

Piloto automático no café

Tecnologia simples, aplicada em colhedoras de café, o piloto automático ajuda a aumentar a eficiência da colheita mecânica da cultura, além de diminuir os danos causados às plantas

A colheita do café tem grande participação e influência nos custos de produção e na qualidade do café produzido. A mecanização desse processo é uma forte alternativa para o produtor reduzir custos, agilizar o processo e melhorar a qualidade do produto final. Assim, cafeicultores investem cada vez mais na colheita mecanizada, seja de forma seletiva (visa à derrida de frutos cerejas), escalonada (duas ou três passadas da colhedora) ou plena (única passada da colhedora, objetivando derridar todos os frutos, independentemente da maturação).

Sabe-se que a colheita mecanizada preserva mais a lavoura que a colheita manual ou semimecanizada. Colher mecanicamente sem causar injúrias nas plantas de café é um desafio, afinal, é uma cultura perene (produz por vários anos) e

são essas mesmas plantas que irão produzir novamente para suprir as necessidades econômicas do negócio. Essa etapa requer planejamento e conhecimento sobre os princípios de regulagem da colhedora, técnicas operacionais, parametrização de lavoura quanto às suas características físicas e fisiológicas e também sobre as intervenções adversas, como o clima, que tem influenciado muito sobre a colheita nos últimos anos.

O fato de os cafeeiros apresentarem floração desigual ao longo do tempo resulta em uma maturação desuniforme, dificultando ainda mais a colheita mecânica, principalmente daqueles que visam à qualidade. Essa situação tem ocorrido nos últimos anos e uma das orientações de técnicos e especialistas da área é realizar a colheita escalonada ou seletiva em vez de realizar a colheita tradicional com única passada

da máquina, podendo danificar gravemente os ramos e o caule da planta, prejudicando safras futuras.

A colheita mecânica é um processo dinâmico, invasivo e por isso requer cuidados. Porém, mesmo com operador qualificado e experiente, é impossível realizar uma colheita sem perdas e sem danos ao cafeeiro.

Buscando alternativas para promover o melhor controle da colheita, a fim de melhorar a eficiência do processo e minimizar perdas e danos causados nas plantas, empresas têm investido bastante em inovações tecnológicas, tornando os processos cada vez menos dependentes do fator humano, garantindo a operação com automação de processos e técnicas de aprendizado de máquinas.

Baseado nisso, o presente traba-



Iho apresenta os resultados de uma avaliação de colheita mecânica do café, comparando o sistema operacional manual com um sistema operacional automático, ou seja, operador versus piloto automático. Essa avaliação consiste em analisar a colheita mecânica do café Arábica, comparando os sistemas citados e identificando a influência desses sobre as variáveis: eficiência de derriça, perda de frutos, desfolha de plantas, perda de ramos produtivos e ferimentos no caule.

Experimento

O experimento foi realizado no município de Nepomuceno (Sul de Minas Gerais), na Fazenda Santa Maria. O sistema de direcionamento automático, denominado de *Coffee Pilot*, fabricado pela empresa MGC Tecnologia, foi adaptado em uma colhedora automotriz da marca Case, modelo CE 200 Multi, fabricada em 2018.

O *Coffee Pilot* é composto por um sistema mecânico acionador com sensores, uma IHM (Interface Homem Máquina) fixada próximo ao painel de comandos dentro da cabine, que faz a função de tela e módulo e de direção eletrônica. É um sistema que pode ser instalado em qualquer colhedora, desde



Luiz de Gonzaga Ferreira Junior

O sistema de direcionamento automático, denominado de *Coffee Pilot*, fabricado pela empresa MGC Tecnologia, foi adaptado em uma colhedora automotriz da marca Case, modelo CE 200 Multi, fabricada em 2018



Case IH

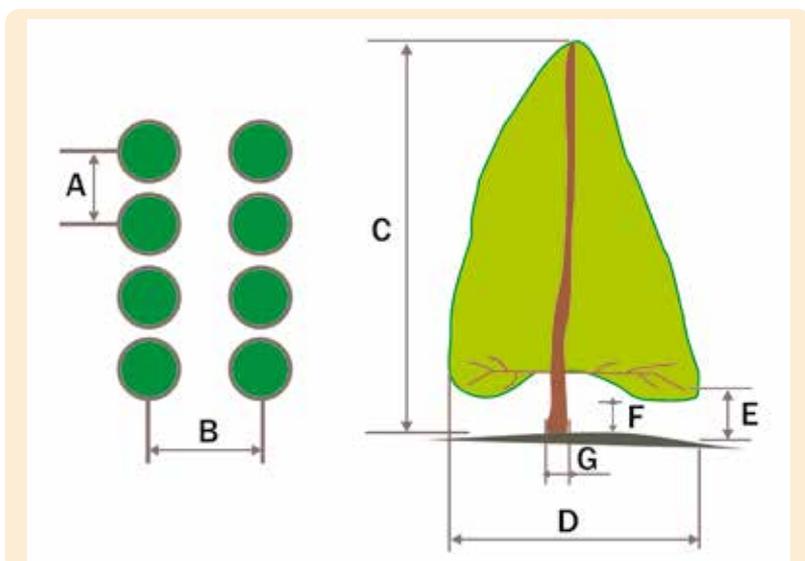
Quadro 1 - Amostragem para a caracterização da lavoura

- Variedade = Mundo Novo
- Idade da lavoura = 8,5 anos
- Espaçamento de plantio = 3,60m x 0,60m
- Área do talhão = 8ha
- Volume por planta = 6,17 litros
- Maturação:
 - 5% de frutos verdes
 - 76 % de frutos cereja
 - 19% de frutos secos
- Força de desprendimento dos frutos:
 - 829 gramas para desprender os frutos verdes
 - 655 gramas para desprender os frutos cereja



CARACTERÍSTICAS DA LAVOURA

Parâmetros	Média Geral
Espaçamento Entre Plantas (m)	0,58
Espaçamento Entre Linhas (m)	3,59
Altura da Planta (m)	3,50
Largura da Saia (m)	2,10
Altura dos Primeiros Ramos Produtivos (m)	0,25
Altura dos Primeiros Ramos Não Produtivos (Brotos) (m)	0,22
Diâmetro do Caule (cm)	6,54



As configurações para colheita foram:

- Colheita plena
- Rotação do motor a 2.200rpm
- Velocidade de colheita = 1.000m/h
- Vibração (Agitação) dos osciladores = 950rpm
- Freio dos osciladores (Agressão) = 2 voltas/min
- Afastamento dos cilindros osciladores a 1/3 do curso total



O *Coffee Pilot* é composto por um sistema mecânico acionador com fixada próximo ao painel de comandos dentro da cabine, que faz a

que seja automotriz. Esse sistema não usa fonte de correção de sistemas de navegação por satélite.

O *Coffee Pilot* possui acionamento mecânico pela frente da máquina, através de uma haste localizada em cada uma das ponteiros dos transportadores horizontais. Essas hastes, ao tocarem no pé de café (tronco) se deslocam com o movimento da colhedora. Existe um sensor alojado nessas ponteiros que converte o movimento da haste em sinais. Esses sinais são enviados para uma central de comando alojada dentro da cabine e, baseados nas configurações inseridas manualmente antes de iniciar a colheita, os sinais são convertidos em ângulo de giro da roda dianteira. Assim, ao tocar em alguma planta desalinhada automaticamente a roda dianteira desvia dessa planta e retoma imediatamente a posição anterior. Esse deslocamento de desvio e retorno da roda também pode ser ajustado pelo operador conforme necessidade.

A tela IHM permite que o operador acompanhe o movimento de giro da roda dianteira e, por segurança, em qualquer necessidade ou emergência, se o operador tocar no volante imediatamente o sistema automático é interrompido e o comando de direção retorna ao manual (operador).

Antes de iniciar os experimentos, realizou-se amostragem para a caracterização da lavoura, e os resultados estão apresentados no Quadro 1.

O sistema de piloto automático requer ajustes de configuração conforme condições de lavoura. Então, o ajuste adequado para os ensaios foi com 35° de ângulo de retorno da roda; 30% de retorno máximo e 30% de avanço máximo. Esse ajuste é realizado antes da colheita, no painel de comando do *Coffee Pilot*, localizado dentro da cabine.



sensores (A), uma IHM (Interface Homem Máquina) função de tela e módulo (B) e direção eletrônica (C)



A tela IHM permite que o operador acompanhe o movimento de giro da roda dianteira e, por segurança, em qualquer necessidade ou emergência

Antes de se iniciarem os ensaios, realizou-se a preparação das parcelas experimentais, que foram alocadas dentro do talhão em uma região onde as plantas se encontravam mais homogêneas, longe de carregadores e estradas. A distribuição foi de oito parcelas, com 16 plantas em cada parcela. As plantas antes e depois das parcelas foram derriçadas, a fim de não influenciar nos ensaios.

A dinâmica da avaliação da colheita, para ambos os sistemas avaliados (*Coffee Pilot* e manual) foi realizada da seguinte forma: o café derriçado e recolhido pela colhedora foi coletado na bica de descarga, ensacado e teve seu volume medido posteriormente. O café que caiu sobre os panos foi recolhido, abanado e seu volume foi medido em baldes graduados.

As folhas e os galhos que caíram sobre o pano, dentro da parcela, também foram separados manualmente e em seguida quantificados. A separação foi de ramos produtivos, brotos, folhas verdes (sadias) folhas secas e/ou contaminadas por pragas ou doenças e galhos secos. Na sequência, as folhas verdes foram pesadas e os ramos produtivos quantificados. Os galhos e folhas secas, assim como as folhas verdes contaminadas por pragas e doenças, foram descartados.

As plantas dentro de cada parcela



O café derriçado e recolhido pela colhedora foi coletado na bica de descarga, ensacado e teve seu volume medido posteriormente

foram avaliadas quanto aos danos no caule.

Para comparar os sistemas operacionais (manual x *Coffee Pilot*), foram realizadas análise exploratória dos dados do processo de colheita do café e análises descritivas, com uso do programa R (R Core Team, 2022). Para isso, utilizou-se do “teste-t de Student” ao nível de 10% de significância. Esse tipo de teste é indicado para duas amostras que comparam grupos (métodos) diferentes e nas mesmas condições.

Resultados da eficiência de derriça (%)

Os resultados apontaram uma eficiência de derriça média de

98,1% para a operação com piloto ligado (*Coffee Pilot*) e 97% para operação manual. O teste estatístico (teste-t de Student) aponta diferença significativa (valor-p = 0,0250) entre as médias da eficiência de derriça, indicando que o piloto ligado durante a colheita mecânica proporcionou maior eficiência de derriça, na ordem de 1,1% a mais em relação à operação manual (Gráfico 1).

Os resultados evidenciam a condição favorável para a derriça mecânica do café quando se utiliza o piloto automático *Coffee Pilot*, uma vez que aumenta a eficiência da derriça. Pode-se concluir também que em colheita plena haverá me-

Gráfico 1 - Valores médios da eficiência de derrida para piloto ligado (Coffee Pilot) e manual

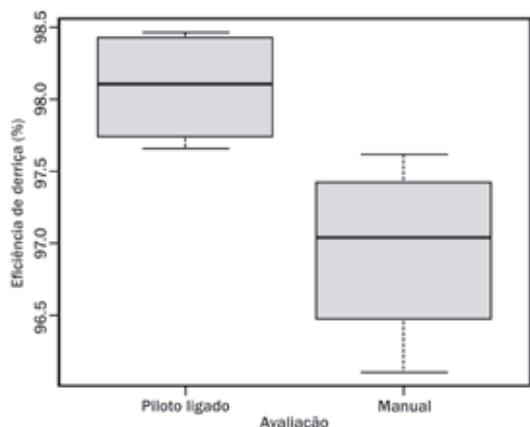


Gráfico 2 - Valores médios da perda de chão para piloto ligado (Coffee Pilot) e manual

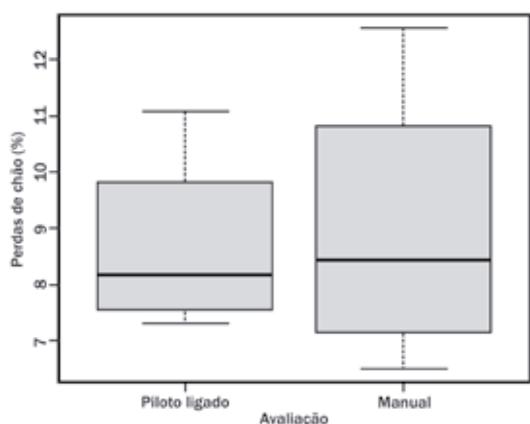
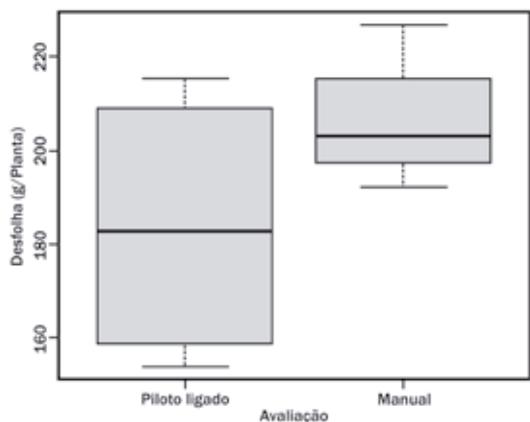


Gráfico 3 - Valores médios da desfolha das plantas para piloto ligado (Coffee Pilot) e manual



nor carga para a operação de repasse.

Perdas de chão (%)

Os cafés que caíram no chão com a passagem da colhedora, após quantificados para ambos os sistemas avaliados, resultaram nas seguintes médias: 8,68% de perdas com piloto automático em funcionamento e 8,98% de perdas com operação manual. Nota-se pequena diferença na perda de chão entre os sistemas avaliados. Estatisticamente, não houve diferença significativa (valor-p = 0,8547) entre as médias (Gráfico 2). Isso significa que independentemente da forma de operação (piloto automático ou manual), a perda de chão foi estatisticamente a mesma.

Desfolha das plantas (gramas/planta)

Para a desfolha das plantas, os resultados indicam que não houve diferença significativa (valor-p = 0,2234), apontando valor médio de 184g/planta quando utilizado o piloto auto-

mático e de 206g/planta quando manual. Apesar da diferença de 22g/planta, estatisticamente a desfolha é a mesma para ambos os sistemas avaliados, ou seja, a desfolha de folhas saudáveis não sofreu influência com a forma de operação (Gráfico 3).

Perda de ramos produtivos (ramos/planta)

Os resultados estatísticos apontaram que houve diferença significativa (valor-p = 0,0091) entre os sistemas operacionais avaliados (Gráfico 4). O valor médio para a perda de ramos com piloto automático ligado foi de 1,81 ramo/planta, enquanto para o sistema com operação manual, a perda foi de 3,02 ramos/planta.

Com esses resultados (Gráfico 4), pode-se concluir que o *Coffee Pilot* apresentou menor perda de ramos produtivos, na ordem de aproximadamente dois ramos a menos por planta, ou seja, redução de 40% na perda de ramos.

Durante os ensaios, calculou-se a quantidade média de internódios por ramo produtivo

Gráfico 4 - Valores médios da perda de ramos para piloto ligado (Coffee Pilot) e manual

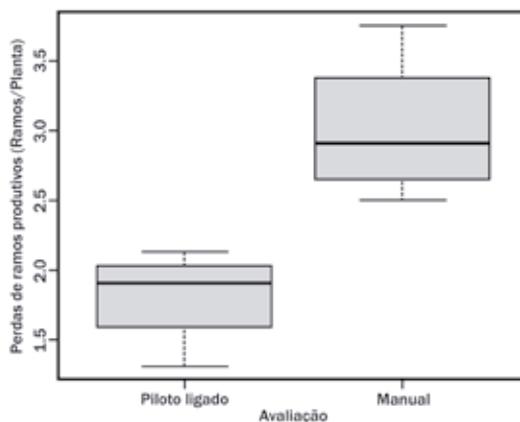
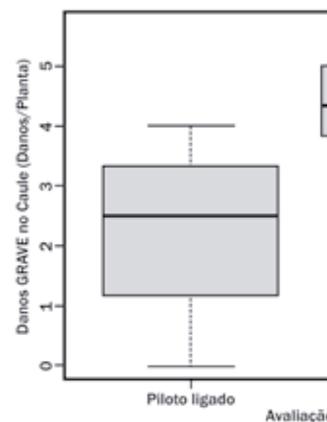


Gráfico 5 - Valores médios dos danos no caule para piloto ligado (Coffee Pilot) e manual



perdido (com potencial vegetativo para produção), sendo de cinco internódios. Então, estimando uma produção futura média de 20 frutos por internódio (baseado na realidade do talhão avaliado), sendo dois ramos, somam-se 200 frutos, o equivalente a 0,29 litro por planta (considerando 700 frutos para formar um litro). Sendo o talhão com 4.630 plantas por hectare, estima-se que o sistema de direcionamento automático preveniu uma perda de aproximadamente 2,6 sacas de café por hectare (isso já considerando uma pequena quebra, sendo 520 litros para formar uma saca), ou seja, o equivalente a R\$ 2.704,00 por hectare, considerando o preço do café tipo 6, bebida dura bica corrida de R\$ 1.040,00 (valor médio atual em 25/1/2023). Então, no talhão avaliado, com área total de oito hectares, a perda total seria de R\$ 21.632,00, ou seja, uma perda expressiva para a próxima safra.

Danos graves no caule (lesões ou danos/planta)

Tratando-se de lesões no caule, denominadas aqui de Dano Grave, o *Coffee Pilot* apresentou uma redução de 49% na quantidade de da-

nos graves causados no caule da planta, quando comparado com operação manual (Gráfico 5). Estatisticamente houve diferença significativa (valor-p = 0,0648), sendo de 2,25 danos/planta com piloto automático ligado e de 4,42 danos/planta para operação manual.

Pode-se concluir (Gráfico 5) que o uso do piloto automático reduziu em 49% a quantidade de lesões graves no caule das plantas quando comparado ao sistema manual. Esse resultado é extremamente importante e deve ser analisado pelos produtores, pois danos como esses estimulam o crescimento de brotos “ladrões”, elevam os custos de desbrota, possibilitam a entrada de doenças e interferem na condução de nutrientes para os ramos.

Conclusões da comparação piloto automático x manual

Pode-se concluir que o uso do piloto automático se apresentou atrativo para a colheita mecânica quando comparado à operação manual, pois influenciou positivamente nas variáveis eficiência de derrça, perda de ramos produtivos e danos graves no caule.

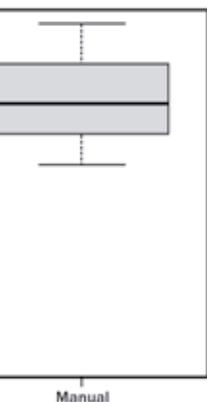
Esses resultados podem contribuir para o produtor, reduzindo o volume de repasse; favorecendo a produtividade dos próximos anos, pois reduz a perda de ramos produtivos; reduzindo a incidência de brotos causados pelos danos no caule e consequentemente a redução do custo de desbrota ao longo dos anos e minimizan-

do as chances de ataque de fungos e doenças que atingem os ferimentos do caule causados pelas hastes da colhedora. Além disso, o sistema apresentou-se de fácil usabilidade e interpretação para o operador, contribuindo também em situações como manobras, por mostrar a posição da roda dianteira na tela dentro da cabine e também reduzindo os danos dos próprios componentes da máquina, por manter a máquina mais centralizada, minimizando os impactos agressivos nos caules, principalmente em lavouras altas e encorpadas, as quais dificultam a visualização do operador.

Contudo, o presente estudo, além de contribuir para novas pesquisas em cafeicultura de precisão, serve para uma reflexão e autoanálise de gestores sobre a viabilidade em investimentos em sistemas tecnológicos e inovadores, como esse piloto automático para a colheita mecanizada do café. 

Luiz de Gonzaga Ferreira Júnior,
Lucas Kemps Ferreira,
Gonzaga
Cleyton Pedroso,
Gonzaga/Facica
Breno Machado Rodrigues,
IF Sul de Minas
Douglas Peres,
MGC
Sérgio Domingos Simão,
Ufla

s danos para os siste-
t) e manual



Exemplo de lesão no caule causada pelo impacto das hastes derriçadoras



Autores explicam que o piloto automático ajuda a aumentar a eficiência da colheita mecânica da cultura