

Instrumentação aplicada em máquinas agrícolas: revisão sistemática da literatura

Instrumentation applied in agricultural machines: systematic literature review

Instrumentación aplicada en máquinas agrícolas: revisión sistemática de la literatura

Recebido: 02/12/2021 | Revisado: 07/12/2021 | Aceito: 11/12/2021 | Publicado: 20/12/2021

Thiago Santana Aranha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3174-1330>
Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Brasil
E-mail: thiagosantana@unisalesiano.com.br

Mario Mollo Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8341-4190>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: mario.mollo@unesp.br

Mariana Matulovic da Silva Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6626-4621>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: mariana.matulovic@unesp.br

Flávio José de Oliveira Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7638-1984>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: flavio.morais@unesp.br

Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8211-3882>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: paulo.sb.santos@unesp.br

Resumo

Afim de analisar as publicações acerca da utilização da instrumentação na agricultura, o objetivo deste trabalho é apresentar um conjunto de trabalhos publicados entres os anos de 2017 e 2021 sobre o tema para que se possa realizar uma análise das tecnologias desenvolvidas neste período. Para isso foi realizada uma busca nas bases de dados IEEE, Science Direct e Scopus onde, a partir de String de busca para selecionar trabalhos considerando tema, ano de publicação, foram encontrados 1490 artigos publicados. Diante deste resultado foi utilizado o software Start para aplicar critérios de seleção para escolha dos artigos a ser utilizados na revisão. Depois de executadas todas as etapas de seleção dos trabalhos no software o resultado foram 33 artigos realização da Revisão Sistemática. Dos 33 artigos são apresentados os métodos de trabalho e o resultado obtido pelo autor e assim possibilitando uma análise das tecnologias pesquisadas ao logo do período de estudo.

Palavras-chave: Agricultura; Agricultura de precisão; Instrumentação agrícola; Máquinas agrícolas.

Abstract

In order to analyze the publications on the use of instrumentation in agriculture, the objective of this paper is to present a set of works published between 2017 and 2021 on the subject so that an analysis of the technologies developed during this period can be carried out. For this, a search was carried out in the IEEE, Science Direct and Scopus databases, where 1490 published articles were found using a search string to select papers considering theme, year of publication. In view of this result, the Start software was used to apply selection criteria to choose the articles to be used in the review. After performing all the steps of selection of works in the software, the result was 33 papers carrying out the Systematic Review. Of the 33 articles, the work methods and the result obtained by the author are presented, thus enabling an analysis of the technologies researched during the study period.

Keywords: Agriculture; Precision agriculture; Agricultural instrumentation; Agricultural machinery.

Resumen

Para analizar las publicaciones sobre el uso de la instrumentación en la agricultura, el objetivo de este trabajo es presentar un conjunto de trabajos publicados entre 2017 y 2021 sobre el tema para que se pueda realizar un análisis de las tecnologías desarrolladas durante este período. Para ello, se realizó una búsqueda en las bases de datos IEEE, Science Direct y Scopus, donde se encontraron 1490 artículos publicados utilizando una cadena de búsqueda para seleccionar artículos considerando tema, año de publicación. Ante este resultado, se utilizó el software Start para aplicar criterios de selección para elegir los artículos a utilizar en la revisión. Después de realizar todos los pasos de selección de trabajos en el software, el resultado fue 33 artículos realizando la Revisión Sistemática. De los 33 artículos, se presentan los

métodos de trabajo y el resultado obtenido por el autor, lo que permite un análisis de las tecnologías investigadas durante el período de estudio.

Palabras clave: Agricultura; Agricultura de precisión; Instrumentación agrícola; Máquinas agrícolas.

1. Introdução

O mundo passa pela crescente demanda de água, energia e alimentos, os dados de produção agrícola do Brasil determinam a grande relevância no cenário mundial como importante produtor de alimentos, contudo a produção agrícola em larga escala demanda alguns cuidados, principalmente com relação às questões ambientais, tendo em vista que o Brasil possui grandes áreas de vegetação a serem preservadas, sendo assim torna-se desafiador o aumento da produção sem que seja necessário aumentar as áreas plantadas, por este motivo, para que se tenha esse ganho de produtividade o desenvolvimento e utilização de tecnologias na produção agrícola tornou-se essencial.

Diante disso, tornou-se inevitável a automação de processos da produção agrícola, assim com a utilização das máquinas para ampliar a capacidade humana na realização de determinadas tarefas modificou a capacidade de realizar trabalhos e também a dimensão das lavouras. A utilização das máquinas possibilitou maior uniformidade e a busca constante por menos perdas e maior eficiência na produção, assim a qualidade e eficiência passou a ser perseguida pelos agricultores e desenvolvedores de equipamentos.

Evidentemente o processo de evolução tecnológico se deu por muitos anos de pesquisa e desenvolvimento, dessa forma justifica-se a realização de uma Revisão Sistemática da literatura afim de verificar os trabalhos realizados acerca do tema, este estudo faz uma análise dos trabalhos publicados dos anos de 2017 a 2021 nas bases de dados IEEE, Science Direct e Scopus para assim determinar como se deu esse processo de evolução nos últimos 5 anos e perspectivas futuras.

Um ponto importante a se tratar é com relação ao estudo e desenvolvimento de novas tecnologias, esses estudos promovem a maior acessibilidade às tecnologias antes empregadas apenas à produção em larga escala e também possibilita implantação até mesmo na agricultura familiar devido a redução do custo de implantação conforme avançam os estudos. A importância do desenvolvimento tecnológico na agricultura faz relação inclusive ao pacto global da ONU (Organização das Nações Unidas) e as ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável no Brasil). Esta relação pode ser enquadrada inclusive no objetivo 2 pois busca a promoção de agricultura sustentável e o objetivo 8 com foco em promover às comunidades agrícolas crescimento econômico inclusivo e sustentável (ONU, 2021).

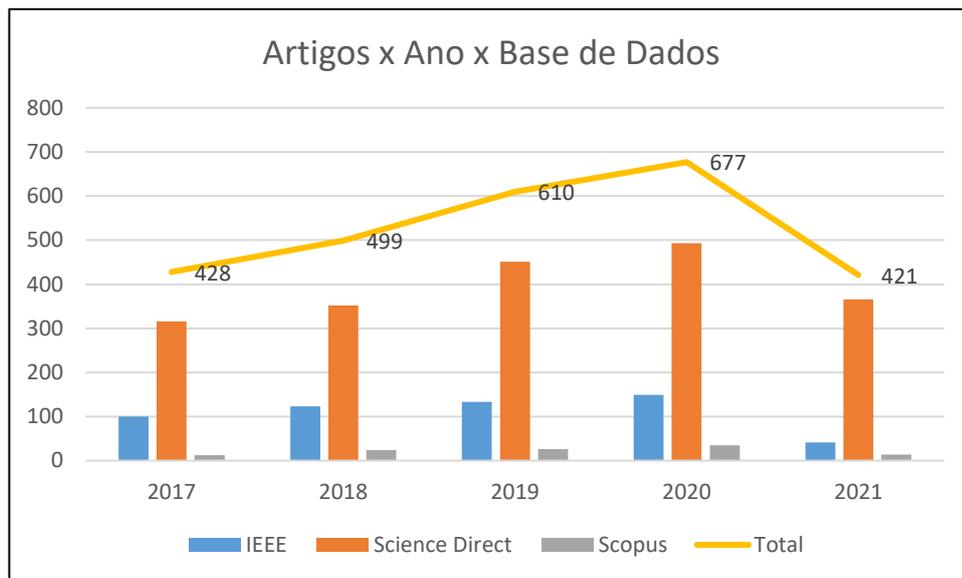
2. Metodologia

Diante da importância da instrumentação nos equipamentos utilizados nos processos mecanizados na agricultura, faz-se importante analisar trabalhos realizados acerca do tema para que se possa investigar tanto a contribuição para avanço tecnológico quanto as perspectivas futuras de desenvolvimento. Para este estudo torna-se importante a realização de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) acerca do tema para assim obter os resultados propostos.

Revisão Sistemática da Literatura é um método de estudo que aplica estratégias para, a partir de base de dados de arquivos relacionados ao tema, selecionar, analisar, avaliar e sintetizar os trabalhos para que se tenha um estudo consistente do tema e assim até mesmo definir direções para pesquisas futuras.

Para a realização desta RSL primeiramente realizou-se busca nas bases de dados IEEE Xplore, Science Direct e Scopus todos os trabalhos publicados a partir do ano de 2017 onde os resultados dessa busca está no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Trabalhos publicados nos últimos 5 anos nas bases de dados.



Fonte: Autores (2021).

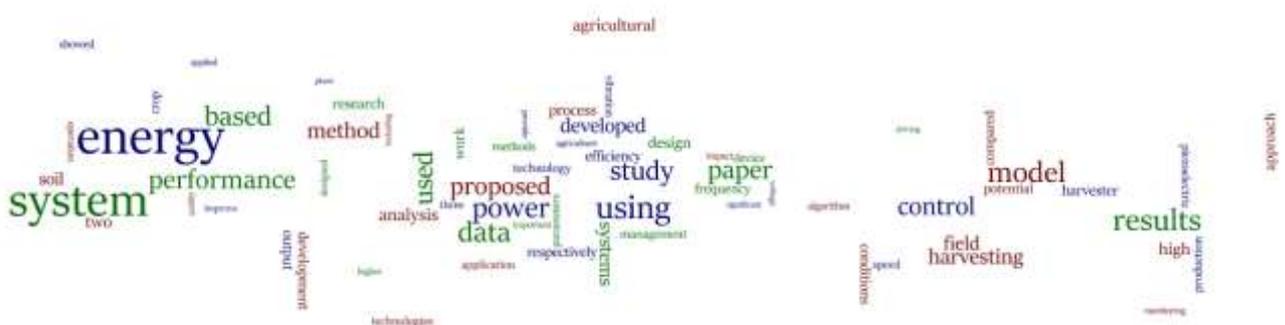
No Gráfico 1 além de mostrar a quantidade de trabalhos publicados, também é possível visualizar como a quantidade de trabalhos realizados se desenvolveu de forma crescente nos últimos anos.

A partir dos dados foi realizado os processos de análise dos trabalhos, este processo de análise desenvolveu em três etapas: entrada, processamento e saída. Para a concretização das etapas foi utilizado o software StArt (State of the Art through Systematic Review) que é um software gratuito, que foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software da UfScar. O software StArt divide o estudo em três fases: protocolo, execução e sumarização e após completadas todas as fases tem-se os arquivos selecionados para continuidade da RSL.

No protocolo são estabelecidos os critérios de seleção dos arquivos, nessa etapa são definidos os objetivos e os critérios de inclusão ou exclusão de arquivos para o estudo, é nessa etapa que são selecionadas as bases de dados para a pesquisa.

Dentre as palavras-chaves utilizadas para seleção dos trabalhos, a Figura 1 apresenta a nuvem de palavras ilustrando sua frequência nos trabalhos.

Figura 1 – Nuvem de palavras no Abstract.



Fonte: Autores (2021).

Na execução os dados dos arquivos das bases de dados são adicionados e a partir das informações inseridas no protocolo como palavras-chave, o software analisa e pontua os trabalhos permitindo uma classificação por pontuação e assim já estabelecendo os trabalhos de interesse, nessa fase o software também identifica trabalhos duplicados e assim possibilita definir

os trabalhos aceitos para realização da RSL.

A sumarização mostra os resultados em forma de gráficos os resultados obtidos nas etapas anteriores.

2.1 Entrada

Nesta fase inicial, foi definido qual o objetivo da pesquisa, os problemas a serem resolvidos, as bases de dados que seriam utilizadas, as strings de busca para encontrar artigos que realmente estivessem de acordo com o tema a ser pesquisado e os critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos. O Quadro 1 apresenta os parâmetros de entrada da RSL.

Quadro 1 - Parâmetros de entrada da RBS.

Objetivo
Apresentar a importância da instrumentação na agricultura e automação das máquinas agrícolas para melhor eficiência na produção em larga escala base em artigos acadêmicos sobre o tema nos anos entre 2017 e 2021.
Situação problema
A automação de processos causa impactos na produção agrícola?
Bases de Dados
IEEE, Scopus, Science Direct
String de busca
(automation OR instrumentation) AND (“agricultural machinery” OR “agricultural machine” OR harvester OR tractor OR planter OR “agricultural implement”)
Palavras-Chave
Agricultural, Agricultural Machinery, Agricultural Robotics, Agricultural automation, Agricultural robot, Agricultural robots, Agriculture, Automation, Control System, Machine, Mechanization, Robotics, Robots, Sensor, Sensors, Smart Agriculture, Tractor.
Critérios de inclusão dos artigos nas bases de dados
Inclusão (I) – Estudo de processos automatizados na agricultura Inclusão (I) – Trabalhos publicados a partir do ano de 2017 Inclusão (I) – Utilização de instrumentação eletrônica na produção Agrícola
Critérios de exclusão dos artigos nas bases de dados
Exclusão (E) – Outros processos de produção que não seja a produção agrícola Exclusão (E) – Artigos publicados a mais de 5 anos Exclusão (E) – Trabalho que não apresentar Resumo/Abstract

Fonte: Autores (2021).

Dessa forma, devido definição dos parâmetros de entrada para a execução da RBS, passou-se para a etapa de processamento, com busca nas bases de dados e análise das publicações.

2.2 Processamento

O software, a partir dos arquivos das bases de dados e os critérios de seleção dos trabalhos, foram selecionados os trabalhos para avaliação onde esse resultado é mostrado no Gráfico 1.

Na figura 2 é possível visualizar que dos 1490 artigos encontrados nas bases de dados, pelos critérios de seleção, 1424 trabalhos foram rejeitados, 4 trabalhos duplicados e 62 trabalhos selecionados para avaliação.

Figura 2 - Fluxograma do processo de seleção dos Artigos.



Fonte: Autores (2021).

Dos trabalhos selecionados para análise, após verificação dos resumos dos trabalhos, seguindo o critério que o resumo apresente estudo, desenvolvimento e resultado, depois de analisados todos os trabalhos, foram selecionados os trabalhos para realização da RSL conforme gráfico 3. Nota-se que dos 62 trabalhos selecionado para análise, 33 trabalhos foram aceitos para realização da RSL e 29 recusados devido resumo não conter dados suficientes para inclusão na pesquisa.

3. Resultados e Discussão

Após realizado o processamento dos dados, a partir dos critérios estabelecidos de inclusão e exclusão de trabalhos, foram selecionados 33 trabalhos para a realização da RBS. A figura 3 representa a nuvem de palavras relacionadas nas palavras-chave dos trabalhos selecionados.

Figura 3 - Nuvem de palavras-chave.



Fonte: Autores (2021).

Nota-se a frequente utilização da palavra Energy-harvesting evidenciando o esforço dos pesquisadores no desenvolvimento de tecnologias para melhor aproveitamento da energia nos processos da agricultura, nota-se também frequência nas palavras Precision-agriculture, Automation e Agricultural-machinery, dessa forma mostra-se importante o estudo de tecnologias na agricultura.

O Quadro 2 apresenta as informações dos trabalhos selecionados para a revisão onde é apresentado um relatório contendo os autores, ano de publicação, título e síntese do estudo dos autores, bem como método e resultados obtidos estudo por estudo para que se possa realizar análise acerca dos estudos realizados do tema.

Quadro 2 – Artigos Selecionados para revisão sistemática da literatura

Título	Ano	Autores	Objetivo	Metodologia	Resultados
Damage Evaluation Of Driving Events For Agricultural Tractors	2017	MATTETTI, M. et al	Desenvolvimento de uma metodologia de processamento de sinal para identificar automaticamente os eventos de alto dano para carcaças de eixo.	Um trator agrícola foi equipado com quatro Transdutores de Força de Roda (WFTs) e um registrador de dados baseado em CAN-Bus para adquirir as cargas da carcaça do eixo e os sinais de operação do motorista. Foram adquiridos sinais para três aplicações distintas como aração, subsolagem e transporte de implementos. Os eventos de carregamento foram identificados através da análise do Coeficiente de Correlação Time-Varying par a par (TVCC) entre os sinais de operação do driver e os sinais WFT. Um evento de direção foi classificado como um padrão de TVCCs e, para cada um, foi calculado o Pseudo-Dano Variável no Tempo (TVPD).	Usando esta metodologia, verificou-se que o evento mais prejudicial para as carcaças dos eixos ocorre durante a curva do cabo devido às acelerações de carga total e transferência de carga vertical entre os eixos dianteiro e traseiro. Por essas razões, as operações em campo eram mais prejudiciais do que o transporte off-road.
Performance Of Tractor And Tillage Implements In Clay Soil	2017	RANJBARIAN, S.; ASKARI, M.; JANNATKHAH, J.	Desenvolvimento de um sistema de instrumentação móvel montado em um trator MF 285 para medir os parâmetros de desempenho do trator e implementos acoplados. O sistema mede o ruído, o consumo de combustível, a velocidade real de avanço, a profundidade do preparo do solo e a velocidade do motor.	Os parâmetros, como patinagem das rodas, força da barra de tração e eficiência de tração seriam calculados pelo padrão ASABE. Foram examinados três implementos incluídos de arado de aiveca, arado de disco e escarificador em quatro velocidades de avanço (1,5, 2,3, 3 e 4km/h) em profundidade de 23 cm e rotação do motor de 1500 rpm	A análise de variância (ANOVA) dos dados resultantes revelou que o aumento da velocidade de avanço resulta em aumento do calado do implemento, derrapagem da roda, força da barra de tração e eficiência energética geral, mas resulta em diminuição da eficiência de tração. Além disso, o consumo de combustível diminuiu com o aumento da velocidade de 1,5km/h para 3km/h, mas aumentou com o aumento da velocidade de 3km/h para 4km/h. Observou-se também que a exigência de calado para implementos em testes variou de 8,2 kN para o arado de disco a 13 kN para o escarificador e o consumo de combustível variou de 10,72L/ha para o escarificador a 26,5L/ha para o arado.
Computational Deep Intelligence Vision Sensing For Nutrient Content Estimation In Agricultural Automation	2017	SULISTYO, S.B.; WU, D.; WOO, W.L.; DLAY, S.S.; GAO, B.	Apresentar uma nova abordagem de detecção de visão de inteligência computacional para estimar o conteúdo de nutrientes em folhas de trigo, analisando características de cor das imagens de folhas capturadas em campo com várias condições de iluminação.	Desenvolvimento de máquinas de aprendizado extremo esparso profundo (DSELM) e algoritmo genético (GA) para normalizar imagens de plantas, bem como para reduzir a variabilidade de cores devido a uma variação de intensidades de luz solar.	Os resultados mostraram a superioridade do método proposto em termos de qualidade e velocidade de processamento em todas as etapas, ou seja, normalização de cores, segmentação de imagens e previsão de nutrientes, em comparação com outros métodos existentes.
Embedded Digital Drive Wheel Torque Indicator For Agricultural 2WD Tractors	2017	KUMAR, A. A.; TEWARI, V.K.; NARE, B.; CHETAN, C.R.; SRIVASTAVA, P.; KUMAR, S. P.	Desenvolvimento de um sistema embarcado baseado em microcontrolador para medir e exibir o torque dinâmico do eixo da roda e a força da barra de tração de um trator agrícola para pesquisa de cultivo.	O dispositivo inclui um transdutor especial para medir o torque dinâmico da roda motriz do trator, um sistema digital sem fio embutido para receber os dados do processo e exibir digitalmente, bem como gravar no módulo de cartão SD próximo ao painel do trator	O sistema desenvolvido foi rigorosamente testado em laboratório e em condições reais de campo. Verificou-se que existe uma variação máxima de $\pm 320\text{Nm}$ de torque entre os valores teoricamente calculados e os experimentalmente observados em condições de campo.
Self-Powered, Autonomous Biological Oxygen Demand Biosensor	2017	PASTERNAK, G.; GREENMAN, J.; IEROPOULOS, I	Desenvolver um biossensor flutuante com alimentação própria para monitoramento online da qualidade da água.	A energia necessária para operar o biossensor é produzida pelo próprio sistema com o uso de microrganismos eletroativos, dentro de células a combustível microbianas. A Demanda Química de Oxigênio (COD) é utilizada como um método rápido de validação de biossensores. Quando a concentração de urina excedeu o limite inferior, correspondendo a uma	O menor tempo de atuação observado, necessário para ligar o alarme, foi de 61 minutos, quando a concentração de urina era de $149,7 \pm 1,7 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$. Essa abordagem permitiu correlacionar e detectar quantitativamente a presença de contaminação da água,

For Online Water Quality Monitoring				concentração de COD de $57,7 \pm 4,8$ mgO ₂ L ⁻¹ , o biossensor ligou o alarme.	com base na frequência do sinal. O sensor operou de forma autônoma por 5 meses.
Mixtures of Lightweight Deep Convolutional Neural Networks: Applied to Agricultural Robotics	2017	MCCOOL C.S.; PEREZ, T.; UPCROFT, B.	Proposta de uma nova abordagem para o treinamento de redes neurais convolucionais profundas (DCNNs)	Compensar complexidade e precisão para aprender modelos leves adequados para plataformas robóticas, como AgBot II (que executa o gerenciamento automatizado de ervas daninhas)	Aplicado à tarefa desafiadora de segmentação de ervas daninhas, a precisão melhorou de 85,9%, usando uma abordagem tradicional, para 93,9%, adaptando um DCNN pré-treinado complicado com parâmetros de 25M (Inception-v3).
Design And Experiment Of Remote Intelligent Spray Control System Based On Embedded Internet	2018	YALEI, W.; LIJUN, Q.; HAO, Z.	Proposta de uma tecnologia embarcada, que utilize os micro controladores STM32F101 e STM32F103 como núcleo e base, combinado com 4G Internet e algoritmo de detecção ultrassônica de alvos para pulverização.	O sistema usou Socket e tecnologia multi-thread para implementar comunicação bidirecional no ambiente de desenvolvimento Eclipse e Keil-uvision4. Com o protocolo de comunicação TCP como meio, o Android e o cliente transferiram o roteamento remoto pela Internet ou placa de rede sem fio para obter o controle remoto inteligente. O sistema pode realizar a aplicação precisa de pesticidas.	Por meio de testes, pode-se constatar que a detecção e o processamento das falhas na fuselagem possuem alta confiabilidade. Ao mesmo tempo, tem valor potencial de aplicação para a transformação dos modos de produção tradicionais e a promoção de máquinas agrícolas inteligentes.
Predictive Analysis Of Crops Cultivation For A Smart Green Environment Using Azure Services	2018	RAJKUMAR, S.; ARUN M.; HIRWANI, J.; SANJEEV, SS.	Coletar dados de sensores em tempo real de um ambiente verde e fazer previsões sobre o padrão de cultivo das safras com base nas condições climáticas por meio dos serviços MS Azure IFTTT. À © BEIESP.	Implementar um sistema prático que trata do monitoramento do campo de cultivo através de uma rede sem fio de sensores (luz, umidade, temperatura, umidade do solo, indicador de nível de água etc.) e automatiza o sistema de irrigação com base nas diversas restrições do campo.	Os agricultores podem monitorar as condições da fazenda por meio de um aplicativo web de qualquer lugar, a qualquer hora e receber notificações oportunas sobre as mudanças na fazenda. Isso torna a agricultura baseada em IoT altamente eficiente quando comparada com a abordagem de cultivo convencional
Adaptation Of Tilt Adjustment And Tracking Force Automation System On A Laser-Controlled Land Leveling Machine	2018	İRSEL, Gürkan M.; ALTINBALIK, Tahir.	Melhorar a eficiência operacional das máquinas de nivelamento a laser e projetar um sistema mais preciso, ergonômico, econômico e confiável.	Um sistema de automação de ajuste de inclinação da lâmina, sistema de automação de esteira e sistema de proteção de carga máxima.	Com seu novo design, a máquina pode nivelar terrenos mais difíceis por menos número de repetições e menos consumo de combustível com uma precisão de gradiente de 0,05 °. Após o projeto, a economia de tempo de 80% e a economia de combustível de 85% foram alcançadas para as superfícies com a mesma área e aproximadamente 10 litros de economia de combustível por acre foi realizada.
Road Bump Detection Using Lidar Sensor For Semi-Active Control Of Front Axle Suspension In An Agricultural Tractor	2018	LEE, Jung-Hwan; KIM, Hak-Jin; CHO, Bong-Jin; CHOI, Jin-Ha; KIM, Young-Joo.	Desenvolvimento de um método que detecta obstáculos na superfície da estrada usando um sensor LiDAR para prever uma mudança na condição do solo com antecedência	A rugosidade da superfície da estrada foi quantificada comparando a diferença do valor médio das distâncias entre cada um dos locais medidos com o sensor LiDAR na região de interesse. O uso do sensor LiDAR montado na frente do trator permitiu que tanto a condição de rugosidade da superfície da estrada quanto a presença de solavancos fossem detectados em uma faixa típica de velocidades de deslocamento de tratores ao usar valores limite adequados para distinguir entre um solavanco e outros objetos.	Os resultados dos testes de campo mostraram que a aceleração vertical da carroceria do veículo foi reduzida em 54%, ao passar pela lombada a 5 km/h e o deslocamento do eixo foi reduzido em 51% ao percorrer uma estrada regular a 5 km/h, em comparação com aquelas obtido com o trator sem o sistema de detecção de solavancos
Development Of Automation Technology For Manual Transmission Of A 50 HP Autonomous Tractor	2018	KIM, Yong-Joo; CHUNG, Sun-Ok; CHOI, C.H.	Desenvolver tecnologia de automação para transmissão manual de um trator autônomo de 50 HP	Atuadores elétricos foram desenvolvidos para a troca automática de marchas e controle de embreagem.	O resultado mostrou que a duração total máxima e o choque de deslocamento de todas as direções de deslocamento foram menores que 2,5 seg e 0,55 G. Os resultados mostraram que os atuadores desenvolvidos com algoritmo de controle de deslocamento podem ser úteis para a automação da transmissão manual de um trator agrícola de 50 HP.
Development Of A Prediction Model For Estimating Tractor Engine Torque Based On Soft Computing	2018	RAJABI-Vandechali, Majid; ABBASPOUR-Fard, Mohammad; ROHANI, Abbas.	Proposta de um modelo baseado em soft computing para estimar o torque do motor do trator ITM285 usando alguns sensores de baixo custo.	Foram utilizados dois modelos incluindo a rede neural de função de base radial (RBF) e o sistema de inferência neuro difuso adaptativo (ANFIS). Treze algoritmos de treinamento foram examinados para treinar o RBF. Esses algoritmos foram comparados usando três métodos estatísticos, ou seja, validação cruzada k-fold, design completamente aleatório (CRD) e	A análise de sensibilidade mostrou que apenas medir a velocidade do motor, fluxo de massa de combustível e temperatura dos gases de escape foi suficiente para a estimativa adequada do torque do motor.

And Low Cost Sensors				diferença mínima significativa (LSD). Além disso, três métodos, particionamento de grade (GP), subcluster (SC) e fuzzy c-means (FCM), foram usados para construir o sistema de inferência fuzzy (FIS).	
Tractor Path Tracking Control Based On Binocular Vision	2018	ZHANG, Shuo; WANG, Yunyi; ZHU, Zongshun; LI, Zhen; DU, Yuefeng; MAO, Enrong.	De acordo com a operação linear no processo de gerenciamento do campo de algodão, projetar um sistema de controle de rastreamento da trajetória do trator com base na visão binocular e no modelo de perseguição pura.	Primeiro, o software de computador superior foi desenvolvido por C++ com as funções de configuração de parâmetros e aquisição e processamento de imagem. Em segundo lugar, um controlador de direção automática foi desenvolvido com base no microprocessador MC9S12XS128 da Freescale. O programa de controle foi desenvolvido com base no design modular usando CodeWarrior durante o desenvolvimento da estratégia de controle de direção automática baseada em PID	Os resultados experimentais mostram que o método de detecção de linha de cultura com base na transformação do Censo pode identificar a linha de cultura e planejar bem o caminho de navegação e o sistema de controle de rastreamento do caminho do trator com base na visão binocular tem boa estabilidade e alta precisão de controle; assim, o sistema de controle pode realizar o controle automático de rastreamento do caminho da operação da linha de algodão.
Machine Learning For Automatic Rule Classification Of Agricultural Regulations: A Case Study In Spain	2018	ESPEJO, Garcia B.; MARTINEZ, Guanter J.; PÉREZ, Ruiz M.; LOPEZ, Pellicer F.J.; JAVIER, Zarazaga-Soria F.	Avaliar empiricamente o desempenho de quatro algoritmos de aprendizado de máquina populares na tarefa de classificar corretamente os regulamentos de pesticidas como proibições ou obrigações		Experimentos mostram que a combinação do algoritmo de aprendizado de máquina Logic regression, a técnica de linguagem natural de marcação de parte do discurso e a técnica de reamostragem Tomek links é a abordagem de melhor desempenho, com uma pontuação F1 de 68,8%, uma precisão de 84,46% e um recordação de 60%.
UAV Application For Precision Agriculture	2018	PERZ, Rafal; WRONOWSKI, Kacper.	Mostrar os potenciais de um sistema de veículos aéreos não tripulados (VANT) de baixo custo para a indústria agrícola.	O plano de pesquisa era integrar a plataforma e executar inúmeros voos experimentais sobre fazendas, campos e bosques coletando fotos aéreas. Todas as missões foram planejadas para servir às indústrias agrícolas e florestais locais e cooperar com as autoridades comerciais locais.	Obtenção de mapas de ortofoto de alta qualidade, mapas 3D, modelos digitais de superfície e mosaicos de imagens com índice de vegetação de diferença normalizado.
Development Of A Following Agricultural Machinery Automatic Navigation System	2019	Li, S.; XU, H.; JI, Y.; CAO, R; ZHANG, M.; LI, H.	Descrever um sistema que consiste em uma máquina mestre e uma máquina escrava. A mestre é piloto automático ou condução manual, e o escravo segue o mestre para realizar uma tarefa de navegação automática.	O sistema de navegação automática adota um método de controle de volante e consiste em uma unidade de posicionamento, dispositivo de controle de direção, unidade de comunicação sem fio e dispositivo terminal do veículo. A unidade de posicionamento é um receptor de sistema de GPS. O dispositivo de controle de direção inclui uma unidade de controle de rotação do volante e uma unidade de feedback de detecção de ângulo de rotação da roda dianteira. A unidade de comunicação sem fio adota um rádio de transmissão de dados para transferir as informações entre o mestre e os escravos	Os resultados experimentais mostraram que o desempenho do sistema é estável, e o escravo pode seguir o mestre de forma autônoma a uma velocidade do veículo de 0,8m / s. Além disso, o erro médio é de 6,76 cm, o que pode satisfazer os requisitos de operação.
Optimal Criteria For Durability Test Of Stepped Transmissions Of Agricultural Tractors	2019	MATTETTI, Michele; MARALDI, Mirko; SEDONI, Enrico; MOLARI, Giovanni.	Proposta de metodologia para analisar cargas nas transmissões de tratores com sensores embutidos e um cronograma de teste ideal.	Os parâmetros operacionais das transmissões de uma frota de 44 tratores foram monitorados ao longo de um ano de uso. A partir dos dados adquiridos, a amplitude e a frequência da carga em cada componente de transmissão foram calculadas e pseudo-danos sob diferentes modos de falha foram calculados	A análise mostrou que o cronograma de teste deve ser definido para maximizar o torque aplicado a cada componente. Além disso, nem todas as relações de transmissão precisam necessariamente ser testadas para testar todas as engrenagens da transmissão.
The Development Of Autonomous Navigation And Obstacle Avoidance For A Robotic Mower Using Machine Vision Technique	2019	INOUE, Kosuke; KAIZU, Yutaka; IGARASHI, Sho; IMOU, Kenji.	Desenvolvimento de um sistema de direção autônomo, capaz de evitar obstáculos e dirigir sem o auxílio de um sinal GNSS	O sistema usa um sistema de detecção de objetos que é baseado em uma câmera estéreo e técnica de aprendizado profundo, ou seja, redes neurais convolucionais, pois podem ser usadas para reconhecer um ambiente e evitar obstáculos.	A capacidade de direção autônoma do veículo foi avaliada usando um Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) cinemático em tempo real para medir os valores verdadeiros por meio de experimentos que foram conduzidos na Floresta Tanashi da Universidade de Tóquio.
Unmanned Aerial Vehicles In	2019	KIM, J.; KIM, S.; JU, C.; SON, H. I.	Desenvolvimento de estudo que considera as últimas tendências e	Discussão do uso de UAVs em ambientes agrícolas reais.	Apresentação do desenvolvimento futuro dos UAVs agrícolas e seus desafios.

Agriculture: A Review Of Perspective Of Platform, Control, And Application			aplicações de tecnologias líderes relacionadas a UAVs agrícolas, tecnologias de controle, equipamentos e desenvolvimento.		
Hardware-In-The-Loop Test Automation Of Embedded Systems For Agricultural Tractors	2019	RAIKWAR, Satyam; WANI, L. Jiyabhau; KUMAR, S. Arun; RAO, M. Sreenivasulu.	Discutir em detalhes sobre a facilidade de automação de testes de Hardware-in-the-Loop (HIL) usando o hardware da National Instruments e o software NI VeriStand™ como plataforma de teste.	Esta instalação de teste realiza a execução de teste automático e verificação de funcionalidade em nível de hardware. Um modelo de planta foi importado e executado no simulador HIL junto com o software de controle no sistema embarcado para verificação da funcionalidade do sistema em tempo real.	Adaptando esta metodologia, um tempo considerável foi reduzido em relação ao teste manual. Esta automação de teste ajuda muito na redução do tempo de execução do caso de teste, reexecutando o teste durante a correção de erros do sistema (correção de bug) e para o teste rápido de protótipo.
Application Of A 3D Tractor-Driving Simulator For Slip Estimation-Based Path-Tracking Control Of Auto-Guided Tillage Operation	2019	HAN, Xiongzhe; KIM, Hak-Jin; JEON, Chan Woo; MOON, Hee Chang; KIM, Jung Hun; YI, Sang Yup.	Estudo de simulação, conduzido usando um simulador de computador 3D, que considera o movimento escorregadio de um trator virtual no solo com propriedades de aderência variáveis.	A plataforma de teste foi construída com um trator de 60 kW equipado com um sistema RTK-GPS (sistema de posicionamento cinemático-global em tempo real) e IMU (unidade de medida inercial), um controlador de navegação que poderia estimar as derrapagens do trator em real. Tempo, e um dinamômetro de engate de três pontos que pode medir as correntes de ar.	Os resultados da simulação de computador confirmaram que o algoritmo de rastreamento de caminho baseado na estimativa de deslizamento foi superior em guiar o trator ao longo de caminhos curvos no solo com coeficientes de rigidez em curva relativamente baixos. O trator de lavoura autônomo equipado com o algoritmo de observador de deslizamento demonstrou desempenho aprimorado em comparação com o sistema desenvolvido anteriormente, reduzindo o RMSE (erro quadrático médio) para desvio lateral em caminhos curvos de 29 cm a 15 cm.
Automatic Tractor Slip-Draft Embedded Control System	2019	GUPTA, Chanchal; TEWARI, V.K.; KUMAR, A. Ashok; SHRIVASTAVA, Prateek.	Projeto, desenvolvimento e teste de um sistema integrado baseado em microcontrolador para controle automático de tração para um trator 2WD.	O sistema mede e controla de forma síncrona a patinagem da roda e o calado do implemento mais próximo das faixas definidas em condições de campo variáveis. As velocidades reais e teóricas foram adquiridas digitalmente por meio da combinação controlador-efeito Hall empregada nas rodas dianteiras e traseiras para o acesso digital da patinagem das rodas.	Observou-se uma variação de escorregamento máximo de 2% entre os valores calculados e indicados no sistema desenvolvido. O novo sistema inteligente de controle de tração deslizante também melhorou o desempenho de tração em 9,17% e 6,05% durante a aração e gradagem, respectivamente, quando analisado em comparação com um sistema de controle de tração existente.
A Collaborative Control Protocol For Agricultural Robot Routing With Online Adaptation	2019	DUSADEERUNGI KUL, Puwadol Oak; NOF, Shimon Y.	Utilizar a Teoria do Controle Colaborativo para construir um novo sistema, ARS (sistema robótico agrícola) que sincroniza humanos, um robô móvel e um conjunto variável de sensores para realizar de forma eficaz as tarefas de monitoramento e detecção.	Ao usar a estufa como uma estrutura de estudo de caso, o protocolo direciona um robô para visitar os locais amostrados usando um algoritmo genético. Além disso, o algoritmo de busca pode ser guiado pelas características preditivas do estresse das culturas, que pode se espalhar para outras plantas de acordo com a luz do sol, a direção do fluxo de ar e outras condições conhecidas.	Os resultados indicam com significância estatística que (1) o algoritmo de roteamento aumenta o número de detecções bem-sucedidas de plantas estressadas existentes em 45,77% em comparação com o monitoramento sem este algoritmo de roteamento. (2) O algoritmo de busca adaptativa melhora o número de detecções bem-sucedidas de plantas estressadas em 71,88% em comparação com um sistema sem o algoritmo de busca adaptativa.
A Practical Effort To Equip Tractor-Implement With Fuzzy Depth And Draft Control System	2019	SHAF AEI, S.M.; LOGHAVI, M.; KAMGAR, S.	Pesquisa aplicada estabelecida em resposta à solicitação do agricultor para melhorar o desempenho do implemento trator em operações de cultivo, diminuir as variações na profundidade de aração, bem como aumentar a eficiência de tração de um trator de potência moderada em operações de preparo do solo com implementos montados.	O sistema de controle fuzzy consistia em uma unidade de detecção elétrica, controle e atuador eletro-hidráulico. Um conjunto de comandos incluindo quatro regras difusas foi programado para a unidade de controle. Para determinar os méritos do sistema de controle difuso, os experimentos de campo foram realizados em três níveis de profundidade de aração (10, 20 e 30 cm), velocidade de avanço (2,4 e 6 km/h) e tipos de implementos (arado de aiveca, disco e escarificador) utilizando sistema montado em trator (MF-399).	A aplicação do sistema de controle difuso em vez do sistema de controle de tração disponível do trator resultou em incremento da eficiência de tração e eficiência energética geral em até 20 e 73%, respectivamente. Enquanto isso, o erro de profundidade de aragem, a patinagem da roda motriz e o consumo de combustível diminuíram para 53, 34 e 34%, respectivamente.
Benchmark Of An Intelligent Fuzzy Calculator For Admissible Estimation Of	2020	SHAF AEI, S.M.; LOGHAVI, M.; KAMGAR, S.	Proposta de uma calculadora para estimar a tração da barra de tração fornecida por um trator mecânico de tração dianteira.	Com base na variável de entrada nominal do modo de condução do trator em tração nas duas rodas (2WD) e tração nas quatro rodas (4WD), e variáveis de entrada numérica do peso do trator (53,04–78,45 kN) e patinagem das rodas motrizes (1,4–15,1%) utilizando sistemas fuzzy inteligentes.	Os dados obtidos na calculadora revelaram uma tendência não linear crescente da tração da barra de tração na faixa de 12,9–57,5 kN como aumento simultâneo do deslizamento das rodas e do peso do trator, para o modo 2WD. No caso do modo 4WD, aumentou de forma não linear de 12,8 para 77,7 kN. Além disso, as faixas de

Drawbar Pull Supplied By Mechanical Front Wheel Drive Tractor					tração da barra de tração elucidaram que a tração da barra de tração proliferou quando o modo 4WD foi empregado em vez do modo 2WD.
Design Of A Control System For A Mini-Automatic Transplanting Machine Of Plug Seedling	2020	YANG, Qizhi; HUANG, Guanlong; SHI, Xinyi; HE, Mingsheng; AHMAD, Ibrar; ZHAO, Xiaoqi; ADDY, M.	Projeto de uma máquina para plantio automático de mudas.	Por meio de uma máquina composta por um conjunto de sensores, motores elétricos para o posicionamento, um pistão pneumático e um CPL para controle, o sistema é capaz de realizar o plantio e a extração das mudas nas bandejas de produção de mudas.	O sistema foi testado para as velocidades de plantio de 40, 50 e 60 mudas / min tendo alcançado sucesso de 98,6%, 97,2% e 96,5%, respectivamente.
Tractor Assistant Driving Control Method Based On EEG Combined With RNN-TL Deep Learning Algorithm	2020	LU, W.; WEI, Y.; YUAN, J.; DENG, Y.; SONG, A.	Método de controle de direção do assistente de trator baseado na interface homem-máquina utilizando o sinal eletroencefalográfico (EEG) para reduzir operações manuais.	Os sinais de EEG dos motoristas de trator foram coletados por uma interface cérebro-computador de baixo custo (BCI), seguido por denoising usando um pacote wavelet. Em seguida, as características espectrais dos sinais de EEG foram calculadas e extraídas como entrada da Rede Neural Recorrente (RNN). Além disso, 8 eletrodos foram selecionados pelo algoritmo PCA para o projeto de um controlador de EEG portátil.	Operações de direção reta, freio, curva à esquerda e curva à direita, cuja precisão de controle foi de 94,5% e o custo de tempo foi de 0,61 ms. Para resolver o conjunto de dados de direção incompletos no mundo real porque algumas maneiras de dirigir podem causar perigo ou até morte, o algoritmo RNN-TL foi empregado criando os dados de direção completos no ambiente virtual seguido pela transferência da experiência de controle de direção para o mundo real com pequeno conjunto de dados reais de condução em campo, cuja precisão de controle foi de 93,5% e o consumo de tempo foi de 0,48 ms.
Evaluation Of Soil EC Mapping Driven By Manual And Autopilot-Automated Steering Systems Of Tractor On Oil Palm Plantation Terrain	2020	AZMI, M.A.; MOHAMMAD, R.; PEBRIAN, D.E.	Avaliar a precisão das operações de trator com implemento de sensor de solo usando sistemas de direção manuais e automáticos por piloto automático em terrenos de plantação de dendê na Malásia.	Um trator New Holland TD5.75 com motor de 75 hp equipado com um sistema de direção automatizado de piloto automático Trimble puxando um sensor de condutividade elétrica do solo (EC) Veris 3100 foi testado neste estudo.	Os resultados mostraram que cada sistema de direção gerou um padrão um pouco diferente de variabilidade espacial em mapas CE de solo interpolados. Além disso, o sistema de direção automatizado por piloto automático ofereceu melhores desempenhos, economizando o gasto de energia do operador e melhorando a capacidade de operação em campo.
Outlining The Mission Profile Of Agricultural Tractors Through CAN-BUS Data Analytics	2021	MATTETTI, M.; MARALDI, M.; LENZINI, N.; FIORATI, S.; SERENI, E.; MOLARI, G.	Apresentar um novo esquema de classificação de dados CAN-BUS de protocolo ISO 11.783 que permite delinear a utilização do trator	Em um trator, um registrador de dados CAN-BUS foi instalado e um receptor GNSS, e os dados foram registrados por 579 horas de operação determinando condições reais de trabalho.	O método demonstrou ser capaz de detectar 97% dos dados registrados e que o trator operou no campo em regime de trabalho, ociosidade e deslocamento em 65%, 18% e 16% do tempo, respectivamente.
Farmers' Perspectives On Field Crop Robots Evidence From Bavaria, Germany	2021	SPYKMAN, O.; GABRIEL, A.; PTACEK, M.; GANDORFER, M.	Investigação exploratória dos fatores que influenciam a preferência por robôs de lavouras grandes ou pequenas em geral e em ambientes específicos e pelo modo de operação com base em uma amostra de 174 agricultores.	Os dados foram coletados por meio de questionários em dois eventos, incluindo palestras e demonstrações de campo, e analisados por meio de testes bivariados. O tamanho da fazenda, o sistema de cultivo (orgânico / convencional) e a estrutura ocupacional (meio período / período integral) foram atributos relevantes que influenciam a avaliação das vantagens e desvantagens dos robôs de cultivo no campo	Os entrevistados de fazendas maiores se concentram mais nos benefícios financeiros dos robôs e preferem grandes tratores autônomos. Por outro lado, os agricultores de pequena escala ou orgânicos consideram os benefícios ambientais dos robôs de cultivo relativamente mais importantes e favorecem os robôs pequenos. A agricultura orgânica também se correlaciona positivamente com a intenção de comprar robôs de cultivo agrícola nos próximos cinco anos. Mais agricultores geralmente podem imaginar possuir pequenos robôs em vez de um trator autônomo em dez anos.
Fuzzy Logic Based Automatic Slip Control System For	2021	SOYLU, Serhat; ÇARMAN, Kazım.	Desenvolver um sistema de controle automático de deslizamento baseado em fuzzy para tratores agrícolas.	O sistema desenvolvido mede continuamente a quantidade de deslizamento que ocorre durante as atividades de preparo do solo e altera automaticamente a profundidade de operação do equipamento de preparo de acordo com o aumento do valor do deslizamento. A	Como resultado dos ensaios, em comparação com o controle do operador, foi determinado que nas atividades de preparo realizadas com FCS, houve diminuições de 42% nos valores de escorregamento, diminuições de 30% nos valores de força de tração,

Agricultural Tractors				quantidade de deslizamento que ocorre nas rodas motrizes foi aplicada como uma entrada separada para o sistema de controle difuso projetado (FCS) e na base de regra difusa, foi decidido quanto a profundidade do cultivo seria reduzida.	diminuições de 44% nos valores de consumo de combustível e aumentos de 5% nos valores de desempenho do trabalho de campo. Observou-se também que ocorreram alterações de 10% na profundidade do preparo do solo.
Adaptation Of Tilt Adjustment And Tracking Force Automation System On A Laser-Controlled Land Leveling Machine	2021	İRSEL, Gürkan M.; ALTINBALIK, Tahir.	Analisar trabalhos de mecanização e automação realizados para melhorar a eficiência operacional das máquinas de nivelamento a laser e projetar um sistema mais preciso, ergonômico, econômico e confiável.	Este novo design consiste em um sistema de automação de ajuste de inclinação da lâmina, sistema de automação de esteira e sistema de proteção de carga máxima. Com seu novo design, a máquina pode nivelar terrenos mais difíceis por menos número de repetições e menos consumo de combustível com uma precisão de gradiente de 0,05 °.	Após o projeto, a economia de tempo de 80% e a economia de combustível de 85% foram alcançadas para as superfícies com a mesma área e aproximadamente 10'L de economia de combustível por hectare foi realizada.
Modeling and Motion Control of Industrial Tractor-Trailers Vehicles Using Force Compensation	2021	ZHAO, H.; ZHOU, S.; CHEN, W.; MIAO, Z.; LIU, Y. - H.	Modelagem dinâmica e o controle de rastreamento de trajetória do veículo trator-reboques industrial composto por um trator semelhante a um carro e vários reboques completos	Para eliminar a grande incerteza dos parâmetros cinemáticos e dinâmicos dos reboques no modelo, foi proposta a instalação de um sensor de força para monitorar as forças exercidas no trator em tempo real. Um controlador de rastreamento de trajetória baseado em Lyapunov é proposto para compensar on-line as forças e conduzir o trator na trajetória desejada. O controlador é desenvolvido utilizando técnicas de backstepping e a estabilidade é rigorosamente comprovada.	Os resultados da implementação mostram que a aplicação do modelo simplificado geralmente tem um desempenho superior do que usar o modelo de veículo completo.
Identification Of Tobacco Crop Based On Machine Learning For A Precision Agricultural Sprayer	2021	TUFAIL, M.; IQBAL, J.; TIWANA, M. I.; ALAM, M. S.; KHAN, Z. A.; KHAN, M. T.	Apresentar um sistema de detecção de culturas / ervas daninhas baseado em aprendizado de máquina para um pulverizador de barra montado em um trator que poderia executar a pulverização específica do local na cultura do tabaco nos campos	Um classificador SVM com uma combinação de características cuidadosamente escolhida (textura, forma e cor) para a planta de tabaco foi proposto e uma precisão de classificação de 96% foi alcançada. O algoritmo foi treinado e testado em um conjunto de dados real coletado em campos locais com diversas mudanças em escala, orientação, desordem de fundo, condições de iluminação externa e variação entre tabaco e ervas daninhas. A comparação de desempenho do algoritmo proposto foi feita com um classificador baseado em deep learning (customizado para inferência em tempo real).	Ambos os algoritmos foram implantados em um pulverizador montado em trator em campos de tabaco e concluiu-se que o classificador SVM tem um bom desempenho em termos de precisão (96%) e inferência em tempo real (6 FPS) em um dispositivo embutido (Raspberry Pi 4). Em comparação, o classificador baseado em aprendizado profundo personalizado tem uma precisão de 100%, mas tem um desempenho muito mais lento (0,22 FPS) no Raspberry Pi 4.

Fonte: Autores (2021).

4. Considerações Finais

Diante da análise dos trabalhos desenvolvidos acerca da utilização da instrumentação em máquinas agrícolas, nota-se que a utilização dos instrumentos é imprescindível na automação dos processos na agricultura já que o aumento da produção agrícola sem aumento das áreas plantadas é o grande desafio do setor.

Os artigos selecionados para RSL descrevem utilização de instrumentos para automação em diversos processos e também para coleta de dados para vários estudos, aliado ao fato da evolução da quantidade de estudos realizados nos anos analisados, conclui-se um processo contínuo de evolução das tecnologias na agricultura e também a importância desse desenvolvimento para a produção agrícola. Notou-se que a automação dos equipamentos utilizados na produção mecanizada da agricultura proporciona aumento da produtividade e/ou redução de tempo de trabalho de máquina, dessa forma possibilitando melhor eficiência dos equipamentos e, portanto, mais produção com menos consumo de combustível por área plantada e deste modo uma produção agrícola mais eficiente.

A RSL realizada, torna-se uma referência pois descreve a tendência dos estudos realizados nos anos determinados pela pesquisa e dessa forma indicando possíveis direções para realização de novos trabalhos tais como: Instrumentação aplicada em motores agrícolas para detecção de contaminantes no sistema de admissão de ar, utilização de sensores para estimar a massa de produto agrícola colhido em equipamentos de transbordo, desenvolvimento de dispositivo para controle de rotação do exaustor primário de colhedoras de cana-de-açúcar, entre outros.

Referências

- Azmi, M. A. Mohammad, R. & Pebrian, D. E. (2020). Evaluation Of Soil EC Mapping Driven By Manual And Autopilot-Automated Steering Systems Of Tractor On Oil Palm Plantation Terrain, *Food Research*, 4(5), 62 – 69.
- Conforto, E.C. Amaral, D.C. & Silva, S.L. (2011). Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projeto. In: *Congresso Brasileiro De Gestão De Desenvolvimento De Produto – CBGDP*, 8, Anais... Porto Alegre, RS.
- Dusadeerungsikul, P. O. & NOF, S. Y. (2019). A collaborative control protocol for agricultural robot routing with online adaptation, *Computers Industrial Engineering*, 135, 456-466.
- Espejo, G. B. Martinez, G. J. Pérez, R. M. Lopez, P. F.J. & Javier, Z. F. (2018). Machine learning for automatic rule classification of agricultural regulations: a case study in Spain. *Comput Electron Agric*. 150: 343–352.
- Gupta, C. Tewari, V.K. Kumar, A. A. & Shrivastava, P. (2019). Automatic tractor slip-draft embedded control system, *Computers and Electronics in Agriculture*, 165.
- Han, X. Kim, H. Jeon, C. W. Moon, H. C. Kim, J. H. & Yi, S. Y. (2019). Application of a 3D tractor-driving simulator for slip estimation-based path-tracking control of auto-guided tillage operation, *Biosystems Engineering*, 178, 70-85.
- Inoue, K. Kaizu, Y. Igarashi, S. & Imou, K. (2019). The development of autonomous navigation and obstacle avoidance for a robotic mower using machine vision technique, *IFAC-PapersOnLine*, 52(30), 173-177.
- İrsel, G. M.; & Altınbalık, T. (2018). Adaptation of tilt adjustment and tracking force automation system on a laser-controlled land leveling machine, *Computers and Electronics in Agriculture*, 150, 374-386.
- Kim, J. Kim, S. Ju, C. & Son, H. I. (2019). Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Review of Perspective of Platform, Control, and Applications, *IEEE Access*, 7, 105100-105115.
- Kim, Y Chung, S., & Choi, C.H. (2018). Development of automation technology for manual transmission of a 50 HP autonomous tractor. *IFAC-PapersOnLine*. 51. 20-22.
- Kumar, A. A. Tewari, V.K. Nare, B. Chetan, C.R. Srivastava, P. & Kumar, S. P. (2017). Embedded Digital Drive Wheel Torque Indicator For Agricultural 2WD Tractors. *Computers and electronics in agriculture*, 139, 91-102.
- Lee, J. Kim, H. Cho, B Choi, J., & Kim, Y. (2018). Road Bump Detection Using LiDAR sensor for Semi-Active Control of Front Axle Suspension in an Agricultural Tractor. *IFAC-PapersOnLine*. 51, 124-129.
- Li, S. Xu, H. Ji, Y. Cao, R Zhang, M. & Li, H. (2019). Development of a following agricultural machinery automatic navigation system, *Comput. Electron. Agricult.*, 158, 335-344.
- Lu, W. Wei, Y. Yuan, J. Deng, Y. & Song, A. (2020). Tractor Assistant Driving Control Method Based on EEG Combined With RNN-TL Deep Learning Algorithm, *IEEE Access*, 8, 163269-163279.

- Mccool, C. S. Perez, T. & Upcroft, B. (2017). Mixtures of Lightweight Deep Convolutional Neural Networks: Applied to Agricultural Robotics, *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2, 1344-1351.
- Mattetti, M. Molari, G. & Sereni, E. (2017). Damage Evaluation Of Driving Events For Agricultural Tractors. *Computers and Electronics in Agriculture*, 135, 328–337.
- Mattetti, M. Maraldi, M. Lenzini, N. Fiorati, S. Sereni. E. & Molari, G. (2021). Outlining the mission profile of agricultural tractors through CAN-BUS data analytics, *Computers and Electronics in Agriculture*, 184, 106078.
- Mattetti, M. Maraldi, M. Sedoni, E., & Molari, G. (2019). Optimal criteria for durability test of stepped transmissions of agricultural tractors, *Biosystems Engineering*, 178, 145-155.
- ONU. (2021). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), *Pacto Global*, Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/ods>.
- Pasternak, G. Greenman, J. & Ieropoulos, I. (2017). Self-Powered, Autonomous Biological Oxygen Demand Biosensor For Online Water Quality Monitoring. *Sensors Actuators B Chemical*. 244, 815-822.
- Perz, R. & Wronowski, K. (2018). UAV application for precision agriculture, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 91, 257-263.
- Rajabi-Vandechali, M. Abbaspour-Fard, M. & Rohani, A. (2018). Development of a prediction model for estimating tractor engine torque based on soft computing and low cost sensors. *Measurement*. 121, 83-95.
- Rajkumar, S. Arun M. Hirwani, J. & Sanjeev, S. (2018). Predictive analysis of crops cultivation for a smart green environment using azure services. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 7, 295-298.
- Raikwar, S. Wani, L. J. Kumar, S. A. & Rao, M. S. (2019). Hardware-in-the-Loop test automation of embedded systems for agricultural tractors, *Measurement*, 133, 271-280.
- Ranjbarian, S.; Askari, M.; & Jannatkah, J. (2017) Performance of tractor and tillage implements in clay soil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 154-162.
- Shafaei, S.M. Loghavi, M. & Kamgar, S. (2019). A practical effort to equip tractor-implement with fuzzy depth and draft control system, *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12(2), 191-203.
- Shafaei, S.M. Loghavi, M. & Kamgar, S. (2020). Benchmark of an intelligent fuzzy calculator for admissible estimation of drawbar pull supplied by mechanical front wheel drive tractor, *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 209-218.
- Soylu, S. Çarman, K. (2021). Fuzzy logic based automatic slip control system for agricultural tractors, *Journal of Terramechanics*, 95, 25-32.
- Spykman, O. Gabriel, A. Ptacek, M. & Gandorfer, M. (2021). Farmers’ perspectives on field crop robots – Evidence from Bavaria, Germany, *Computers and Electronics in Agriculture*, 186, 106176.
- Sulistyo, S.B. Wu, D. Woo, W.L. Dlay, S. S. & Gao, B. (2017). Computational Deep Intelligence Vision Sensing For Nutrient Content Estimation In Agricultural Automation. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 15, 1243-1257.
- Tufail, M. Iqbal, J. Tiwana, M. I. Alam, M. S. Khan, Z. A. & Khan, M. T. (2021) Identification of Tobacco Crop Based on Machine Learning for a Precision Agricultural Sprayer, *IEEE Access*, 9, 23814-23825.
- Yalei, W. Lijun, Q. & Hao, Z. (2018). Design and experiment of remote intelligent spray control system based on embedded internet. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 34(20), 28–35.
- Yang, Q. Huang, G. Shi, X. He, M. Ahmad, I. Zhao, X. & Addy, M. (2020) Design of a control system for a mini-automatic transplanting machine of plug seedling, *Computers and Electronics in Agriculture*, 169.
- Zhang, S. Wang, Y. Zhu, Z. Li, Z. Du, Y. & Mao, E. (2018). Tractor Path Tracking Control Based on Binocular Vision. *Information Processing in Agriculture*, 5, 422-432.
- Zhao, H. Zhou, S. Chen, W. Miao, Z. & Liu, Y. H. (2021). Modeling and Motion Control of Industrial Tractor–Trailers Vehicles Using Force Compensation, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 26(2), 645-656.