

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

O USO DE SIMULADOR PARA COLHEITA MECÂNICA DE CAFÉ

ANA PAULA RAMOS XAVIER TORRES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como requisito parcial a obtenção de título de Bacharel em Engenharia Agrícola, sob orientação da Prof^ª. Ms. Rônega Boa Sorte Vargas.

URUTAÍ - GO

2023

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ BACHARELADO EM
ENGENHARIA AGRÍCOLA

O USO DE SIMULADOR PARA COLHEITA MECÂNICA DE CAFÉ

ANA PAULA RAMOS XAVIER TORRES

Orientadora: Prof^ª. Ms. Rônega Boa Sorte Vargas

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como requisito parcial a obtenção de título de Bacharel em Engenharia Agrícola, sob orientação do Prof^ª. Ms. Rônega Boa Sorte Vargas.

URUTAÍ - GO

2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

TT693u Torres, Ana Paula Ramos Xavier
O USO DE SIMULADOR PARA COLHEITA MECÂNICA DE CAFÉ
/ Ana Paula Ramos Xavier Torres; orientadora Rônega
Boa Sorte Vargas. -- Urutai, 2023.
25 p.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Urutai, 2023.

1. mecanização. 2. agricultura de precisão. 3.
implemento agrícola. 4. colheita de café. I. Boa
Sorte Vargas, Rônega, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado)
 Dissertação (mestrado)
 Monografia (especialização)
 TCC (graduação)

- Artigo científico
 Capítulo de livro
 Livro
 Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Ana Paula Ramos Xavier Torres

Matrícula:

2016101200640035

Título do trabalho:

O USO DE SIMULADOR PARA COLHEITA MECÂNICA DE CAFÉ

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 10 / 04 / 2023

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Goiânia

Local

15 / 03 / 2023

Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

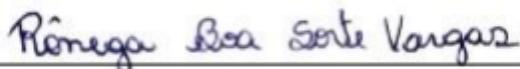

Assinatura do(a) orientador(a)

O USO DE SIMULADOR PARA COLHEITA MECÂNICA DE CAFÉ

ANA PAULA RAMOS XAVIER TORRES

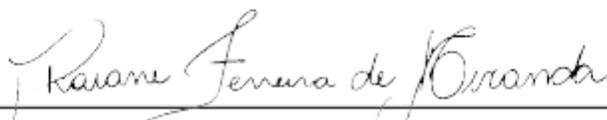
Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Defendido e aprovado pela Comissão Examinadora em: 08/02/2023.



Prof.(a) Ma. Rônega Boa Sorte Vargas

Orientador (a)



Prof.(a) Dr^a. Raiane Ferreira de Miranda

Examinador (a)



Prof.(a) Dr. Leandro Caixeta Salomão

Examinador

AGRADECIMENTOS

Eu quero agradecer primeiramente a Deus, por ter me dado forças sempre em que pensei desistir. Por ser meu sustento em cada obstáculo que passei.

Aos meus pais que sem o apoio, as ligações, o carinho e o incentivo diário eu não teria chegado onde cheguei e compreenderam que minha ausência era para um bem maior.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Urutaí pela oportunidade, pelo ensino, os professores, as amigadas que me proporcionou, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de desenvolvimento profissional ao longo do curso. A minha orientadora, pela disponibilidade, os ensinamentos, dedicação, por não ter desistido e ter entendido cada etapa com tanta empatia e carinho.

As amigadas que construí nesses anos de faculdade, em especial ao Gilwarley, meu companheiro de sala de aula e de trabalho hoje em dia, sem seu apoio nada teria sido assim, meu muito obrigada. Wilker, você foi meu irmão quando me sentia sozinha. E Isadora, sou grata pelo laço que criamos e do companheirismo desde o dia em que nos conhecemos. Ao Vitor, que esteve comigo todos esses anos perto ou longe, meu muito obrigada! E todas as pessoas com quem convivi nesses últimos anos que de certa forma me ajudaram a crescer.

E por fim, ao Douglas, que mais que um colega de trabalho e um supervisor, foi um amigo/pai, obrigada por tanta paciência e disposição em ensinar/auxiliar nesses dias. Sem ele, nada disso teria se concretizado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Operador com derriçadora de café.....	14
Figura 2: Colheitadora em operação.....	15
Figura 3: Colhedora K3, a primeira colhedora de café do mundo.....	16
Figura 4: Tábua com hastes de pitanga pregados.....	19
Figura 5: AE – Apalpador Esquerdo e AD – Apalpador Direito.....	20
Figura 6: Gráfico 01.....	20
Figura 7: Gráfico 02.....	21
Figura 8: Gráfico 03.....	21
Figura 9: Tela com interface homem-máquina.....	22
Figura 10: Fachada do simulador – Coffe Pilot.....	23
Figura 11: Quadro de fiação do simulador.....	23
Figura 12: Rotação da roda à direita, display do simulador.....	25

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 ORIGEM E IMPORTÂNCIA DO CAFÉ NO BRASIL.....	12
2.2 PROCESSOS DE COLHEITA DO CAFÉ.....	13
2.3 PERDAS NA COLHEITA.....	15
2.4 PRIMEIRA COLHEDORA DE CAFÉ.....	16
2.5 PILOTO AUTOMÁTICO PARA A COLHEITA.....	17
2.6 SIMULADORES E SEUS BENEFÍCIOS.....	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

O USO DE SIMULADOR PARA COLHEITA MECÂNICA DE CAFÉ

Ana Paula Ramos Xavier Torres¹, Ronega Boa Sorte Vargas²

**¹Acadêmica de Engenharia Agrícola, Instituto Federal Goiano – Campus
Urutaí (anapaularamosxaviertorres@gmail.com)**

**²Professora Mestra em Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano
– Campus Urutaí.**

RESUMO

Uma das dificuldades que os cafeicultores enfrentam na colheita mecanizada é determinar o momento adequado para iniciar a colheita, bem como determinar a vibração e a velocidade de operação mais adequadas. A colheita mecanizada do café tem contribuído para melhorar a qualidade do produto e reduzir as perdas, aumentando o lucro dos cafeicultores. No entanto, ainda demanda de pesquisas sobre o impacto da mecanização na produtividade das lavouras ao longo dos anos, pois a má colheita mecanizada pode causar danos às plantas. O uso de simuladores permite que os operadores de equipamentos possam planejar, testar e executar suas atividades a fim de diminuir o tempo de operação, reduzir consumo de insumos, diminuir falhas, aumentando a produtividade e gerando mais lucros para a colheita. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é demonstrar a importância da utilização de simuladores para otimização da colheita mecanizada de café. Na realização do experimento foi utilizado o software de simulação de realidade virtual Danfoss +1 Plus acompanhado de um expositor. Espera-se que com o uso do simulador e orientações ao operador, seja possível evitar que danos comuns, tais como a desfolha, sejam praticados. Sendo possível aumentar a produtividade, com o uso de técnicas simples de acionamento, podendo aumentar a eficiência da colheita, reduzir a perda de galhos produtivos e reduzir danos severos aos caules.

Palavras-chave: mecanização, agricultura de precisão, implemento agrícola.

O USO DE SIMULADOR PARA COLHEITA MECÂNICA DE CAFÉ

Ana Paula Ramos Xavier Torres¹, Ronega Boa Sorte Vargas²

**¹Acadêmica de Engenharia Agrícola, Instituto Federal Goiano – Campus
Urutaí (anapaularamosxaviertorres@gmail.com)**

**²Professora Mestra em Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano
– Campus Urutaí.**

ABSTRACT

One of the difficulties coffee growers face in mechanized harvesting is determining the right time to start harvesting, as well as determining the most appropriate vibration and operating speed. Mechanized coffee harvesting has contributed to improving product quality and reducing losses, increasing coffee growers' profits. However, there is still a need for research on the impact of mechanization on crop productivity over the years, as poor mechanized harvesting can cause damage to plants. The use of simulators allows equipment operators to plan, test and execute their activities in order to reduce operating time, reduce consumption of inputs, reduce failures, increasing productivity and generating more profits for the harvest. Therefore, the objective of this work is to demonstrate the importance of using simulators to optimize the mechanized coffee harvest. In carrying out the experiment, the Danfoss +1 Plus virtual reality simulation software was used, accompanied by an exhibitor. It is expected that with the use of the simulator and guidance to the operator, it will be possible to prevent common damages, such as defoliation, from being practiced. Being possible to increase the productivity, with the use of simple techniques of actuation, being able to increase the efficiency of the harvest, reduce the loss of productive branches and reduce severe damage to the stems.

Keywords: coffee, mechanized harvesting, simulator, agricultural implement

1. INTRODUÇÃO

Segundo a história brasileira, a cultura do café tem grande influência na colonização e desenvolvimento do país. Tal cultura, desempenha um papel econômico e social. O café segue compondo um importante papel na economia brasileira, ficando em 4º lugar no ranking de Valor Bruto de Produções (VBP) de produtos das lavouras, em 2021 (IBGE, 2022).

Com relação à lavoura cafeeira, as operações de cultivo são as que registram maior índice de mecanização, sendo o plantio e a colheita consideradas, ainda, operações pouco mecanizadas (Silva et. al. 2000). O café é uma cultura perene, uma vez plantado, as lavouras podem ser mantidas por 10, 20 anos ou mais. A colheita do café, por outro lado, é vista pelos produtores como um obstáculo no desenvolvimento da lavoura, mesmo levando em consideração as diferentes máquinas atualmente utilizadas nas operações de colheita, o grau de mecanização ainda não é alto.

A mecanização de café ainda é modesta, perante a área nacional cultivada. A colheita do café é uma operação complexa, apresentando várias etapas, e que demanda 30% do custo de produção e 40% da mão-de-obra empregada. Essa elevada demanda de mão-de-obra, que se concentra em um período de 100 dias, tem sido limitante para a cultura.

Informações acerca da capacidade operacional são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando nas decisões a serem tomadas pela administração, visando a sua otimização. A habilidade de uma máquina para desempenhar eficientemente sua função, trabalhando em qualquer ambiente, é um critério importante que afeta decisões sobre o seu gerenciamento (Taylor et al. 2002).

Segundo KASHIMA (1990) e BARBOSA et al. (2005), o sistema de colheita mecanizada apresenta menor custo operacional e melhor qualidade dos frutos na cultura cafeeira, comparativamente ao sistema de colheita manual.

Uma das dificuldades que os cafeicultores enfrentam na colheita mecanizada é determinar o momento certo para iniciar a colheita. O treinamento de operadores de máquinas agrícolas por meio de simuladores tem impacto direto na produtividade da lavoura. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é demonstrar a importância da utilização de simuladores para otimização da colheita mecanizada de café.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origem e importância do café no Brasil

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Café - ABIC (2021) o café, uma bebida consumida em vários países, teve sua origem na África, nas terras altas da Etiópia (Cafa e Enária).

Para a ABIC, o café chegou inicialmente à região norte de nosso país, mais pontualmente em Belém, no ano de 1727, solicitado pelo governador do Maranhão e Grão-Pará, o militar luso-brasileiro, Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta. Ele trouxe uma pequena muda de forma clandestina, dentro de seus pertences pessoais da Guiana Francesa para o Brasil recebendo assim, o título de o introdutor responsável pelo cultivo do café no Brasil.

A cafeicultura é uma das atividades mais representativas do agronegócio nacional, com grande relevância do ponto de vista social e econômico, nas regiões onde está instalada. A cultura cafeeira foi responsável pela ascensão econômico local por longos anos, época na qual o Brasil era um país fundamentalmente agrícola e produzia 80% do café comercializado no mundo. Como naquela época não se conhecia técnicas de manejo e preparo do solo, o cultivo intensivo empobreceu as terras, e os cafeicultores foram obrigados a procurar novas divisas para o cultivo do café (ZAMBOLIM, 2001).

O café segue compondo um importante papel na economia brasileira, figurando em 4º lugar no ranking de Valor Bruto de Produções (VBP) de produtos das lavouras, com participação de R\$ 42.598 bilhões no PIB brasileiro, onde contribuiu com 5,3% do faturamento total das lavouras, que foi de R\$ 756 bilhões em 2021 (CONSELHO NACIONAL DO CAFÉ, 2022).

Com base na estimativa da receita bruta, se for feito um ranking do faturamento das lavouras de café, incluindo as duas espécies (*C. arabica* e *C. canephora*), nos seis principais estados produtores do Brasil, para este ano-cafeeiro 2022 em referência, constata-se que Minas Gerais, com a previsão de faturamento de R\$ 33,28 bilhões, terá uma receita que equivalerá a aproximadamente 54% do faturamento nacional, e, assim, ocupará o primeiro lugar no ranking. Em seguida, destaca-se o Espírito Santo, com R\$ 13,84 bilhões (22,4%), seguido do estado de São Paulo, com R\$ 5,96 bilhões (9,6%). Na quarta colocação do ranking, figura o Estado da Bahia, com R\$ 3,97 bilhões

(6,4%), seguido de Rondônia, com faturamento de R\$ 2,93 bilhões (4,7%). E, por fim, na sexta colocação, o Estado do Paraná, cuja receita bruta das lavouras de café foi estimada em R\$ 754,65 milhões, a qual corresponderá a apenas 1,2% do faturamento nacional. Demais estados produtores completam os 100% do faturamento bruto dos Cafés do Brasil. (EMBRAPA, 2022).

A cadeia cafeeira gera 8,4 milhões de empregos diretos e indiretos, estando presente em 1983 municípios, nos dezesseis estados produtores. São 330 mil produtores de café no Brasil, sendo 78% pequenos produtores rurais (CONSELHO NACIONAL DO CAFÉ, 2022).

Nosso país detém também o título de maior exportador de café do mundo. No ano de 2021, segundo dados do Conselho de Exportadores de Café do Brasil, o país exportou 40,3 milhões de sacas de 60 quilos. Os principais países compradores do café brasileiro são Estados Unidos, Alemanha, Itália, Bélgica e Japão, respectivamente.

O café é um produto fundamental para o crescimento econômico e da política de desenvolvimento do país, ajuda a ampliar os mercados interno e externo e a integrar as pessoas em torno da degustação. Além de contribuir significativamente para a pauta exportadora do Brasil.

2.2. Processos de colheita do café

A colheita é uma das operações mais importantes do ciclo da cultura, e quando explorada por máquinas em áreas com microterraços, apresenta enorme vantagem se comparada com os métodos manual e semi-mecanizado (TAVARES et al., 2019). A colheita do café é constituída de uma série de operações, tais como arruação, derriça, varrição, recolhimento, abanação e transporte, e deve ser iniciada quando a maior parte dos frutos estiver madura e antes que se inicie a queda dos frutos secos (INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ, 1974). Durante a colheita do cafeeiro, vários fatores devem ser analisados, pois é um dos poucos produtos agrícolas brasileiros que tem seu preço baseado em parâmetros qualitativos e cujo valor aumenta significativamente com a melhoria da qualidade (CARVALHO & CHALFOUN, 1985).

Segundo Cruz Neto & Matiello (1981), a colheita do café é uma operação complexa, apresentando várias etapas, e que demanda 30% do custo de produção e 40% da mão-de-obra empregada. Essa elevada demanda de mão-de-obra, que se concentra em um período de 100 dias,

tem sido limitante para a exploração da cultura. O processo de colheita pode ser dividida em manual, semimecanizada e mecanizada.

Na colheita manual deve-se ter o cuidado de preservar o máximo possível do fruto e a integridade do arbusto, no que diz respeito aos ramos e folhas, isso é essencial para a futura safra. A colheita manual, exige que os trabalhadores colham o café manualmente, por meio de catação ou a dedos, ou mesmo através da derriça (MATIELLO, 2021).

Já na colheita semimecanizada, parte das operações são feitas manualmente e outra parte mecanizada. Devido à falta de mão de obra para colher o café, muitos produtores adotaram esse método. As vantagens do sistema de colheita semimecanizada, quando comparado à colheita manual, são muitas. Entre elas, podemos destacar a menor dependência de mão de obra e maior rendimento da operação (ALVES, 2019).

Por fim, na colheita mecanizada o processo de colheita do café é um processo relativamente novo, tendo em vista que a primeira colhedora de café foi criada no Brasil em 1979, e informações sobre sua viabilidade são escassos. Em geral, existem duas máquinas diferentes usadas para a colheita mecanizada, as derriçadoras e as colhedoras.

As derriçadoras (Figura 1), que são máquinas portáteis menores. Elas possuem uma vara longa com duas “mãos” vibrantes no final. Diferem das máquinas colhedoras por efetuarem a derriça do café de apenas um lado da planta. Alguns modelos de colhedoras já possuem mecanismos de recolhimento dos frutos. A derriça geralmente é realizada sobre panos previamente distribuídos sobre o chão, junto e abaixo da linha dos cafeeiros (MESQUITA, 2016).



Figura 1: Operador com derriçadora de café. Fonte: EPTV (2022).

A segunda opção é usar uma colheitadora (Figura 2). A colheita do café totalmente mecanizada tem como etapa inicial a derriça, através de hastes que promovem a vibração dos ramos, permitindo a soltura dos grãos presentes nas plantas. Uma vez tirados da planta, são feitos o recolhimento e a abanação dos frutos. A colheita mecanizada do café torna-se cada vez mais uma alternativa viável, uma vez que a eficiência nessa atividade aumenta a cada ano, permitindo um produto final de maior qualidade, com redução de custos e perdas, que levam a uma maior rentabilidade ao produtor (SILVA et. al., 2020).



Figura 2: Colheitadora em operação. Fonte: Ferreira Júnior (2020).

2.3. Perdas na colheita

A colheita do café deve ser feita apenas da cereja, retirando-a diretamente do pé plantado. O arranque e quebras propositais de ramos e folhas agride a planta e, por consequência, prejudica o cultivo seguinte.

Uma colheita feita de forma despreparada, seja ela manual, semimecanizada ou mecanizada traz consequências durante muitas safras. Na colheita mecanizada um dos exemplos é a desfolha, que acaba acentuando a seca de ramos laterais e provoca, gradualmente a deformação das plantas e o aparecimento de ramos ladrões, que são ramos que sugam a energia da planta para o seu crescimento, exigindo desbrotas e antecipação de podas.

Vibrações excessivas e manobras desnecessárias, que faz com que as folhas fossem estranguladas pela máquina, aumentam consideravelmente a desfolha. A desfolha em cafeeiros é um problema que pode causar perdas no desenvolvimento e na produtividade das plantas (MATIELLO, 2022).

2.4. Primeira colhedora de café

A primeira colhedora de café produzida no mundo foi desenvolvida com tecnologias e pesquisas brasileiras. K3, foi o nome dado ao equipamento lançado pela Jacto em 1979. O fundador da Jacto, o imigrante japonês Shunji Nishimura, trabalhou na colheita manual de café, no interior de São Paulo. A experiência da dor e de ter as mãos sangrando ao final da jornada de trabalho foi uma motivação para o desenvolvimento da máquina. Em 1974, foi lançado o primeiro derriçador para a primeira fase da colheita e, em 1975, entra em testes a primeira versão da colhedora, o protótipo K1, acionado por trator e que serviu de base para os aperfeiçoamentos do segundo protótipo, o K2, que foi ao campo em 1977. Finalmente, em 1979, a Jacto lançava no mercado a primeira colhedora de café do mundo (CICILLINI, 2019).



Figura 3: Colhedora K3, a primeira colhedora de café do mundo. Fonte: Jacto (2019).

2.5. Piloto automático para a colheita

A colheita mecanizada do café obteve crescimento nas últimas décadas, o processo de mecanização foi possível através da redução do preço de aquisição e maior disponibilidade na locação do maquinário, aumento do custo de mão de obra, além de garantir aos pequenos e grandes produtores maior rapidez e agilidade (CASSIA et al., 2013).

Vibrações muito elevadas e velocidades operacionais reduzidas podem promover severos danos físicos às plantas, redução da qualidade dos frutos, aumentando as perdas e prejudicando o próximo ciclo reprodutivo (SANTINATO et al., 2015).

Os pilotos automáticos agrícolas consistem em um sistema ligado ao sistema de direção do veículo, permitindo o controle à distância. Para isso, a máquina precisa ter uma antena para captar os sinais de comando enviados pelo software, na qual o produtor insere dados sobre cada operação. Esses comandos são enviados à máquina por meio de um sistema GPS e capturados por uma antena montada na máquina. Com isso, o veículo pode se conduzir e desempenhar suas funções de acordo com o tipo de integração entre a máquina e o implemento. Usando essa tecnologia, os agricultores podem aumentar a produtividade e reduzir o tempo de operação, entre outros benefícios (CLIMATE FIELVIEW, 2022).

2.6. Simuladores e seus benefícios

Uma das dificuldades que os cafeicultores enfrentam na colheita mecanizada é determinar o momento adequado para iniciar a colheita, bem como determinar a vibração e a velocidade de operação mais adequadas para cada variedade ao longo da safra. Geralmente, o ajuste da vibração e velocidade de operação da colhedora é feito de forma empírica, através de tentativa e erro, pelo produtor para buscar o maior desempenho operacional (SANTINATO, 2016).

A falta de treinamento e qualificação dos operadores de máquinas agrícolas é uma barreira ao acesso às tecnologias necessárias que contribuem para a excelência operacional. Algumas máquinas dessa área já possuem equipamentos sofisticados, mas sem treinamento e qualificação, os operadores não conseguirão ler e interpretar adequadamente os dados fornecidos, resultando em desperdício de insumos.

O treinamento de operadores de máquinas agrícolas usando simuladores virtuais impacta diretamente na produtividade da lavoura. Com ele, os operadores poderão medir seus resultados e experiências do mundo real, levando a novas ideias para melhorar a funcionalidade por meio da agricultura de precisão.

Simuladores permitem que os operadores de equipamentos possam planejar, testar e executar suas atividades a fim de diminuir o tempo de operação, reduzir consumo de insumos, diminuir falhas, aumentando a produtividade e gerando mais lucros para a colheita.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na empresa MGC TECNOLOGIA LTDA, localizada no setor Jaó, Goiânia – Goiás, em novembro de 2022.

Para a execução do trabalho inicialmente, foram coletadas hastes de pitanga, a fim de simular pés de café, fixos em uma tábua de 2,20 metros, com espaçamentos entre si de 0,50 metros e dispostos de forma aleatória, sendo quatro hastes em cada tábua. Em seguida, começaram as avaliações, sendo feitas através do software Danfoss +1 Plus para a obtenção da correção angular da roda da colhedora.

Foi simulado com as tábuas paradas, a passada do simulador a 1 km/h, de forma a analisar o comportamento da roda perante o desalinhamento que ocorre nas linhas de plantio. O simulador, corrigiu cada pé de café (que estão representados pelas hastes de pitanga, figura 4), através dos sensores instalados nos apalpadores (figura 5). Os sensores captaram 10 movimentos por segundo. Conforme, as hastes dos apalpadores tocavam as hastes de pitanga, o desalinhamento ia sendo captado e corrigido de forma gradual e após isso as rodas voltavam pra posição inicial do piloto automático. Ao final de toda simulação, o software gerou uma tabela com os dados das correções.



Figura 4: Tábua com hastes de pitanga pregados. Fonte: Arquivo pessoal (2022).



Figura 5: AE - Apalpador Esquerdo e AD – Apalpador Direito. Fonte: Arquivo pessoal (2022).

As figuras 6 a 8 foram uma forma de representar o plantio. Geralmente a distância das plantas na linha varia entre 0,50 cm e 1,00 m. Foi adotado o meio da tábua como o alinhamento ideal (a tábua tinha 2,20 m de largura, logo o alinhamento correto seria no ponto 1,50 m). Os tocos foram pregados propositalmente de forma ocasional, buscando retratar de forma mais verossímil o plantio na realidade. A cada contato dos tocos no sensor, as rodas se ajustavam para em seguida os apalpadores executaram seu papel na derriça. A tela do simulador nos mostrará em porcentagem o quanto a roda se ajustou antes que ocorresse o contato. Tomamos como ponto ideal, o toco 01 do figura 06. Logo, os demais se ajustavam em relação a ele. Quando interpretado por negativo era feito o ajuste à esquerda e positivo à direita.

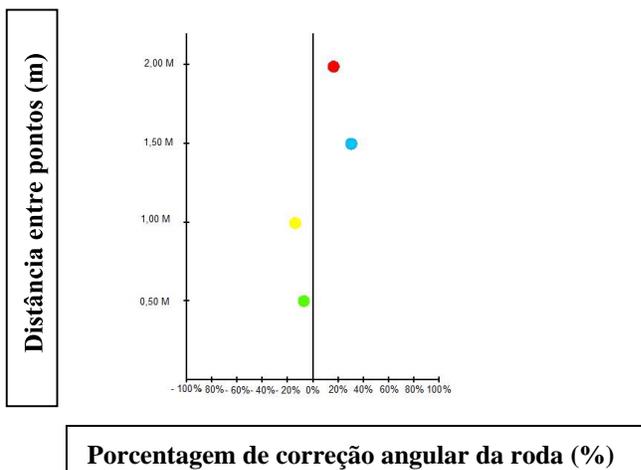


Figura 6: Correlacionando a distância entre os pés e a porcentagem de desalinhamento.

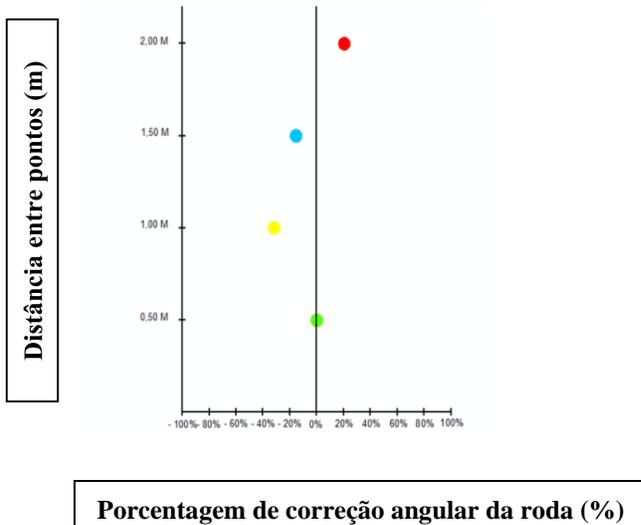


Figura 7: Correlacionando a distância entre os pés e a porcentagem de desalinhamento.

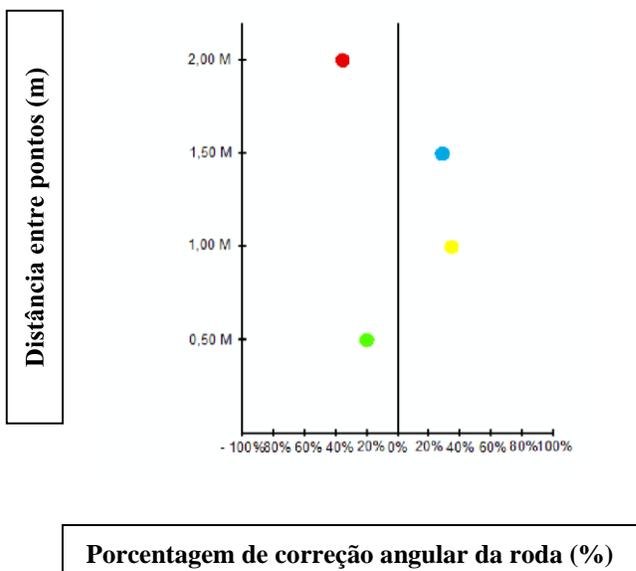


Figura 8: Correlacionando a distância entre os pés e a porcentagem de desalinhamento.

Na realização do experimento foi utilizado o software de simulação de realidade virtual **Danfoss +1 Plus** acompanhado de um expositor (figura 05), que consiste de um display de 4.3 polegadas que é usado como IHM (interface homem – máquina), que facilita a comunicação e a

interação entre o operador e o dispositivo. Três transdutores de posição, que são dispositivos utilizados para determinar a posição linear ou angular da roda, e é responsável por convertê-la num sinal que é transmitido ao controlador. Um volante que é onde o operador mexe pra movimentar a roda da colhedora. No fundo dele, tem um sensor que capta esse movimento e faz a roda girar. Uma fonte de alimentação 12V 30W. Um sistema eixo, roda, garfo. Dois bicos reais de colhedoras de café, modelo TDI mini cerrado, por ser ideal para café adensado e inclinado. Fazendo com que a abrangência do simulador seja a maior possível. Dois sensores apalpadores, que mede as variações que são detectadas (o que pé do café quando é tocado) e convertidas em sensor angular, eles vão montados dentro dos bicos. Essa estrutura de bicos e sensores, tem o nome de KMST (kit mecânico de sensor tátil). Caixa de distribuição dos cabos e seus respectivos. Motor elétrico para movimento da roda, que gera a energia elétrica em energia cinética, o que põe a roda em movimento. Na vida real a roda respondem a um sistema de direção hidráulica. Adornos como adesivos, testeira em acrílico e painel de led. Todo o simulador é configurado e a sua manutenção é feita via software.

Para simular a linha de plantio, foi utilizado três tábuas de 2,20 m e 12 tocos de 30 cm de pitanga. Pregados de forma aleatória com uma parafusadeira.



Figura 9: Tela com interface homem-máquina (IHM). Fonte: Arquivo pessoal (2022).



Figura 10: Fachada do simulador – Coffee Pilot. Fonte: Arquivo pessoal (2022).

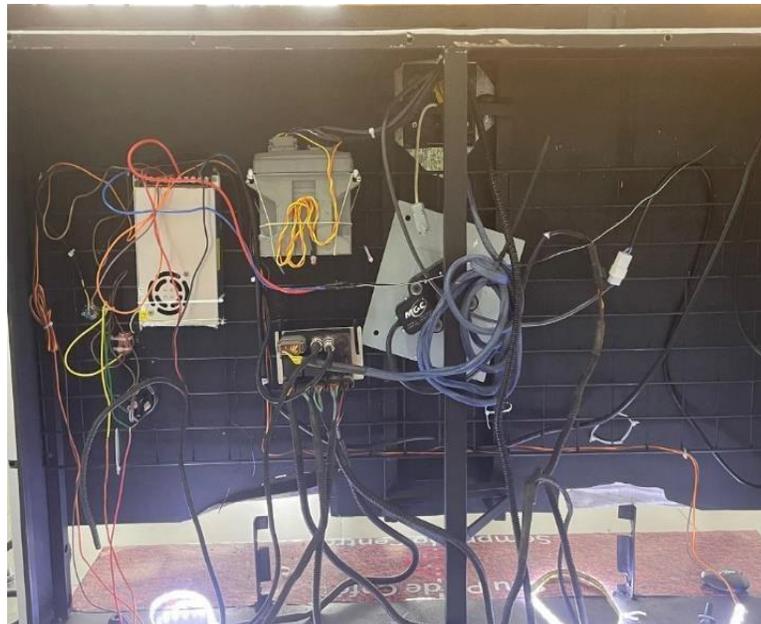


Figura 11: Quadro de fiação do simulador. Fonte: Arquivo pessoal (2022).

3.1. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levando em consideração que a mão de obra corresponde a uma parte onerosa do investimento da lavoura de café, sabemos que reduzir tempo de colheita também significa reduzir custos, visto que na colheita mecanizada o tempo gasto é consideravelmente inferior a colheita manual. Criar implementos que ajudem a evitar danos estruturais nas plantas e que aumente a eficiência da operação tem sido estudado ao longo dos anos. O simulador busca ser o mais autêntico possível perante a realidade durante a colheita.

Acionado por chave de ignição, ligando e deixando pronto para uso do equipamento. Em seguida se calibra conforme o plantio feito (em nível ou em curva) com a angulação da área a ser simulada.

Após tudo isso, é acionado um interruptor onde acontece um simulacro de velocidade do trator, onde é ligado através de um interruptor o piloto automático. A medida que é passado os tocos pelos apalpadores, eles acionam os sensores que mandam a informação para o software que faz a leitura do ângulo e transmite para o autosense da roda que a movimentam para o ângulo de leitura que seria o ângulo correto para a colheita menos agressiva.

Na prática, a colheita nem sempre é ideal, com o alinhamento e espaçamento ideal. Existem meios para evitar danos com a colheita mecânica, como por exemplo, quanto maior o comprimento da linha, melhor, já que isso reduz o número de manobras. Mas quando isso não é possível, pensar em preservar a estrutura da planta ao máximo, também traz benefícios ao longo do tempo. Ter um piloto que avalia cada pé de café, a fim de danificar o mínimo possível só trará vantagens ao longo do tempo.

O simulador apresenta uma influência positiva sobre a derriça, pois através dos sensores, posiciona-se a colhedora sem que haja a necessidade da virada dos ramos fazendo com que o plantio com as mudas alinhadas gere uma redução na quebra de ramos das plantas. Quando o simulador foi utilizado durante todo o experimento, o display IHM apresentou fácil usabilidade, fácil interpretação para o operador e com o giro da roda, como informação útil.

Quando as hastes com os sensores ficam próximos dos tocos, acabam exercendo uma pressão, que será lida e interpretada pelo software. Logo após, um comando será enviado para o motor acoplado nas rodas, fazendo-a com que se movimentem, conforme eleito o ponto ideal

definido no início. Isso tudo será visualizado em formato de graus, no display do simulador (figura 12).

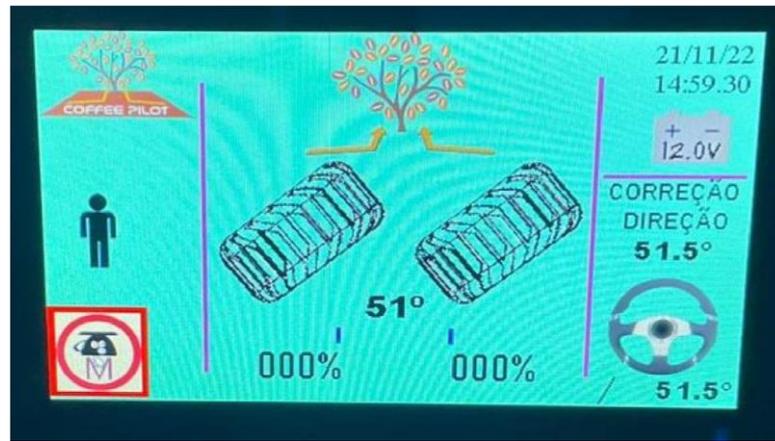


Figura 12: Rotação da roda à direita, display do simulador. Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Conforme podemos perceber nas figuras 6, 7 e 8, o simulador nos mostra em porcentagem toda a correção necessária. Colocamos na figura 7, a bolinha verde (simbolizando a haste 01), como ponto ideal. Com espaçamento de 0,50 m, no meio da tábua no ponto de 1,5 m. Todos os demais pontos se basearam nele para serem corrigidos. Obtivemos uma correção máxima negativa de 28,49% o que nos mostra que a roda precisou girar esse valor à esquerda e uma correção máxima positiva de 27,77% à direita.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A colheita do café deve ser feita o mais rápido possível, o que melhorará a qualidade do produto e reduzirá as perdas, aumentando o lucro do cafeicultor. Como resultado, a colheita mecanizada de café tornou-se uma prática crescente com vantagens imediatas na redução de custos e na melhoria da qualidade da bebida. No entanto, alguns danos são encontrados durante o processo de colheita, o que pode causar danos ao cafeeiro. Um dos principais danos ao cafeeiro causado pela ação das colhedoras, é a desfolha, que na maioria das vezes é maior do que a colheita manual, levando assim a uma produtividade menor no ano seguinte, pois usará suas reservas para reestruturar a lavoura, isso vai estressar a planta e encurtar sua vida útil.

Espera-se que com o uso do simulador e orientações ao operador, seja possível evitar que danos comuns, tais como a desfolha, sejam praticados. Sendo possível aumentar a produtividade, com o uso de técnicas simples de acionamento, podendo aumentar a eficiência da colheita, reduzir a perda de galhos produtivos e reduzir danos severos aos caules.

O projeto, fruto de pesquisa e experiência em campo, utiliza um sistema de visualização totalmente compreensível. Por ser um simulador de fácil manuseio, também é fácil notar diferenças/desalinhamento no plantio e manipular comandos reais da máquina.

O simulador foi desenvolvido para ser comercializado aos pilotos de café e é um grande diferencial para o cliente final, que pode observar o equipamento em ação sem ir ao campo e por permitir praticar o funcionamento do equipamento sem causar desgaste durante a colheita.

O objetivo final é aumentar a produtividade, com o uso de técnicas simples de acionamento podendo aumentar a eficiência da colheita, reduzir a perda de galhos produtivos e reduzir danos severos aos caules.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Agropecuária Brasileira em Números – ABN**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros/abn-07-2022.pdf>. Acessado em: 26 set. 2022.

SILVA et. al. **Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil**. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/528/166699_Art13f.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 02 set. 2022.

TAYLOR, R.K. et. al. **Extracting machinery management information from GPS data**. St. Joseph: ASAE, 2002. 9 p.

BARBOSA, J.A et al. **Desempenho operacional de derrçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.1, p.129-132, 2005.

ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café. **Linha do Tempo do Café**. Disponível em: <<https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/linha-do-tempo-do-cafe/>>. Acessado em: 05 out. 2022.

ZAMBOLIM, Laércio. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO CAFÉ. **Brasil: a nação do café**. Disponível em: <<https://cncafe.com.br/brasil-a-nacao-do-zafe/#:~:text=A%20cadeia%20cafeeira%20gera%208,muito%20mais%20que%20uma%20bebida.>>. Acessado em: 10 out. 2022.

TAVARES, T. et. al. (2019) **The times, movements and operational efficiency of mechanized coffee harvesting in sloped areas**. PLoS ONE, v. 14, n. 5, p. 1–10. DOI: 10.1371/journal.pone.0217286.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Podas. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: IBC/Gerca, 1974. p.207–226.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, v.11, p.7992, 1985.

ALVES, E. Revista Cultivar. **Colheita semimecanizada**. 2019. p. 40. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/materias/colheita-semimecanizada>>. Acessado em: 18 nov. 2022.

SILVA, M. R. et. al. Revista Cutivar. **Características e benefícios da colheita mecanizada do café**, 2020. Disponível em: < <https://revistacultivar.com.br/noticias/caracteristicas-ebeneficios-da-colheita-mecanizada-de-cafe>>. Acessado em: 20 nov. 2022.

MESQUITA, Carlos Magno de et al. **Manual do café: colheita e preparo** (Coffea arábica L.). Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. p. 20.

MATIELLO, J. B. FOLHA PROCAFÉ. **Desfolha dos cafeeiros: causas e efeitos**. Disponível em: < <https://www.cafepoint.com.br/colunas/folha-procafe-jose-braz-matiello/desfolha-dos-cafeeiros-causas-e-efeitos-230202/>>. Acessado em: 28 set.2022.

CICILLINI, F. Revista Cutivar. **Primeira colhedora de café produzida no mundo completa 40 anos**. Disponível em: < <https://revistacultivar.com.br/noticias/primeira-colhedora-de-cafe-produzida-no-mundo-completa-40-anos>>. Acessado em: 05 out. 2022.

CASSIA, M. T. et al. **Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system**. Ciência Rural. v. 43, n. 1, p. 28-34, 2013.

SANTINATO, F. et. al. **Número de operações mecanizadas na colheita do café**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 45, n. 10, p.1809-1814. 2015.

BLOG FIELDVIEW. **Como funciona o piloto automático agrícola?** Disponível em: <<https://blog.climatefieldview.com.br/piloto-automatizadoagricola#:~:text=O%20piloto%20autom%C3%A1tico%20agr%C3%ADcola%20consiste,os%20dados%20sobre%20cada%20opera%C3%A7%C3%A3o>>. Acessado em: 10 set. 2022.

SANTINATO, R. et. al. Revista Cultivar. **Colheita mecanizada do café**. 2016. Disponível em: < <https://revistacultivar.com.br/artigos/colheita-mecanizada-do-cafe>>. Acessado em: 12 set. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Café: Safra 2021**. Acompanhamento da safra brasileira – Terceiro levantamento, v. 9, n. 3 , p. 36, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acessado em: 29 out. 2022.