

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**TECNOLOGIAS NA GESTÃO DE DADOS DE DESEMPENHO
OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS: UMA
REVISÃO**

JULIANA RIBEIRO DOS SANTOS

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2023

TECNOLOGIAS NA GESTÃO DE DADOS DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS: UMA REVISÃO

Juliana Ribeiro Dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte das exigências para conclusão do curso de
Engenharia Agrícola.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S237t Santos, Juliana Ribeiro Dos

Tecnologias na gestão de dados de desempenho operacional de máquinas agrícolas: uma revisão
[recurso eletrônico] / Juliana Ribeiro Dos Santos. -- 2023.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Roberto Carlos Orlando.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal da Grande Dourados, 2023.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Blockchain. 2. Machine learning. 3. Big data. 4. Internet of things. I. Orlando, Roberto Carlos. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

TECNOLOGIAS NA GESTÃO DE DADOS DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS: UMA REVISÃO

Por

Juliana Ribeiro dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 12 de abril de 2023.

Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando
Orientador – UFGD/FCA

Prof. Dr. Natanael Takeo Yamamoto
Membro da Banca – UFGD/FCA

Prof. Dr. Leidy Zulys Leyva Ráfull
Membro da Banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Deus e toda minha família, em especial minha mãe Dirce, minha irmã Silvani, meu esposo Iago e minha filha Maria Rita por todo apoio, carinho e incentivo nessa longa caminhada em buscar da minha formação.

As minhas amigas e confidentes Pamela e Waniele que vivenciaram junto a mim toda essa experiência e emoções dentro da universidade.

Ao meu orientador Roberto Carlos que ajudou no desenvolvimento desse trabalho, pelos seus ensinamentos, disposição, paciência e confiança. E todos os demais professores da FCA do curso da Engenharia Agrícola sem vocês nada disso seria possível.

Minha sincera gratidão!

SANTOS, Juliana Ribeiro dos. **Tecnologias na gestão de dados de desempenho operacional de máquinas agrícolas: uma revisão**. 2023. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2023

RESUMO

A automação nas máquinas agrícolas carrega uma gama de sensores que monitoram diversas variáveis operacionais, armazenam e/ou transmitem a partir dos tratores agrícolas. Esses dados coletados são utilizados para determinar parâmetros que indicam o desempenho operacional das máquinas agrícolas. Objetivou-se com o presente trabalho realizar uma revisão bibliográfica que abrange as tecnologias facilitadoras que contribui no estudo para utilização e proteção de grande volume de dados, para a otimização do desempenho operacional das máquinas e das operações agrícolas. A transmissão remota de dados é um recurso fundamental na busca pela sustentabilidade dos processos agrícolas que possibilita a otimização das operações de campo, reduzindo custos operacionais e potenciais danos ao meio ambiente. No Brasil os produtores agrícolas encontram grande dificuldade no uso de dados obtidos de suas máquinas e campos de cultivo, por isso a utilização de tecnologias da informação que protejam estes dados, transmitam e obtenham deles informações e, ou tomadas de decisão autônomas serão de grande importância. Com isso, conclui-se que uma grande quantidade de dados está sendo coletados no meio agrícola, mas ainda há gargalos na sua obtenção, transmissão, armazenamento e uso para a geração de informações que possam otimizar os processos produtivos.

Palavras-chave: Blockchain. Machine learning. Big data. Internet of things.

ABSTRACT

Automation in agricultural machinery carries a range of sensors that monitor various operational variables, store and/or transmit from agricultural tractors. These collected data are used to determine parameters that indicate the operational performance of agricultural machines. The objective of this work was to carry out a bibliographical review that covers the enabling technologies that contribute to the study for the use and protection of large volumes of data, for the optimization of the operational performance of machines and agricultural operations. Remote data transmission is a fundamental resource in the quest for sustainability in agricultural processes, which enables the optimization of field operations, operating costs and potential damage to the environment. In Brazil, agricultural producers find it very difficult to use data obtained from their machines and cultivation fields, so the use of information technologies that protect these data, transmit and obtain their information and/or autonomous decision-making will be of great importance. With this, it is concluded that a large amount of data is being collected in the agricultural environment, but there are still bottlenecks in its distribution, transmission, storage and use for the generation of information that can optimize production processes.

Keywords: Blockchain. Machine learning. Big data. Internet of things.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 FATORES QUE AFETAM AS OPERAÇÕES AGRÍCOLAS	2
3 COLETA E TRANSMISSÃO DE DADOS	4
4 NOVAS TECNOLOGIAS NO USO DE DADOS	6
4.1 Internet das coisas (IoT)	7
4.2 Big Data	8
4.3 Blockchain	9
4.4 Aprendizado de máquina (Machine Learning)	11
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	11
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	13

1 INTRODUÇÃO

Na agricultura, o trator é fundamental para realizar diversas funções em uma propriedade rural. Todavia, esse deve levar em consideração as condições do meio em que vai operar ou tracionar implementos (BARBIERI, 2017).

Para os autores Folle e Franz (1990); Fessel (2003) e Silveira et al. (2005) os estudos das operações agrícolas, levando em consideração a capacidade de trabalho e eficiência do campo, visam racionalizar o uso de máquinas, equipamentos e ferramentas na execução do trabalho. O conceito de desempenho operacional de máquinas agrícolas refere-se a um conjunto de informações que determinam suas características ao operar em condições específicas de trabalho. Essas informações podem ser relativas à qualidade e quantidade de trabalho; dinâmico, em relação ao rendimento ou a velocidade de trabalho.

O trator necessita de alguns ajustes para que possa realizar as tarefas com eficiência. O trator exerce tração e essa tração é uma força necessária para deslocar o equipamento e o peso próprio do trator e será determinada pela interação do rodado com o solo. Dessa forma, o uso correto da pressão interna do pneu pode trazer benefícios em termos de aumento do desempenho do trator, suavidade e redução das perdas de arrasto, o que proporciona um excelente desempenho do trator. Além disso, a pressão interna dos pneus gera alterações na suavidade e durabilidade do pneu, e essas condições são importantes na avaliação do desempenho de um trator agrícola (SOUZA, 2017; ZIMMERMANN et al., 2020).

O meio agrícola está passando por uma revolução mundial que muitos pesquisadores chamam de agricultura digital, porque estão associadas a tecnologias inteligentes para corroborar com essa afirmativa foi apresentado um compilado de artigos científicos.

Na atualidade, as máquinas agrícolas trazem embarcada uma gama de sensores que monitoram diversas variáveis de funcionamento, as armazenam e, ou, transmitem gerando uma grande quantidade de dados que podem ser utilizados para a otimização das operações agrícolas. Objetivou-se no presente trabalho realizar uma revisão sobre pesquisas atuais que abrange as tecnologias facilitadoras que contribui no estudo dessas tais variáveis como forma de otimização do desempenho operacional das máquinas.

2 FATORES QUE AFETAM AS OPERAÇÕES AGRÍCOLAS

Patinagem dos rodados ocorre devido a diversos fatores tais como: o esforço de tração necessário para deslocar o implemento, o tipo de superfície que está em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes, tipo de pneu, a pressão de insuflação, a carga sobre o rodado e o tipo da banda de rodagem (HERZOG et al., 2002).

Se um trator patina muito, isso significa que parte da potência do motor é perdida e não está mais disponível para o implemento, acarretando maior desgaste dos pneus e maior consumo de combustível, desgastando o trator além do necessário. A verificação da patinagem é muito importante e pode economizar custos futuros de combustível e perda de na operação desenvolvimento. O consumo ineficiente de combustível pode ser um fator importante nas perdas econômicas para os produtores (ZIMMERMANN et al., 2020).

O uso correto da pressão insuflação dos pneus pode melhorar a condição física do solo e reduzir a resistência à penetração das raízes, reduzindo assim o risco de compactação do solo, processo físico que dificulta o crescimento das culturas (SOUZA, 2017).

O desempenho de tração do trator dependerá inicialmente da potência do motor, da distribuição de peso nas rodas motrizes, do tipo de engate e da condição do solo. A força de tração ou força horizontal pode ser definida como a força necessária para puxar ou empurrar uma ferramenta específica. (FRACETTO et al., 2016).

Fiorese et al. (2015) afirmam que os testes realizados com trator agrícola em terrenos agrícolas mostraram que as condições da superfície do solo afetam a capacidade do trator em desenvolver tração podendo-se observar os efeitos da variabilidade espacial da superfície, tais como: tipo de solo, teor de água, vegetação e declividade, entre outros fatores.

Corrêa (2000) descreve o experimento realizado na Califórnia (EUA) com um trator John Deere 8870 4x4 rodado duplo em diferentes estações do ano, verão e primavera. Na primavera (após chuva) em solo firme, em solo preparado e solo argiloso, o teor de água do solo variou de 36,4% a 39,3% (b.s.) utilizando pressão de inflação de 166 kPa (24 lbf/pol²) e pressão correta 90/76 kPa (13/11 lbf/pol²) dos rodados rodado dianteiro e traseiro respectivamente. Evidenciaram que com pressão de 90/76 kPa (13/11 lbf/pol²) em solo não preparado, o trator consumiu 18,3% menos de combustível (L/ha), desenvolveu 7,5% mais de capacidade operacional e reduziu a patinagem em 34,3%; do que em solo preparado. Com a pressão 90/76 kPa (13/11 lbf/pol²) no rodado dianteiro e traseiro respectivamente o trator também apresentou economia de combustível (menos 20,0%), redução de 78,0% na patinagem

e aumento de 5,7% na capacidade operacional. Já no verão em solo argiloso, mobilizado com escarificador/subsolador, em solo silte argiloso, o teor de água variou de 9,7 % a 11,4 % (b.s.). No ensaio de verão, durante operação de subsolagem, obteve-se uma redução de 6,0 % no consumo de combustível, 35,6 % na patinagem e um aumento de 4,6 % de capacidade operacional para a condição de pressão correta de 90/97 kPa (13/14 lbf/pol²) no rodado dianteiro e traseiro respectivamente.

Portanto, em propriedades mecanizadas, o acompanhamento das operações de máquinas agrícolas merece grande atenção. Desta forma, a obtenção de dados sobre a capacidade trativa da máquina, eficiência operacional e requisitos de energia são fatores fundamentais na gestão do uso de máquinas agrícolas, tornando importante o estudo das operações agrícolas com o objetivo de racionalizar o uso de máquinas e ferramentas na execução do status das operações, e a relação entre homem/máquina/trabalho de produção. A maquinaria agrícola desenvolveu-se com o progresso e o advento dos meios de transporte e comunicação, e com ela veio a competição (SICHONANY, 2011).

Percebe-se, pelos trabalhos realizados, que existe uma ampla gama de fatores que interferem no desempenho de um conjunto agrícola em operação tornando-a única. Assim a análise e o uso dos dados coletados, em tempo real, pelas máquinas podem auxiliar cada usuário a entender qual a melhor configuração para a operação que está em andamento.

3 COLETA E TRANSMISSÃO DE DADOS

O monitoramento eletrônico com objetivo de coleta dados para indicar o desempenho de tratores agrícolas é composta por um conjunto de sensores instalados em um trator agrícola, na qual pretende-se obter dados referentes ao seu desempenho, visando o melhor aproveitamento da sua eficiência em campo.

O sistema de telemetria trata-se de um processo automatizado de comunicação no qual dados são coletados remotamente para serem transmitidos a um sistema central de monitoramento. No geral, é composto por softwares, periféricos e telemedidores. Os telemedidores nada mais são do que dispositivos físicos, como sensores, medidores, transdutores e outros que coletam dados analógicos ou digitais dos pontos a serem monitorados (SANTOSSO, 2018).

Os sistemas de telemetria são usados, geralmente, em aplicações nas quais o local de tratamento dos dados é diferente do local de aquisição destes dados, quer sejam pela dificuldade de acesso, por condições ambientais adversas ou somente por comodidade do usuário dos dados. Tais sistemas podem oferecer flexibilidade na implementação, confiabilidade nas comunicações entre dois ou mais locais a custo reduzido. Devem trabalhar para melhorar a gestão de suas operações, por exemplo, controle de produção, planejamento e execução, medição de desempenho operacional e avaliação (MOSCOSO, 2000).

Sichonany (2011) conceitua sistema de transmissão de dados como sendo todo suporte que transporta as informações, entre a origem até o destino e vice-versa. Esses sistemas de transmissão de dados podem utilizar meios para o envio das informações, sendo em dois tipos, por exemplo: meios físicos - cabo coaxial e fibra óptica - meios não-físicos, o espaço livre, como é o caso da comunicação por rádio-frequência ou satélites. Um exemplo de sistema de transmissão é o ZigBee que é um conjunto de protocolos criados para a comunicação sem fio utilizando sinal a rádio entre dispositivos eletrônicos, desenvolvido para Wireless Personal Area Networks (WPANs).

Um sistema de aquisição de dados independente de protocolo e técnica para uma escala grande e dinâmica de redes de sensores é proposto. Além de requisito é o fixo configuração de endereço IP único por dispositivo. Em comparação com a aquisição de dados dependente de protocolo padrão. Os Resultados demonstraram que o sistema proposto chega à rede de destino em uma velocidade mais rápida com uma melhoria de 27,13%. Singularidade da transmissão de dados em nós independentes de protocolo também ajuda a rede a prevenir o congestionamento de dados causado por aquisição simultânea de dados, com uma precisão de

99,98% em cada intervalo de mensagem. Modelo de link é introduzido para eliminar caminhos desnecessários. Ele também estende a técnica de balanceamento de aquisição que pode apoiar a comunicação interorganizacional em larga escala. Por fim os autores concluíram que o teste mostra a eficácia da técnica proposta em termos de escalabilidade de velocidade de operabilidade (ALEJANDRINO et al., 2021).

4 NOVAS TECNOLOGIAS NO USO DE DADOS

A capacidade de coleta e transferência de dados em tempo real, por meio de sistemas embarcados e máquinas e implementos agrícolas, tende a causar uma revolução no uso dos dados e na implementação de tecnologias em softwares, hardwares que buscam a automação de máquinas e implementos bem como, a análise em tempo real dos dados visando a otimização e automação da tomada de decisões.

As tecnologias digitais como inteligência artificial (IA), Big data, Internet of things (IoT), Aprendizado de Máquina (ML) e Blockchain diversas outras estão sendo usados na agricultura para fornecer soluções no meio agrícola. Para falar dessas tecnologias, primeiro é preciso falar da IA que abriu caminho para os surgimentos dessas tecnologias e além dessas o aprendizado profundo de máquinas. A IA se concentra na simulação inteligência humana, substituindo a mão de obra humana, é uma tecnologia tão avançada quebra as barreiras da complexidade do cérebro humano mesmo em fase de desenvolvimento. IA possui metodologia específicas como: Redes Neurais Artificiais (RNA). Nesse estudo é feito um reconhecimento de imagem em maquinário agrícola por meio de algoritmo baseado em Rede Neural Convencional (RNC) faz o tratamento dos conjuntos de dados classificando e o agrupando afim de identificar tipo e estado operacional das máquinas (subsoladores, cultivadores rotativos, arados reversíveis, semeadoras e subsolagem). As Câmeras são acopladas em veículos, capturando imagens do maquinário a cada 2 min durante a operação. As imagens são carregadas para o sistema de supervisão via GPRS rede sem fio, enquanto o conjunto de dados de imagens são registradas na plataforma de aprendizado profundo do Google (tensorflow) (YANG et., 2018).

Técnicas baseadas em inteligência artificial, juntamente com análises de big data, abordam os desafios da produção agrícola em termos de produtividade e sustentabilidade. Novos aplicativos emergentes transformarão a agricultura das práticas agrícolas tradicionais em uma indústria altamente automatizada e intensiva em dados (FOUNTAS et al., 2020).

Para Spanaki et al. (2022) as tecnologias emergentes se concentraram no uso de máquinas e ferramentas para operações agrícolas que podem substituir não apenas tarefas de trabalho humano (por exemplo, máquinas robóticas, sistemas de irrigação etc.), mas também apresentam recursos físicos como o “hardware”. Em software de plataforma e, têm um forte vínculo com análise de dados e sistemas de suporte à decisão para operações agrícolas. Finalmente, na área de aplicação ciberfísica que se refere principalmente ao uso de maquinário

agrícola inteligente e/ou robótica para a fazenda, que inclui o hardware e o software para análise de dados e tomada de decisão preditiva/prescritiva, aconselhamento e recomendações.

A sustentabilidade da produção agrícola não pode perder de vista a segurança alimentar da população, otimizando a produção e a comercialização de maneira a evitar desperdícios na cadeia de eventos até a chegada ao consumidor. A digitalização do processo por meio de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) pode contribuir na otimização dos processos de produção, processamento, distribuição e consumo.

A tecnologia digital tem o potencial de reduzir as ineficiências nas cadeias de abastecimento alimentar. Eles também desempenham um papel crítico em ajudar a mudar os padrões e práticas de consumo alimentar necessário para garantir a sustentabilidade da cadeia alimentar. Para maximizar os benefícios das TIC em cadeias alimentares, inclusive em países em desenvolvimento, é necessário desenvolver aplicativos e serviços localizados e acessíveis (SERBULOVA et al., 2019).

4.1 Internet das coisas (IoT)

A expressão Internet of things (IoT) em tradução internet das coisas é caracterizada como uma tecnologia inteligente, a primeira vez que se ouviu falar foi em 1999 por Kevin Ashton co-fundou o Auto-ID Center no Massachusetts Institute of Technology. IoT é considerada um impulso tecnológico (KRAMP, 2013). A IoT passou a integrar “coisas”, ou seja, ligar pessoas com “coisas” e “coisas” com “coisas”. Para que exista uma funcionalidade efetiva é necessária a combinação de rede de comunicações entre dispositivos e sistemas de controle (GPP, 2019).

A gestão e manutenção de máquinas agrícolas através do monitoramento remoto de variáveis de uso e diagnóstico de falhas. Isso é possível devido à aplicação de três tecnologias que permitem transformação digital no AM: eletrificação - em termos de eficiência energética e operação (controle de velocidade e ponto de força)-, a conectividade e o aprendizado de máquina, que juntos permitem o desenvolvimento de aplicativos inteligentes. Deve-se notar que a disponibilidade e acessibilidade de infraestrutura de conectividade e energia elétrica necessária para a transformação do setor agroindustrial nem sempre é encontrado acessível. Em particular, no que diz respeito à conectividade. Uma primeira opção é o uso de conectividade via satélite. No entanto, esse tipo de comunicação é caro. Uma segunda opção é o uso de comunicação de consumo de energia ao longo alcance tecnologias sem fio emergentes no contexto de IoT como LPWAN (Low Power Wide Area Network) (IGLESIAS et al., 2020).

Islam et al. (2021) avaliaram a utilização de gateways de rede de área de longo alcance (LoRaWAN) e o uso de internet via satélite como potenciais fontes de conectividade em áreas remotas da Austrália. Para eles, ainda persiste a dificuldade de alcance e velocidade de transferência das formas avaliadas para a utilização dos dados em VANTs e sistemas IoT.

Para minimizar erros de planejamento de trabalho como exemplo prever mau funcionamento do equipamento antes mesmo de entrar em operação, estabelecer uma tomada de decisão mais precisa e refinada em campo, melhorar a eficiência do trabalho e gerenciamento de máquinas agrícolas autônomas em tempo real por meio de comunicação e compartilhar dados. É apresentado um esquema de conjunto de dispositivos que são controlados e rastreados por instruções de controle predefinidas por múltiplas tarefas. Protótipo é denominado Plataforma Autônoma de Gerenciamento de Maquinário Agrícola aliado a tecnologia IoT e pelas demais: algoritmo de desacoplamento, arquitetura física – hardware inclui dispositivos de unidades transferência de dados, controlador de movimento usado para controle eletrônico instalado em componentes da máquina, utiliza software para se integrar na plataforma de nuvem (essa plataforma é considerada o cérebro e gerente, pois controla dispositivos gerenciar os dados upstream e os aplicativos de serviço), realizar comunicação com hardware e por fim uma rede de comunicação – utiliza protocolos para transmitir dados entre as máquinas (ZHANG et., 2022).

Internet of Things (IoT) e têm potencial para a eficiência das explorações, melhorando simultaneamente a sustentabilidade econômica e ambiental (GPP, 2019).

Por isso há uma busca por essas novas tecnologias digitais, e ainda melhora a qualidade de vidas nas propriedades dos produtores rurais.

Também Khujamatov e Toshtemirov (2020) estudaram o uso de redes de sensores sem fio e IoT na agricultura percebendo o grande potencial de uso destas tecnologias na atualidade e no desenvolvimento de novas ferramentas no futuro

4.2 Big Data

Big data é caracterizado por concentrar as informações em grande volume, variedade, variabilidade, velocidade e veracidade (5 Vs) que requer abordagem com ferramentas que classificam e agrupam os dados que é o caso da mineração de dados associado a tecnologia é possível transformar dados em valor. Os autores desenvolveram uma técnica que realiza a classificação de vetores de suporte, ou seja, faz o gerenciamento de informações relativos à

qualidade do estado dos equipamentos tornando a máquina agrícola inteligente. Como os sinais de vibração da máquina é considerado um parâmetro para indicar o estado das máquinas, pensando nisso foi instalado sensores sem fio para extrair dados de vibrações e pré-processados. Utilizaram plataformas com base na mineração de dados do computador: Intel Core i3- 6100 CPU, Zhiqi Ripjaws4 DDR4 8G RAM, Intel 600P SSD de 256 GB, sistema operacional Win 10, programação Java, sistema especialista para teste comparativo e algoritmo de colônia de formigas. Os resultados demonstraram que o projeto realiza uma detecção confiável, rápido atendendo às condições em tempo real e mais eficiente do que utilizando os métodos tradicionais (FAN et., 2022).

Método baseado em aplicação sustentável de fertilizante e adubo na intenção de evitar desperdícios e principalmente poluição das águas subterrâneas, desse modo é feito um manejo preciso na semeadura de fertilização variável com a dosagem dos nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio). O projeto faz a integração da tecnologia de big data para análise de dados com estrutura mecânica de fertilização variável e mista de várias culturas. A estrutura é composta por: Caixa de fertilizante, prato giratório de acionamento, calha guia de fertilizante, o raspador. Com o auxílio dos métodos de agrupamento e análise de componentes principais junto com amostragem que mostrou ser uma estratégia eficiente na redução de dados, pois pode compilar grande volume de dados. É possível interpretar as propriedades dos gráficos, por meio de equações e abrir caminhos na busca por soluções dos problemas do algoritmo (GAO e LI, 2021).

É compreendido, a Big data está em ascensão se encontra em um patamar que supera os métodos clássicos (ferramentas computacionais e analíticas de software) que tem como funcionalidade de armazenar, analisar, coletar, transmitir e identificar padrões desconhecidos nos dados.

4.3 Blockchain

Blockchain (BT) consiste em um sistema eletrônico que permite manutenção, validação e verificação de registros eletrônicos sem a necessidade de um intermediário. Os dados estão disponíveis para todos os participantes, todas as informações são transparentes e disponíveis, e os registros são imutáveis e não podem ser adulterados ou excluídos. Segue os princípios de governança, responsabilidade, transparência, flexibilidade, disponibilidade, usabilidade, capacidade de gerenciamento e sustentabilidade (KRITHIKA, 2022).

A tecnologia Blockchain, embora ainda, em mudança e com limitações importantes, é uma Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) transformadora que tem mudado a percepção de confiança. Maiores eficiências para o desenvolvimento agrícola sustentável foram demonstradas quando fazendas habilitadas por TIC têm acesso a bancos de conhecimento e outros recursos digitais (LIN et al., 2017).

Para Liu (2021) encontra-se três temas de pesquisa dominantes na área de agricultura baseada em blockchain: o efeito de fatores na implementação de BT, aplicações de BT na cadeia holística de suprimentos e aplicações de BT em todos os segmentos da cadeia de mantimentos da agricultura.

Blockchain é uma tecnologia promissora para tornar a cadeia de suprimentos de alimentos transparente. Com muitas iniciativas em andamento em vários produtos alimentícios e questões relacionadas a alimentos, mas ainda existem muitas barreiras e desafios, que impedem sua popularidade mais ampla entre agricultores e sistemas. Esses desafios envolvem aspectos técnicos, educação, políticas e marcos regulatórios (KAMILARIS et al., 2019).

Yang et al. (2020) implementaram um sistema de aluguel de máquinas agrícolas baseados em blockchain com o objetivo de redução de tempo e custos, que não dependesse de um único computador central, permitisse rastreamento do processo e dos dados e o pagamento com moeda digital eliminando a necessidade de transações bancárias. Para os autores, os resultados experimentais mostraram que o algoritmo foi capaz de atender os objetivos e mostrou-se auditável e rastreável.

Shen et al. (2019) propuseram um sistema de segurança de dados, com base em blockchain, para cidades inteligentes, em que vários pontos de coletas de dados os captam, criptografam em blockchain e os compartilham de forma segura. Para (FERRAG, 2020) essa arquitetura pode ser adaptada ao monitoramento de variáveis na agricultura. Para o autor cada sensor coleta e transmite seus dados para vários pontos de acesso e estes, criptografam os dados e os registram no blockchain. Após isso cada ponto usa um mecanismo de consenso integrado para validar os dados os quais podem ser utilizados em sistemas de treinamento e aprendizado de máquina.

Observa-se pelos trabalhos que a aplicação da técnica de blockchain ainda é pouco aplicada em sistemas agrícolas, sejam eles processos de coleta e transmissão de dados em campo ou sistemas vinculados a informação na cadeia de suprimentos de alimentos. Porém, nota-se que a técnica parece promissora por garantir a segurança dos dados, distribuir o processo de controle evitando a parada em caso de falha de um elemento central, permitir a

rastreabilidade das ações, ser auditável e permitir transações financeiras com moedas digitais evitando a intervenção de uma unidade bancária e a cobrança de taxas.

4.4 Aprendizado de máquina (Machine Learning)

O aprendizado de máquina é uma parte da ciência da computação em que, com base em dados, desenvolve-se um algoritmo com o qual se faz previsões ou toma-se decisões.

O processo de aprendizado de máquina (AM) é dividido em três partes principais, ou seja, entrada de dados, construção de modelo. Generalização é o processo de prever a saída para as entradas com as quais o algoritmo não foi treinado antes. Os algoritmos de AM são usados principalmente para resolver problemas complexos em que a experiência humana falha, como previsão do tempo, filtragem de spam, identificação de doenças em plantas, reconhecimento de padrões (SHARNA et al., 2020).

Khan et al. (2021) desenvolveram um sistema autônomo utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) que realiza o reconhecimento de área de pulverização em tempo real para pulverizador aliado ao aprendizado profundo. No protótipo para reconhecimento de alvo é feito da seguinte maneira: utiliza algoritmos de detecção de forma e cor, calcula-se a posição do alvo. Com o auxílio do computador de bordo Raspberry Pi4, a câmera e o intel neural computer stick 2 acoplado na VANT. O sistema de reconhecimento em tempo real apresentou rápida velocidade computacional, já o sistema de aprendizado um bom desempenho no processamento dos dados.

Acar et al. (2019) por meio de características polarimétricas dos dados do satélite Radarsat-2 e de teor de água das amostras de solo coletadas no mesmo dia da imagem, com o auxílio de modelos de decomposição polarimetria e aprendizado de máquina foram capazes de prever a umidade do solo em campos onde havia cobertura verde.

Com base em um algoritmo de detecção de posturas humanas em tempo real chamado OpenPose (IRUMVA et al., 2023) desenvolveram uma abordagem automatizada para prever comportamentos inseguros de operadores de máquinas. O algoritmo de AM foi treinado para alertar, em tempo real, os operadores sobre comportamentos inseguros ao entrar e sair da cabine de um trator tendo obtido êxito em 97% dos dados de teste.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há uma crescente preocupação no meio agrícola em relação a sustentabilidade na alocação dos recursos disponíveis. As tecnologias digitais têm o potencial de estimular o crescimento econômico, pois abrem caminhos para geração de inovação que complementa e aumenta operação agrícola e soluciona problemas de baixa eficiência em máquinas agrícola, que são caso de todas essas tecnologias mencionadas, mas corre o risco de agravar as desigualdades econômica, quando a inovação simplesmente substitui a mão de obra humana. Uma vez que se trata de tecnologias altamente sofisticadas e exige um investimento.

A análise da literatura demonstrou que as tecnologias digitais nas máquinas agrícolas ainda estão passando pelo processo de amadurecimento, isso é evidenciado pelo motivo de uma grande quantidade de dados esteja sendo coletada no meio agrícola a muitos anos, percebe-se que o produtor tem dificuldade de utilizar a tecnologia causando falhas na aquisição destes. Já a utilização destes dados é ainda mais deficitária tanto pelo produtor quanto pelo fabricante e concessionário. Assim grande da informação que pode ser obtida pela análise dos mesmos não é utilizada pelos agentes do meio agrícola. Isso ocorre pela dificuldade de produtor de obter dados confiáveis, pela inexistência ou dificuldades na utilização de software de análise dados e pela dificuldade de estabelecer padrões de desempenho dos conjuntos em operação dada a diversidade de fatores que nele interferem

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ACAR, E.; OZERDEM, M. S.; USTUNDAG, B. B. Machine learning based regression model for prediction of soil surface humidity over moderately vegetated fields. In: **2019 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRO-GEOINFORMATICS (AGRO-GEOINFORMATICS)**. IEEE, 2019. p 1-4.

ALEJANDRINO, J.; Concepcion II, R. S.; ALMERO, V. J. D.; PALCONIT, M.G.; VICERRA, R. R. P.; BANDALA, A.; SYBINGCO, E.; DADIOS, E. P. Protocol-independent data acquisition for precision farming. **Journal of advanced computational intelligence and intelligent informatics**, v. 25, n. 4, p. 397–403, 2021.

BARBIERI, J. P. **Atendimento a normas de segurança e ergonomia nos postos de operação de tratores agrícolas**. 2017. 128f. Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

CORRÊA, I. M. **Desempenho operacional de pneus radiais e diagonais em função da pressão de inflação, da condição de superfície do solo e da condição de acionamento da tração dianteira**. 2000. 121f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade estadual paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2000.

FAN, Z.; ZHANG, N.; ZHANG, X.; WANG, D.; WU, G. Data Mining Technology for Agricultural Equipment Machinery and Information Network Data Resources. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2022, p. 1-8, 2022.

FERRAG, M. A.; SHU, L.; YANG, X.; DERHAB, A.; MAGLARAS, L. Security and Privacy for Green IoT-Based Agriculture: Review, Blockchain Solutions, and Challenges. **IEEE Access**, vol. 8, p. 32031-32053, 2020.

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. 88f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FIGLIORINI, D. A.; SANDI, J.; MARASCA, I.; FERREIRA, F. M.; SPADIM, E. R.; LANÇAS, K. P. Torque nos rodados motrizes de um trator agrícola submetido a ensaios de tração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 9, p. 903-909, 2015.

FOLLE, S.; FRANZ, C. A. B. Trator agrícola: características e fundamentos para sua seleção. Planaltina, DF: Embrapa, 1990. 24p.

FOUNTAS, S.; ESPEJO-GARCÍA, B.; KASIMATI, A.; MYLONAS, N.; DARRA, N. The future of digital agriculture: technologies and opportunities. **IT professional**, v. 22, n. 1, p. 24-28, 2020.

FRANCETTO, T. R.; ALONÇO, A. DOS S. A.; BELLÉ, M. P.; VEIT, A. A.; SILVA, W. P. DA. Força de tração e potência demandada por mecanismos de corte e sulcadores de semeadora adubadora. **Energia na agricultura**, v. 31, n. 1, p. 17-23, 2016.

GAO, F.; LI, H. Research on variable rate fertilisation machine based on big data analysis. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**, v. 72, n. 1, p. 225-236, 2021.

GPP - Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral. CULTIVAR – Cadernos de Análise e Prospetiva, Nº 16. Lisboa, 2019. 124p.

HERZOG, R. L. S.; LEVIEN, R.; BEUTLER, J. F.; TREIN, C. R. Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2002. Salvador. **Anais...** Salvador: UFB, 2002.

IGLESIAS, N.; BULACIO, P.; TAPIA, E. Arquitectura de comunicación para la digitalización de la agricultura en torno a la maquinaria agrícola. **Elektron**, v. 4, n. 2, p. 93–99, 2020.

IRUMVA, T.; MWUNGUZI, H.; PITLA, S. K.; LOWNDES, B.; YODER, A. M.; SIU, K-C. Agricultural Machinery Operator Monitoring System (Ag-OMS): A Machine Learning Approach for Real-Time Operator Safety Assessment. **Journal of Agricultural Safety and Health**, v. 29, n. 2, p. 85-97, 2023.

ISLAM, N.; RASHID, M. M.; PASANDIDEH, F.; RAY, B.; MOORE, S.; KADEL, R. A review of applications and communication technologies for internet of things (Iot) and unmanned aerial vehicle (uav) based sustainable smart farming. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1821, 2021.

KAMILARIS, A.; FONTS, A.; PRENAFETA-BOLDV, F.X. The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. **Trends in Food Science & Technology**, v. 91, p. 640-652, 2019.

KHAN, S.; TUFAIL, M.; KHAN, M. T.; KHAN, Z. A.; IQBAL, J.; WASIN, A. Real-time recognition of spraying area for UAV sprayers using a deep learning approach. **PLOS ONE**, v. 16, n. 4, p. e0249436, 2021.

KHUJAMATOV, K. E.; TOSHTEMIROV, T. K. Wireless sensor networks based Agriculture 4.0: challenges and apportions. In: **2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)**. IEEE, 2020. p. 1-5.

KRAMP, T.; KRANENBURG, R. V.; LANGE, S. Introduction to the Internet of Things. In: **Sebastian. Enabling Things to Talk**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 1-10.

KRITHIKA, L.B. Survey on the Applications of Blockchain in Agriculture. **Agriculture**, v. 12, n. 9, p. 1333, 2022.

LIN, Y. P.; PETWAY, J. R.; ANTHONY, J.; MUKHTAR, H.; LIAO, S. W.; CHOU, C. F.; HO, Y.F. Blockchain: The Evolutionary Next Step for ICT E-Agriculture. **Environments**, v. 4, n. 50, 2017.

LINARES, P.; CATALÁN, H.; MÉNDEZ, V. Teoría de la tracción de tractores agrícolas. 2.ed. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2006. 215p.

LIU, W.; SHAO, X.F.; WU, C.H.; QIAO, P. A systematic literature review on applications of information and communication technologies and blockchain technologies for precision agriculture development. **Journal of Cleaner Production**, v. 298, n.20, 2021.

MAHAJAN, H. B.; BADARLA, A.; JUNNARKAR, A. A. CL-IoT: cross-layer Internet of Things protocol for intelligent manufacturing of smart farming. **Journal of ambient intelligence and humanized computing**, v. 12, n. 7, p. 7777–7791, 2021.

MOSCOSO, M. N. DE A. **Sistema de telemetria para aplicações no campo agrícola**. 2000. 87f. Dissertação (Mestre em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.

PARTE, M. S. E. DE LA.; MARTÍNEZ-ORTEGA, J. F.; DÍAZ, V. H.; MARTÍNEZ, N. L. Big Data and precision agriculture: a novel spatio-temporal semantic IoT data management framework for improved interoperability. **Journal of Big Data**, v. 10, n. 1, p.32, 2023.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. DE O. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2018.

SCHLOSSER, J. F.; LINARES, P.; SOUSA FILHO, E. G. DE. Desempenho de três teorias de simulação do comportamento de um trator agrícola em tração. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 720-726, 2004.

SERBULOVA, N. et al. Sustainable food systems and agriculture: the role of information and communication technologies. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2019. p. 012127.

SHARMA, A.; JAIN, A.; GUPTA, P.; CHOWDARY, V. Machine Learning Applications for Precision Agriculture: A Comprehensive Review, **IEEE Access**, vol. 9, pp. 4843-4873, 2021.

SHEN, M.; TANG, X.; ZHU, L.; DU, X.; GUIZANI, M.; Privacy-preserving support vector machine training over blockchain-based encrypted IoT data in smart cities. **IEEE Internet Things J.**, vol. 6, n. 5, p. 7702-7712, 2019.

SICHONANY, O. R. DE A. O. **Sistema de Apoio à Decisão para utilização no Agronegócio (SADA): telemetria e tratamento de dados de desempenho de máquina de colheita**. 2011. 162f. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) – Faculdade em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SILVEIRA, G. M. DA; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 220-224, 2005.

SOUZA, L. C. DE. **Relação massa/potência e pressão interna do pneu de um trator agrícola**. 2017. 34f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Paulista, Jaboticabal, 2017.

SPANAKI, K.; SIVARAJAH, U.; FAKHIMI, M.; DESPOUDI, S.; IRANI, Z. Disruptive technologies in agricultural operations: A systematic review of AI-driven AgriTech research. **Annals of Operations Research**, v. 308, n. 1-2, p. 491-524, 2022.

YANG, H.; XIONG, S.; FRIMPONG, S. A.; ZHANG, M. A Consortium Blockchain-Based Agricultural Machinery Scheduling System. **Sensor**, v. 20, n. 9, p. 2643, 2020.

YANG, K.; LIU, H.; WANG, P.; MENG, Z.; CHEN, J. Convolutional neural network-based automatic image recognition for agricultural machinery. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 11, n. 4, p. 178-182, 2018.

ZHANG, F.; ZHANG, W.; LUO, X.; ZHAN, Z.; LU, Y.; WANG, B. Developing an IoT-Enabled Cloud Management Platform for Agricultural Machinery Equipped with Automatic Navigation Systems. **Agriculture**, v. 12, n. 2, p. 310, 2022.

ZIMMERMANN, G. G.; MASIERO, F. C.; CELANTE, D. L. S.; DÜSTERHÖFT, L.; ARAÚJO, J. C. DE.; VEIGA, R. K. Avaliação da patinação de um trator agrícola em diferentes teores de água no solo em operações de preparo do solo. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2020. v. 1, p. 142–149.