a porta de comunicação RS232C para monitorar o recebimento e envio de mensagens, possibilitando aplicações embarcadas na rede de dados. Mesmo utilizando um meio de acesso diferente do presente estudo, o trabalho entregou resultados satisfatórios no acesso aos dados do barramento.

Huang e Kesler (2021) notaram a subordinação de proprietários de máquinas agrícolas com os fabricantes para diagnosticar, monitorar e reparar seus maquinários em situações de troca de peças, atualizações, entre outros serviços. Assim, iniciaram um projeto visando à aquisição de dados das máquinas seguindo padrão SAE J1939, o qual teve como objetivo fornecer hardware e software para proprietário de máquina diagnosticar e reparar falhas sem a precisão de solicitar serviços do fabricante. Por meio de pesquisas e testes, projetaram um sistema embarcado para realizar as leituras dos dados, porém, não atingiram os objetivos esperados; os autores concluíram que alguns fabricantes não seguem o padrão SAE J1939 na porta serial de acesso, o que fortalece o pressuposto de que as fabricantes utilizam-se desse benefício para ter posse dos reparos em seus maquinários.

5.2 Hardwares

Com o resultado da metodologia adquirido para o sistema de coleta de dados do barramento CAN de máquinas agrícolas, assim, posteriormente, foram realizadas pesquisas e buscas em estudos que utilizaram o mesmo meio de acesso aos dados, para examinar e qualificar hardwares e adaptadores utilizados nesses projetos de eletrônica embarcada em máquinas agrícolas. A ciência da eletrônica embarcada é composta por diversos hardwares e adaptadores que se adaptam a variadas áreas e estudos, contudo, máquinas agrícolas são maquinários robustos que operam sob variáveis condições de trabalho, operando em locais com impurezas, vibrações, umidade, sem acesso à rede e entre outras particularidades do meio agrícola.

Posto isto, a fase de levantamento dos dispositivos foi de extrema importância para os resultados obtidos dos hardwares e adaptadores que foram selecionados no presente estudo. A Figura 21 apresenta a relação dos resultados das buscas por hardwares, cabos e adaptadores que melhor se adaptaram para implementação do projeto de coleta de dados de máquinas agrícolas, levando-se em consideração fatores econômicos, aquisição e disponibilidade no mercado.

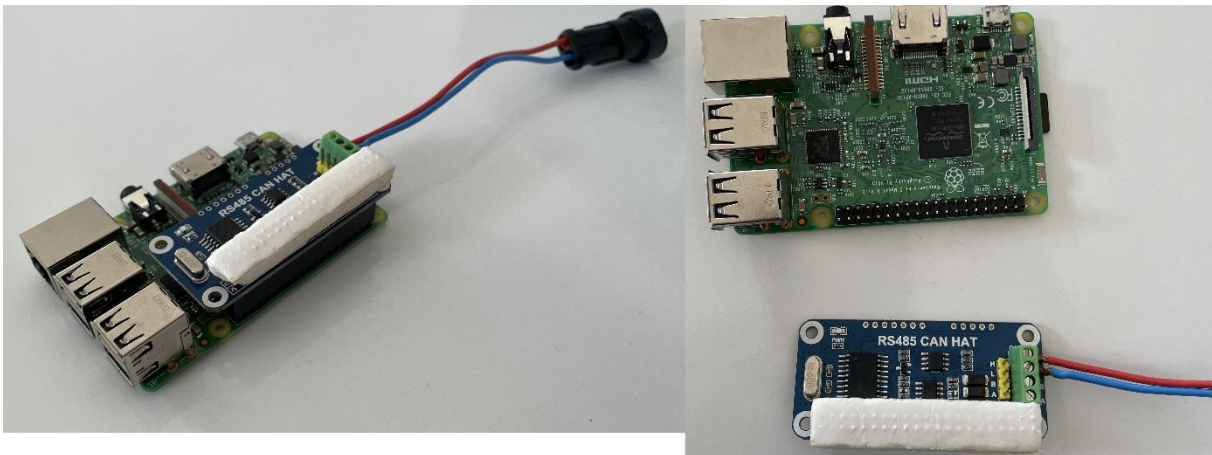


Figura 21 Raspberry Pi e RS485 CAN HAT.
Fonte: O autor (2022).

Os principais hardwares definidos para compor o sistema de coleta de dados são: Raspberry Pi 3 Model B e RS485 CAN HAT, os quais foram selecionados fundamentando-se em diversas pesquisas e estudos da área. Swanson *et al.* (2018) confirmam em seu projeto que o uso do hardware Raspberry Pi é aplicável a projeto de aquisição de dados de máquinas agrícolas. Como previsto, nessa fase do estudo, tivemos como resultado a definição de hardwares e dispositivos eletrônicos; os resultados condizem com equipamentos que são constantemente utilizados em projetos de automação agrícola.

Conceituados estudos utilizaram dispositivos similares, como os indicados para o presente projeto, com propósito da captura de dados de máquinas agrícolas. Steward *et al.*

(2019) desenvolveram um projeto que demandou acesso aos dados do barramento CAN de máquinas agrícolas para adquirir informações e realizar avaliações de diferentes práticas agrícolas; os dados foram coletados e decodificados por hardwares e softwares da Vector Canoe e Can Analyzer, respectivamente. Os autores empregaram hardwares e softwares diferentes dos utilizados no presente estudo, porém, o objetivo é análogo. Os autores afirmam que muitas necessidades da automação agrícola que utilizam dados internos das máquinas foram minimizadas com o uso da tecnologia CAN, sendo uma metodologia confiável que auxilia a tomada de decisão e potencializa o processo de mecanização nas propriedades rurais.

Com os resultados obtidos pela busca de hardwares e dispositivos necessários para a montagem do sistema de coleta de dados CAN, inicializaram-se buscas por adaptadores e cabos indispensáveis para a correta interligação de todos os componentes que compõem o atual projeto. Explorou-se por adaptadores e cabos específicos dos padrões que foram utilizados no projeto, para entregar melhor qualidade de interligações, confiabilidade de contato e acoplamento em todo cabeamento presente no sistema, protegendo o sistema de curtos-circuitos ou falhas por mal contato. Como o mercado externo tem o domínio da comercialização de produtos eletrônicos, muitos equipamentos não são acessíveis devido a motivos econômicos, obtenção e transporte. Todavia, teve-se como resultado a seleção de equipamentos de alta qualidade e acessíveis economicamente, os quais estão apresentados na Figura 22:



Figura 22 Equipamentos adquiridos e interligados para o sistema de coleta de dados.
Fonte: O Autor (2022).

Os resultados obtidos nas buscas por hardwares e dispositivos para compor o sistema de coleta de dados foram satisfatórios, mesmo com tantas adversidades devido a meios técnicos, local de funcionamento, comercialização, diversidade de produto, entre outros motivos que prejudicaram a construção do sistema. Ainda assim, após vários ajustes e modificações, foi possível adquirir equipamentos para compor um projeto de eletrônica embarcada confiável, robusto e acessível para essa aplicação.

5.3 Softwares

Com todos os resultados obtidos na fase de definição dos hardwares, seguidamente, foi imprescindível realizar novas pesquisas sobre a variedade e modelos de softwares para auxiliar o acesso, aquisição e decodificação de dados do barramento CAN de máquinas agrícolas, os quais foram inseridos nos principais hardwares presentes no projeto.

A Raspberry Pi consiste-se em um hardware dependente de meios para acesso à sua interface gráfica, para que seja possível realizar tarefas no dispositivo. Esse foi o problema inicial da fase de seleção de softwares, visto que a aquisição de monitor, teclado e mouse inviabilizaria o projeto por motivos econômicos, ambiente de operação e ergonomia. Posto isso, decidiu-se que o acesso ao Raspberry Pi seria via remota, a qual foi a escolha

viável para o momento do projeto, assim, demandaram-se buscas por um software que fornecesse o acesso remoto ao hardware.

Como resultado das buscas sobre softwares de acesso remoto, foram percebidos benefícios e facilidade na aquisição e implementação do software denominado VNC Viewer, o qual acessa o dispositivo via SSH (protocolo presente na Raspberry Pi), fornecendo o endereço de IP do dispositivo a ser acessado, assim, o software valorizou e viabilizou o projeto inibindo as adversidades mostradas anteriormente sobre o hardware. A Figura 23 ilustra o resultado de acesso passo a passo em relação à interface gráfica da Raspberry Pi via VNC Viewer. A Figura 23a possui a interface do VNC Viewer com o IP da Raspberry; figura 23b apresenta interface gráfica do sistema operacional do Raspberry Pi.

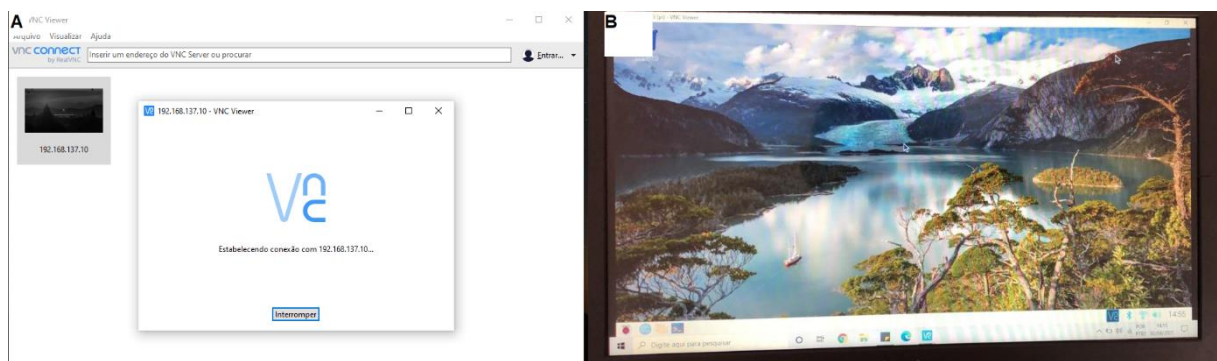


Figura 23 Acesso ao Raspberry Pi via VNC Viewer.
Fonte: O Autor (2022).

O acesso com o VNC Viewer ajudou o presente projeto devido ao fato de que possibilita o acesso remoto à Raspberry Pi, dependendo somente de o hardware estar alimentado a uma fonte de energia e conectado via cabeamento ethernet no computador utilizado. A via ethernet traz confiabilidade para a intercomunicação da Raspberry Pi com o computador de acesso, sendo um protocolo de conexão confiável e utilizado em diversas práticas. Em testes realizados no presente estudo, a conexão via VNC Viewer mostrou-se estável e segura, demonstrando acesso remoto contínuo sem falhas de comunicação nos momentos de programação e nas tentativas de testes de coleta de dados.

Com o acesso remoto à Raspberry Pi realizado, o desafio sucessor foi a escolha e definição do suporte lógico responsável por coletar, decodificar e expor dados provenientes do barramento CAN de máquinas agrícolas. A comercialização de produtos e equipamentos eletrônicos é dominada por empresas internacionais, o que prejudica a aquisição de programas, produtos eletrônicos e reduz as opções de compra para o projeto. Porém, devido a várias buscas na área, teve-se, como resultado, softwares que foram acessíveis gratuitamente para a implementação no projeto.

Swanson *et al.* (2018) desenvolveram um suporte lógico capaz de coletar, expor e analisar dados do barramento CAN de máquinas agrícolas com simples comandos, o qual

foi implementado e testado no presente estudo. Os autores aplicaram o software em um trator John Deere para a coleta e análise de dados internos, de maneira que obtiveram resultados confiáveis sobre informações físicas do maquinário. O sistema de coleta de dados do presente estudo usou, como uma das opções de coleta, o software PolyCAN, desenvolvido por Swanson *et al.* (2018), que garantiram o funcionamento do software com diversos hardwares eletrônicos, como a Raspberry Pi.

Obteve-se êxito na aquisição, instalação e nos ajustes que o software demandou na Raspberry Pi e no RS485 CAN HAT para que a comunicação entre o software e os hardwares fosse possível para a aplicação do projeto. Contudo, os resultados da coleta de dados com o sistema proposto foram frustrantes, pois não foi possível adquirir dados do maquinário fazendo uso do software PolyCAN. Na etapa de ativação de comandos necessários para pré-coleta de dados CAN, houve o primeiro contratempo (Figura 24), que interferiu diretamente na aquisição de dados do maquinário. A Figura 24 demonstra um dos possíveis motivos da frustração na coleta de dados CAN pelo sistema elaborado, em que não foi possível o acionamento do elemento (can0) no hardware utilizado.

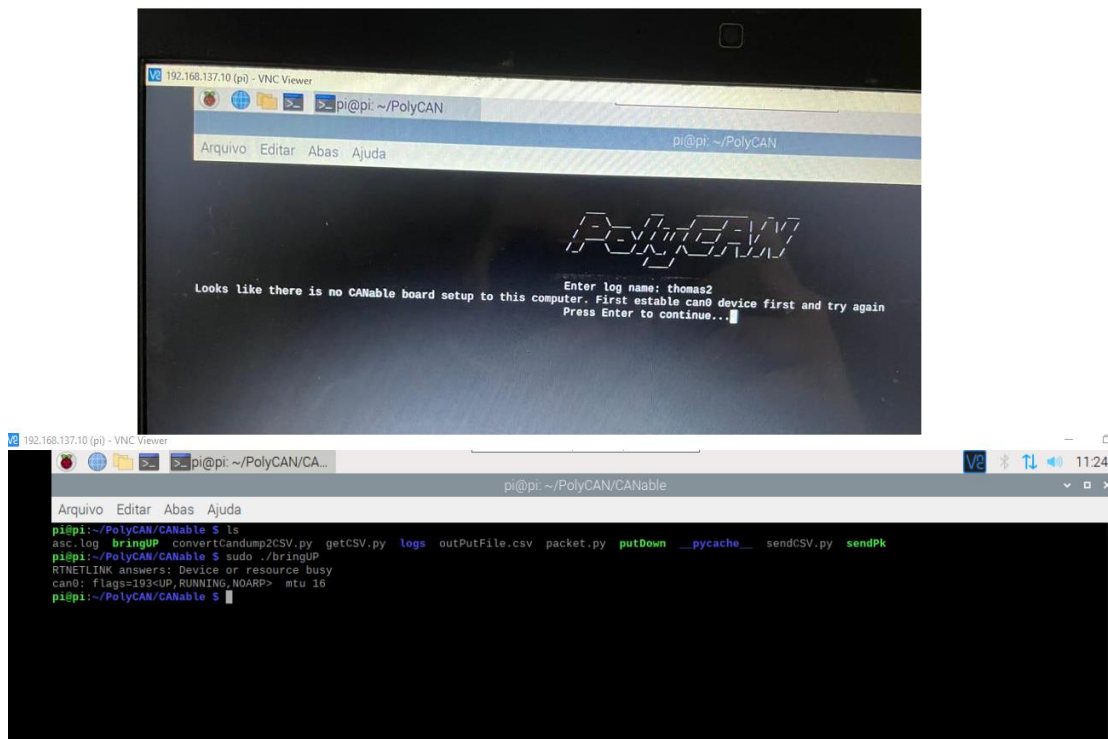


Figura 24 Tentativa de ativação do elemento CAN.
Fonte: O Autor (2022).

Após o problema com o software de aquisição de dados, foram realizados testes nos componentes do sistema de coleta de dados CAN proposto. Verificaram-se todos os hardwares, cabos e adaptadores utilizados para identificar falhas, como mal contato de ligação, componentes queimados ou acoplamentos errados; todo sistema foi revisado e estava correto. Realizaram-se análises e ajustes nos arquivos, bibliotecas e pacotes

demandados pelo software para se deparar com possíveis erros de programação ou pacotes desatualizados que estariam influenciando o funcionamento do software, porém, a insatisfação na aquisição dos dados manteve-se. Sendo assim, principiaram-se suposições de motivos externos que impossibilitaram a coleta de dados CAN.

Huang e Kesler (2021), em seu trabalho, concluíram que nem todos os fabricantes de máquinas agrícolas seguem a pinagem correta do padrão SAE J1939 da porta de diagnóstico dos maquinários, característica que também foi presenciada em tentativa de testes do presente estudo. Isso porque, por meio de um multímetro, verificou-se a diferença de tensão entre as pinagens da porta de diagnóstico das máquinas testadas, o que forneceu valores divergentes dos esperados do padrão SAE J1939. Outra hipótese do causador que impossibilitou a coleta dos dados é a monopolização de manutenções pelos fabricantes que tiram o direito de reparo em máquinas agrícolas por proprietários e terceiros, de maneira que bloqueiam o acesso ao software da fabricante. Koebler (2018) desenvolveu um documentário a partir do descobrimento de um grupo de agricultores que trocavam hacks em fóruns para conseguir reparar seu maquinário sem a necessidade de um técnico da fabricante. O autor constatou que certos produtores encontraram softwares que habilitaram a manutenção das máquinas, entretanto, outros agricultores impunham uma legislação para que as fabricantes fornecessem guias de manutenção e softwares de diagnóstico para possibilitar o reparo pelos proprietários.

Wiens (2015a) relatou, em sua pesquisa, sobre o tema de propriedade, em que expôs a posição de fabricantes de máquinas e implementos agrícolas em uma investigação da DMCA (lei de direitos autorais do milênio digital), na qual declarou que os proprietários recebem uma licença para operar o veículo em sua vida útil, o que certifica a intenção de monopolização das manutenções por parte das fabricantes, assim, qualquer ato de violação (hacks) nos softwares pode ser interpretado como quebra das leis de direitos autorais. Wiens (2015b) relata outra experiência frustrante com a reparação de um trator que apresentou problemas constantes no sensor hidráulico, o que fazia o maquinário ficar horas sem funcionamento à espera de um técnico da fabricante. O autor descreve que tentou conectar-se ao sistema do trator, mas não obteve sucesso devido a barreiras do software da fabricante.

Fundamentado em diversas pesquisas e estudos que abordam o assunto de acesso a máquinas agrícolas, a hipótese de que fabricantes asseguram cada vez mais a monopolização de reparos em seus maquinários é inequívoca, bloqueando o direito de acesso e reparo de proprietários e terceiros que visam resolver problemas de dispositivos embarcados em máquinas agrícolas fazendo uso de softwares. Agricultores lutam em diferentes países pelo direito de reparação de seus maquinários, para tornar-se independentes de técnicos das fabricantes, situação que reduz a compra de maquinários novos pelo fato de haver adversidades com a manutenção do equipamento (WIENS,

2015a). Há denúncias de softwares que acessaram sistemas de fabricantes de máquinas agrícolas, os quais são comercializados em fóruns on-line de acesso privativo. Koebler (2017b) atestou a veracidade de softwares ucranianos que acessavam e realizavam reparos em sistemas de máquinas agrícolas de determinada fabricante; o autor juntou-se à comunidade do fórum, de forma que se deparou com diversas publicações de produtores que anseiam reparar seus maquinários com a aquisição de um software “hack”, que permite realizar diversas correções de atributos das máquinas.

Apesar das adversidades enfrentadas na etapa de coleta de dados de máquinas agrícolas com o sistema proposto, o projeto coopera com conhecimentos sobre dados que percorrem o barramento CAN de máquinas agrícolas. Assim, encoraja futuras pesquisas a indagar as supostas razões da falha com a coleta de dados dos resultados do presente estudo e empenhar-se a testar diferentes metodologias de acesso, para, futuramente, cooperar com conhecimentos no desenvolvimento de equipamentos agrícolas, que foi o conceito introdutório do presente projeto.

6 CONCLUSÕES

A metodologia de acesso via porta CAN SAE J1939 segue um padrão em sua estrutura, de maneira que se mostrou confiável, acessível e incompleta para o acesso na porta de diagnóstico, porém, foi insuficiente para as aplicações deste projeto.

O sistema de coleta de dados apresentou, no início, dificuldade para a escolha dos hardwares acessíveis para o projeto. Ainda assim, o sistema composto de hardwares mostrou-se capaz de realizar captura dos dados, embora a aquisição e decodificação das informações físicas não tenha alcançado os objetivos principais do projeto.

O software PolyCAN demonstrou-se eficaz com o trabalho de dados CAN, contudo, devido a motivos abordados anteriormente, a aquisição dos dados pelo software PolyCAN foi ineficaz para ser implementada no presente projeto.

Determinadas hipóteses das causas da frustração na coleta de dados CAN de máquinas agrícolas foram analisadas. Previamente, deparou-se com a dificuldade de produtores rurais repararem seus próprios maquinários em consequência da monopolização da manutenção por parte das fabricantes, que bloqueiam o acesso a dados inerentes a máquinas e implementos agrícolas; com isso, o desenlace do sistema proposto é impedido de extrair dados para análise e implementações externas.

Complementando a primeira concepção, foi identificado com testes, na pinagem da porta de acesso (J1939), que algumas máquinas agrícolas não seguem a estrutura adequada estabelecida pelo padrão J1939, assim, dificultando a conexão correta aos terminais do barramento CAN (CAN_H/CAN_L).

Diante disso, é necessário futuro estudo para analisar detalhadamente a estrutura do barramento CAN com melhores bases laboratoriais e a, partir de conhecimentos deste trabalho, auxiliar futuras pesquisas na área.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da eletrônica embarcada na automação, computação e projetos agrícolas vem sendo feito frequentemente por empresas, pesquisas e estudos do ramo. Trata-se de uma ciência que se compõe de diversos dispositivos que cooperam, descomplicam e capacitam projetos agrícolas.

Hardwares são utilizados em diversos projetos e sistemas compostos em máquinas agrícolas, os quais são responsáveis por gerenciar dados, armazenar e decidir comandos. Raspberry Pi e RS485 CAN HAT são dispositivos trivialmente utilizados em trabalhos da área agrícola, particularmente para o acesso a informações de sistemas. São hardwares de extrema relevância para pesquisas que investigam sistema embarcados e o protocolo CAN. O presente projeto não concretizou a coleta dos dados das máquinas agrícolas, contudo, consolidou que o sistema elaborado é capaz de interligar-se estavelmente.

O interesse por estudos que aplicam a eletrônica embarcada no ramo agrícola está potencializando-se cotidianamente, fato que estimula universidades e serviços de aprendizagem a investir na melhoria de laboratórios de computação, buscar parceria com fabricantes/empresas do setor e implantar equipamentos que estimulem e auxiliam pesquisadores da área de engenharia agrícola. Nesse contexto, cita-se o caso análogo à construção de uma bancada com barramento CAN para análises e testes.

Entende-se a necessidade de aprimorar e aperfeiçoar a metodologia e equipamentos aplicados neste trabalho, realizar testes com maior exatidão em um sistema CAN apropriado para finalidades de pesquisas universitárias e adquirir dispositivos de leitura CAN comercializados e utilizados no exterior.

Por fim, constata-se a importância deste tipo de trabalho e a prioridade de haver mais estudos sobre o referido tema.

8 REFERÊNCIAS

ABNT. **Tratores e máquinas agrícolas e florestais: Rede serial para comunicação de dados e controle parte 12.** [S. l.], 12 mar. 2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=465400>. Acesso em: 29 jul. 2021.

AGRICONNECTED. 3 tipos de telemetria de máquinas agrícolas. **Agriconnected**, [s.l.], 7 ago. 2020. Disponível em: <https://www.agriconnected.com/blog/monitoramento/3-tipos-de-telemetria-de-maquinas-agricolas/>. Acesso em: 09 mar. 2022.

ANFAVEA. **Séries mensais, a partir de janeiro/1957 de máquinas agrícolas e rodoviárias por segmento de produção.** São Paulo, SP, 2020. Disponível em: <https://www.anfavea.com.br/estatisticas-copiar-3>. Acesso em: 25 mai. 2021.

BALASTREIRE, L. A. Colheita. *In*: BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas.** Piracicaba, SP, 2004. p. 269-275.

BALASTREIRE, L. A. Gerenciamento de operações agrícolas mecanizadas. *In*: BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas.** Piracicaba, SP, 2004. p. 30-31.

BARICELO, L. G. **A evolução diferenciada da indústria de máquinas agrícolas: um estudo sobre os casos norte-americano e brasileiro.** Orientador: Carlos Eduardo de Freitas Vian. 2015. 142p. Dissertação (Mestrado em ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

BASSOI, L. H. *et al.* Agricultura de precisão e agricultura digital. **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, São Paulo, n. 20, p. 17-36, jul./dez., 2019. Disponível em: https://www.pucsp.br/pos/tidd/teccogs/dossies/2019/edicao_20/teccogs20_dossie01.pdf. Acesso em: 03 mai. 2021.

BENNEWEIS, R. K. **Status of the ISO 11783 serial control and communications data network standard.** *In*: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2005, Tampa. Proceedings... Tampa: ASAE, 2005.

BERTANHA. **Colhe tudo WB 4500.** [s. l.], c2017. Disponível em: <https://www.bertanha.com.br/produto/plataformas-de-corte-colhe-tudo-wb-28>. Acesso em: 27 nov. 2022.

BUGATTI, I. G. *et al.* Automação e controle de pulverização em máquinas agrícolas. **Revista eletrônica eF@tec**, Garça, SP, v. 2, n. 4, p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://fatecgarca.edu.br/ojs/index.php/efatec/article/view/22>. Acesso em: 22 fev. 2021.

CEPEA. **PIB do agronegócio cresce 3,81% em 2019.** ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2020. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019(1).pdf). Acesso em: 18 jan. 2021.

CNA. **PIB do agronegócio cresceu 5,26% no 1º semestre de 2020,** 2020. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/boletins/sut.pib_jun_2020.set2020.pdf. Acesso em: 18 jan. 2021.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: 8º levantamento.** Brasil, v. 8, n. 8, 2021. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/E-book_BoletimZdeZSafraZ-Z8oZlevantamento.pdf. Acesso em: 15 mai. 2021.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: Safra 2020/21. Brasil, v. 8, n. 4, 2021. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/E-book_BoletimZdeZSafrasZ-24oZlevantamento.pdf. Acesso em: 18 jan. 2021.

CONAB. Mapa produção 2020/2021 8º levantamento. **Portal de informações agropecuárias**, Brasil, 07 mai. 2021. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>. Acesso em 18 mai. 2021.

CONAB. **Último levantamento da safra 20/21 confirma redução na produção de grãos**. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4234-ultimo-levantamento-da-safra-2020-21-confirma-reducao-na-producao-de-graos>. Acesso em: 29 jun. 2022.

CONAB. **Produção nacional de grãos é estimada em 269,3 milhões de toneladas na safra 21/22**. Brasil, 07 abr. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4579-producao-nacional-de-graos-e-estimada-em-269-3-milhoes-de-toneladas-na-safra-2021-22#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20levantamento,1%2C3%20milh%C3%A3o%20de%20hectares>. Acesso em: 29 jun. 2022.

CRUZ, D. Problemas da colheita mecanizada de cana: Saiba resolver. **Chbagro**, 09 mar. 2020. Disponível em: <https://blog.chbagro.com.br/problemas-da-colheita-mecanizada-de-cana-saiba-resolver>. Acesso em: 09 mar. 2022.

CSS Electronics. **CAN Bus Explained**: A simple intro. Denmark: [s. n.], 2021. Disponível em: CAN Bus Explained - A Simple Intro (2021) (csselectronics.com). Acesso em: 22 mai. 2021.

DERAL. **Feijão - Análise da Conjuntura Agropecuária**. SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, dezembro de 2018. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/feijao_2019_v1.pdf Acesso em: 14 mai. 2021.

EMBRAPA. O feijão na alimentação humana. **Embrapa**, [s.l.], p. 1-9, 05 jul. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123450/1/p15.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2022.

EMBRAPA. Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira. **Embrapa**, Brasília, DF. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>. Acesso em 28 abr. 2022.

EMBRAPA. **Redes embarcadas em máquinas e implementos agrícolas**: o protocolo CAN (Controller Area Network) e a ISO11783 (ISOBUS). 1. ed. São Carlos: [s. n.], 2007.

EMBRAPA. **NASA confirma dados da Embrapa sobre área plantada no Brasil**. Fórum global para alimentação e Agricultura (GFFA), Brasil, dez. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30972114/nasa-confirma-dados-da-embrapa-sobre-area-plantada-no-brasil#:~:text=A%20soma%20da%20%C3%A1rea%20cultivada,30%25%20do%20territ%C3%B3rio%20com%20agricultura>. Acesso em: 14 mai. 2021.

ETENE. Produção de grãos – Feijão, milho e soja. **Caderno setorial ETENE**, Brasil, ano 3, n. 51, nov. 2018, p. 1. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/365/3/2018_CDS_51.pdf. Acesso em: 18 mai. 2021.

FAO. [Production data]. [s. l.], 2020. Database. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 21 abr. 2021.

FAO. [Production data]. [s. l.], 2020. Database. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 27 nov. 2021.

FARONI, L. R. A. *et al.* Influência do conteúdo de umidade de colheita e temperatura de secagem na qualidade do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.**, Campina Grande, PB, v. 10, n. 10, p. 148-154, mar., 2006.

FERNANDES, G. Sistemas embarcados impulsionam a agricultura de precisão. **Embarcados**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 10, nov., 2017. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/sistemas-embarcados-agricultura-de-precisao/>. Acesso em: 09 mar. 2022.

FORBES. Perdas na safra 21/22 podem ficar acima de 20 milhões de toneladas de soja. **Forbes**. Brasil, 02 fev. 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/negocios/2022/02/perdas-na-safra-2021-22-podem-ficar-acima-de-20-mihoes-de-toneladas-de-soja/>. Acesso em: 29 jun. 2022.

SAFRAS & MERCADO. Quebra da safra de soja 2021/22 foi ainda mais expressiva. **Safras**. Porto Alegre, RS, 06 mai. 2022. Disponível em: <https://safras.com.br/quebra-da-safra-de-soja-2021-22-foi-ainda-mais-expressiva/#:~:text=O%20mais%20recente%20levantamento%20de,138%2C1%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas>. Acesso em: 29 jun. 2022.

GIGANEWS. The digital millennium copyright act (DMCA). **Giganews**. [s.l.], c2020. Disponível em: <https://giganews.com/legal/dmca/>. Acesso em: 09 mar. 2022.

GIMENEZ, L. M.; MILAN, M. Diagnóstico da mecanização em uma região produtora de grãos. **Jaboticabal: Eng. Agríc.**, SP, v. 27, n. 1, p. 210-219, abr., 2007.

GUIMARÃES, A. A. Protocolos de comunicação serial. *In: Análise da norma ISO11783 e sua utilização na implementação do barramento do implemento de um monitor de semeadora*. Orientador: Antônio Mauro Saraiva. 2003. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GUPTA, A. K.; ARORA, S. K. Automation. *In: GUPTA, A. K.; ARORA, S. K. Industrial automation and robotics*. 2. ed. Boston: University Science Press, 2011. p. 1-9.

HUANG, J; KESLER, K. **Tractor Hacking**. San Luis Obispo, 2021. Disponível em: <https://digitalcommons.calpoly.edu/eesp/535/>. Acesso em: 13 jul. 2022.

IBGE. **Tabela 6588**. Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA), Brasil, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#resultado>. Acesso em: 13/05/2021.

INAMASU, R. Y.; NETO, A. T.; SOUSA R. V. CAN (Controller Area Network): Um padrão internacional de comunicação de transdutores inteligentes para máquinas agrícolas. **Circular Técnica**, São Carlos, v. 12, n. 1, p. 1-5, out., 2001. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA/9049/1/CiT12_2001.pdf. Acesso em: 29 nov. 2022.

INAMASU, R. Y.; SOUSA, R. V. Projeto e implementação de um barramento CAN para suporte ao desenvolvimento de sistemas de automação para máquinas agrícolas. **Minerva**, [s. l.] v. 1, n. 1, p. 1-6, jul., 2004. Disponível em: [http://www.fipai.org.br/Minerva%2001\(01\)%2001.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva%2001(01)%2001.pdf). Acesso em: 26 jul. 2021.

ISO. **ISO 11783-1:2017**. 2. ed. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11783:-1:ed-2:v1:en>. Acesso em: 29 jul. 2021.

JACKSON, B. Como emitir uma notificação DMCA. **Kinsta**, [s.l.], 26 nov. 2019. Disponível em: <https://kinsta.com/pt/blog/notificacao-dmca-takedown/>. Acesso em: 30 mar. 2022.

JUNGER, M. **Introduction to J1939**. 1. ed. [s. l.]: Vector, 2010. Disponível em: https://www.vector.com/int/en/search/?tx_solr%5Bfilter%5D%5B0%5D=contentType%3Atx_s olr_file&tx_solr%5Bsort%5D=datetime+desc&tx_solr%5BresultsPerPage%5D=10. Acesso em: 28 jul. 2021.

JUNGES, R. Entenda a coleta de dados para a criação dos mapas de produtividade. **Auster tecnologia**. 29 mai. 2020. Disponível em: <https://www.austertecnologia.com/single-post/coleta-dados-mapas-productividade>. Acesso em: 09 mar. 2022.

KOEBLER, J. **Tractor haking**: Watch our documentary about farmers fighting for the right to repair. Nebraska, 15 feb. 2018a. Disponível em: <https://www.vice.com/en/article/pamkqn/watch-tractor-hacking-john-deere-right-to-repair-documentary>. Acesso em: 26 jun. 2022.

KOEBLER, J. **Why American farmers are hacking their tractors with Ukrainian firmware**. 21 mar. 2017b. Disponível em: <https://www.vice.com/en/article/xykkkd/why-american-farmers-are-hacking-their-tractors-with-ukrainian-firmware>. Acesso em: 27 jun. 2022.

KORTENBRUCK, D. GRIEPENTROG, H. W.; PARAFOROS, D. S. Machine operation profiles generated from ISO11783 communication data. **Computers and Electronics in Agriculture**, Germany, v. 140, n. 1, p. 227-236, jul., 2017. Disponível em: <https://doi-org.ez89.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.compag.2017.05.039>. Acesso em: 29 jul. 2021.

KVASER. **SAE J1939 Introduction**. [s. l.]: Kvaser, c2021. Disponível em: <https://www.kvaser.com/about-can/higher-layer-protocols/j1939-introduction/>. Acesso em: 28 jul. 2021.

LIMA, V. A.; SANTOS, I. C.; NETO, J. A. **A indústria de máquinas agrícolas no Brasil: uma análise evolucionária no período de 1986-2015**. In: XVII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica, 2017, Ciudad de México. Anais. Ciudad de México, 2017. p. 1-16. Disponível em: <http://pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2018/11/A-IND%C3%9ASTRIA-DE-M%C3%81QUINAS-AGR%C3%8DCOLAS-NO-BRASIL-UMA-AN%C3%81LISE-EVOLUCION%C3%81RIA-NO-PER%C3%8DODO-DE-1985-2015.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2021.

LIMA, W. M. F.; WANDER, A. E. MEDINA, G. S. Custo de produção e análise de eficiência econômica de feijões especiais em Goiás. **Economia Ensaios**. Uberlândia, ed. Especial cerrado brasileiro, 20 set. 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/ecoensaios,+1+Custo+de+produ%C3%A7%C3%A3o+e+an%C3%A1lise+de+efici%C3%AAnia+econ%C3%B4mica+de+feij%C3%B5es+especiais+em+Goi%C3%A1s.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2022.

LOPES, W. ISOBUS: Desenvolvimento de sistemas embarcados para área agrícola. In: The Developers Conference, 2015, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: [s. n.], jul. 2015. Disponível em: ISOBUS: Sistemas embarcados p/ área agrícola - Embarcados. Acesso em: 25 jul. 2021.

MALDANER, L. F.; CORRÊDO, L. P.; CANATA, T. F.; MOLIN, J. P. Prediction the sugarcane yield in real-time by harvester engine parameters and machine learning approaches. **Computers and Eletronics in Agriculture**, Piracicaba, SP, v. 181, p. 1-9, feb., 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105945>. Acesso em: 12 mai. 2021.

MALDANER, L. F.; WEI, M. C. F.; MOLIN, J. P. Boletim técnico 04: Mapas de produtividade. **Agricultura de precisão/LAP**, Piracicaba, SP, p. 1-5, jan. 2019. Disponível em: https://www.agriculturadeprecisao.org.br/wp-content/uploads/2019/08/BT_4.pdf. Acesso em: 21 mar. 2021.

MALISZEWSKI, E. Máquinas também estão na era 4.0: Especialista do setor avalia tecnologias e os desafios de conectividade no campo. **AGROLINK**, [Brasil], maio. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/maquinas-tambem-estao-na-era-4-0_434127.html#. Acesso em: 30 mar. 2021.

MEDINA, J. Conheça os 13 principais tipos de feijão cultivados no Brasil. **AGROPÓS**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://agropos.com.br/tipos-de-feijao/>. Acesso em: 17 abr. 2022.

MICROCHIP. **Stand-Alone CAN Controller With SPI Interface**. USA: [s. n.], c2005. Disponível em: <https://www.waveshare.com/w/upload/8/83/MCP2515.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MOLIN, J. P. Colhedoras. **Boletim de pesquisa de soja 2008**, Piracicaba, SP, 2008. p. 243. Disponível em: https://www.agriculturadeprecisao.org.br/wp-content/uploads/2020/01/mat-2008_01.pdf. Acesso em: 18 mai. 2021.

MOLIN, J. P. **Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão**. Piracicaba, SP, 2004.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

MULLERLEILY, D.; SAMPAIO, G. S.; DI NICOLÓ, J. P. R. **Desenvolvimento de um dispositivo distribuidor de resíduo protetor para a colheita de feijão**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Positivo, Curitiba, 2019.

MYERS, B. A.; BURNS, J. H.; RATELL, J. M. Embedded Eletronics in Electro-Mechanical Systems for Automotive Applications. **SAE Technical paper series**, Michigan, 5-8 march 2001. DOI: 10.4271/2001-01-0691.

ONU. População mundial deve ter mais 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos. **ONU News**, [s.l.], 17 jun. 2019. Desenvolvimento econômico. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/06/1676601>. Acesso em: 18 mai. 2021.

PEREIRA FILHO, W. J. *et al.* Perdas quantitativas na colheita mecanizada de feijão. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 1-8, abr., 2021.

PRASAD, B. V. P.; TANG, J.; LUO, S. Design and implementation of SAE J1939 vehicle diagnostics system. **IEE International Conference on Computation**, China, v. 1, p.71-74, nov., 2019. Disponível em: <https://doi-org.ez89.periodicos.capes.gov.br/10.1109/ICCCE48422.2019.9010769>. Acesso em: 26 jul. 2021.

RASPBERRY FOUNDATION. **Raspberry**. United Kingdom, c2021. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/>. Acesso em: 18 mai. 2021.

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. Fundamentos de Automação. *In*: ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2016. p. 1-20.

RONCON, N. **A importância do setor agrícola para a economia Brasileira**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em administração de empresas) – Instituto Municipal de Ensino Superior, Assis, SP. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0811260631.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2022.

SANTOS, L. A. C. **Pesquisa de Inovação na Agricultura - PINAGRO**: levantamento estatístico do perfil da inovação no setor agrícola. Orientador: Gabriela Fernanda Sanchez. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado em Economia Internacional; Políticas Públicas) – Centro de Ciências Sociais, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SANTOS, P. V. S.; ARAÚJO, M. A. A importância da inovação aplicada ao agronegócio: uma revisão. **Revista Latino-Americano de Inovação e Engenharia de Produção**, [s. l.], v. 5, n. 7, p. 1-17, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/download/55158/33886>. Acesso em: 29 jul. 2021.

SARAIVA, A. M. Eletrônica embarcada e ISOBUS. *In*: ConBAP – Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2006, São Pedro, SP. **Anais [...]**. São Paulo: Poli USP, 2006.

SCHUMPETER, J. A.; **Teoria do Desenvolvimento Econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. 1. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SEIDLER, E. P.; FILHO, L. F. F. A evolução da agricultura e o impacto gerado pelos processos de inovação: um estudo de caso no município de Coxilhas-RS. **Revista Economia e Desenvolvimento**, Santa Maria, v. 28, n.1, p. 388-409, nov., 2016.

SNA. Feijão: além de gostoso é funcional. **A Lavoura**, [s.l.], n. 705, 19 abr. 2016. Disponível em: <http://www.sna.agr.br/feijao-alem-de-gostoso-e-alimento-funcional/>. Acesso em: 29 abr. 2022.

STEWART, B. *et al.* **CAN bus technology for agricultural machine management research and undergraduate education**. 2019. Dissertation (Doctor of philosophy) – Iowa State University, Iowa, 2019.

SWANSON, M. *et al.* **PolyCAN**. California, 2018. Disponível em: <https://tractorhacking.github.io/>. Acesso em: 15 fev. 2021.

TEXAS INSTRUMENTS. 3.3-V CAN Transceivers. [s. l.]:[s. n.], 2011. Disponível em: <https://www.waveshare.com/w/upload/8/82/SN65HVD230.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

WANG, Q.; ZHOU, L. Research and Application of J1939 Protocol in Engine Parameter Monitoring System. *In*: Information Technology and Mechatronics Engineering Conference, 2020, China. **Proceedings [...]**. China: [s. n.], 2020. p. 1532-1535.

WAVESHARE. **RS485 CAN HAT**: Introduction. [s. l.], c2020. Disponível em: https://www.waveshare.com/wiki/RS485_CAN_HAT. Acesso em: 12 jul. 2021.

WAVESHARE. **RS485 CAN HAT**: User Manual. [s. l.]:[s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.waveshare.com/wiki/File:RS485-CAN-HAT-user-manuakl-en.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

WIENS, K. **We can't let John Deere destroy the very idea of ownership.** [s. l.], 21 apr. 2015a. Disponível em: <https://www.wired.com/2015/04/dmca-ownership-john-deere/>. Acesso em: 22 jun. 2022.

WIENS, K. **New high-tec farm equipamento is a nightmare for farmers.** [s.l.], 5 feb. 2015b. Disponível em: <https://www.wired.com/2015/02/new-high-tech-farm-equipment-nightmare-farmers/>. Acesso em: 23 jul. 2022.