

DESEMPENHO DA COLHEITA SEMIMECANIZADA DO CAFÉ CONILON POR MEIO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO¹

Paloma Francisca Pancieri de Almeida²; Edney Leandro da Vitória³

1 Financiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) - Parte da dissertação de Mestrado em Agricultura Tropical (PPGAT/UFES) da primeira autora;

2Engenheira Agrônoma, Coordenadora de Engenharia Agrônômica na Prefeitura Municipal de São Mateus, São Mateus-ES, paloma.panci@hotmail.com

3Engenheiro Agrícola, Professor Associado PPGAT/UFES, São Mateus-ES, edney.vitoria@ufes.br

RESUMO: A colheita semimecanizada do cafeeiro conilon é um método que utiliza o trabalho manual e maquinário para aumentar a eficiência e o controle da qualidade do produto durante a colheita do café, além de reduzir às perdas e danos a lavoura. O objetivo no presente trabalho é avaliar o desempenho da colheita semimecanizada do café conilon através de controle estatístico. O experimento foi conduzido na Fazenda Cremasco, localizada no município de Pinheiros (ES), em 12 talhões, sendo utilizados máquina recolhadora/trilhadora e trator. Foram avaliados tempo de posicionamento da lona, tempo de recolhimento de lona, o tempo de derriça da lona, o tempo de posicionamento do conjunto trator-recolhedora e o tempo total, além da estimativa da taxa de alimentação na máquina, massa de café perdida, estimativa de massa na lona e eficiência do sistema de limpeza. Os resultados revelaram diferenças nos talhões de 3 a 6, como consequência da ocorrência de chuvas durante a colheita, no mais, o processo foi considerado sob controle. As cartas de controle contribuíram para melhoria na operação da colheita semimecanizada do café conilon.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea canephora*, carta de controle, recolhadora/trilhadora.

PERFORMANCE OF THE CONILON COFFEE SEMIMECANIZED HARVEST THROUGH STATISTICAL PROCESS CONTROL

ABSTRACT: The semi-mechanized harvest of conilon coffee is a method that uses the type of manual labor and machinery to increase the efficiency and quality control of the product during the coffee harvest, besides reducing the losses and damages caused by the crop. The present work is to evaluate the performance of the semi-mechanized harvest of conilon coffee through statistical control. The experiment was conducted at Farm Cremasco, located in the municipality of Pinheiros (ES), in 12 plots, being the most recent one responsible for harvesting / harvesting and tractor. It was evaluated the time of positioning of the canvas, time of collection of canvas, time of collapsing of the canvas, time of positioning of the tractor-collector assembly and total time, besides the time of measurement of the capacity, lost coffee mass, estimate on the screen and efficiency of the cleaning system. The results were found in 3 to 6, as a consequence of the variation during the harvest, at most, the process was considered under control. The control charts contributed to improve the semi-mechanized harvesting operation of conilon coffee.

KEY WORDS: *Coffea canephora*, control chart, collector / thresher.

INTRODUÇÃO

A cultura do café possui grande importância econômica e social no Brasil, sendo seu cultivo realizado em todas as regiões do país, principalmente com as duas espécies, o arábica e o conilon. O Espírito Santo (ES) é o 2º maior produtor brasileiro de café, com expressiva produção de arábica e conilon, as quais totalizam 22% da produção nacional. Tal fato faz da cafeicultura, a principal atividade agrícola do estado, com a geração de cerca de 400 mil empregos diretos e indiretos, e que está presente em 60 mil das 90 mil propriedades agrícolas do Estado (INCAPER, 2019). O Espírito Santo (ES) lidera na produção do café conilon, o qual sozinho perfaz 75% da produção nacional. No estado o café conilon sobressai por ser a espécie mais adaptada a climas com temperaturas mais altas, característica dominante em grande parte do Estado, principalmente nas regiões norte e noroeste. Segundo o levantamento, realizado pelo INCAPER (2019a) a produtividade média da cafeicultura irrigada do conilon supera a marca de 35 sacas por hectare (sc ha⁻¹), sendo que produtores mais tecnificados conseguem mais de 100 sc ha⁻¹. O café conilon, também conhecido como café robusta, é um café mais produtivo, atingindo até 180 sc/ha, a depender do manejo. É uma planta que necessita de mais tratamentos que o arábica e por conta da estrutura da planta, que é bastante complexa, com dimorfismo, ramos plagiotrópicos e ortotrópicos mais desenvolvidos, o que dificulta a mecanização de sua colheita. A escassez de mão de obra durante o período da colheita, talvez seja a principal dificuldade dos cafeicultores do ES. Nesse sentido, desde 2011 o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural ([Incaper](http://incaper.org.br)), produtores e empresas ligadas à indústria de máquinas, tem realizado estudos para a adaptação das recolhedoras de lona às lavouras de café conilon. As pesquisas relacionadas à mecanização da colheita do café conilon, objetivam facilitar a tarefa, tornar a atividade mais sustentável e competitiva, além de e diminuir a demanda sazonal de mão de obra, que é deficiente ou escassa nas regiões

produtoras, o que apresenta riscos ao produtor, o qual precisa arcar com adicionais relacionadas ao deslocamento de funcionários, até mesmo de outros estados, aumento assim o custo de produção (FOLHA 2018). Além disso, a situação dos trabalhadores é problemática pelo ponto de vista social, pois as frequentes mudanças impostas às famílias podem comprometer o desenvolvimento educacional e social de seus filhos jovens. O produtor ainda está sujeito a variações do clima, como registrado na safra de 2019, na qual houve atraso na maturação dos frutos, o que obrigou a que a colheita ocorresse mais tardiamente, e de modo intensificado em junho, coincidindo com as atividades do café arábica e reduzindo ainda mais a disponibilidade de mão de obra. Segundo Oliveira et al. (2007), a evolução tecnológica do maquinário, no café arábica, foi o principal fator que fez elevar a eficiência da colheita mecanizada do café, tal resultados só foi possível graças à capacitação dos operadores e maior conhecimento por parte dos profissionais que orientam as regulagens dos implementos. Atualmente, podem-se distinguir três métodos de colheita para o café conilon, a colheita manual, que é a mais utilizada, pelo fato de muitas propriedades serem provenientes da agricultura familiar e utilizarem essa mão de obra e/ou estar em área com grande declive; a colheita semimecanizada, que é um método de mecanização mais utilizado, no qual emprega uma a recolhedora de lona, necessitando ainda de mão de obra, porém e menor quantidade que a colheita manual, e a colheita mecanizada, que ainda está em processo de adaptação, nesta modalidade se necessita de um número ainda menor de funcionários que a colheita semimecanizada, com a qual se espera uma redução ainda maior nos custos da colheita e aumentar a rapidez do trabalho. A colheita semimecanizada utiliza máquinas recolhedoras/trilhadoras do café, e se baseiam no sistema de podas anuais da lavoura e ou até as periódicas, podendo essas ser de forma drástica ou apenas dos ramos plagiotrópicos que já produziram em mais de 70% das gemas, formando leiras que são recolhidos pelas lonas, podendo ser trilhados mecanicamente ou manualmente, a fim de alimentar a máquina. (ALVES et al., 2015). O controle estatístico de processo (CEP) é amplamente utilizado na área agrônoma para monitorar, avaliar e, auxiliar na melhoria dos processos, considerando os elementos conformes e não conformes. Hessler et al. (2009) concluíram que mesmo em um processo produtivo aparentemente controlado, sempre haverá variação decorrente de causas aleatórias. Souza (2003) relata que se o processo estiver sob a ação somente de causas comuns, a variabilidade do mesmo se manterá em uma faixa estável, configurando o processo no estado de controle estatístico. Montgomery (2009) afirma que ao aumentar a qualidade de um processo ocorre naturalmente a redução da variabilidade. Assim, ao se utilizar as ferramentas do CEP é possível definir se o processo é “estável”, isto é não há somente a variabilidade natural e que se mantém em uma faixa estável, ou se o processo é “instável”, ou seja, está sob influência de causas especiais, com comportamento diferente ao padrão esperado. Neste caso, é importante descobrir as causas de origem da variação em busca de torna-lo estável. Com o surgimento das novas tecnologias de colheita, sugerem-se estudos para verificar sua adequação e eficiência, a fim de se verificar quais e com que intensidade os fatores de funcionamento da máquina no campo influenciam na qualidade do recolhimento mecanizado. Assim, objetivou-se no presente trabalho analisar a colheita semimecanizada do café conilon no Estado do Espírito Santo, através de controle estatístico de processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Cremasco, localizada no município de Pinheiros, norte do Espírito Santo, nas coordenadas geográficas de 18° 24' 27" Sul, Longitude: 40° 13' 29" Oeste, com altitude média de 121 m e declividade média de 6%. O clima do local é o Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média de 1.107 mm anuais, temperatura média de 24 °C. O experimento consistiu numa área de 30,0 ha de lavoura plantada com café conilon, clones 02 e G35, com idade de cinco anos, plantadas em espaçamento de três metros entre linhas e um metro entre plantas, com população média de 3.333 plantas ha⁻¹. Os dados de perdas de frutos durante a colheita semimecanizada do café conilon foram obtidos nas safras 2017/2018, com o uso da Double Master 4CR, recolhedora de lona. A recolhedora é constituída por uma lona, cilindro trilhador, um conjunto de peneiras, turbina e caçamba graneleira. A máquina que recolhe a lona é tracionada por controle remoto do trator, largura dos cilindros dos recolhedores é de três metros, a rotação do cilindro de trilha possui 405 RPM, acionamento de TDP (540 RPM) e capacidade do graneleiro de 5.000 litros. A lona recolhe o material enleirado e, internamente, o submete a um cilindro e a um conjunto de peneiras que separam o café, trituram os resíduos vegetais e eliminam possíveis resíduos minerais; no final das peneiras, a turbina succiona e retira as impurezas mais leves que os grãos de café, armazenando somente o café, em seu compartimento graneleiro de quatro metros cúbicos. A recolhedora foi tracionada e acionada por um trator da marca John Deere, modelo 5705N, potência nominal de 55,2 kW (75 cv) e tração dianteira auxiliar. O deslocamento de uma linha para outra era feito em marcha de trabalho (2ª “A”), trabalhando na rotação nominal de 1700 RPM para possibilitar 540 RPM na TDP e, conseqüentemente, na máquina recolhedora de lona. As variáveis foram obtidas em 12 talhões diferentes, em cada talhão seis linhas de colheita foram escolhidas aleatoriamente. Os talhões apresentavam área de um hectare em média. As variáveis de tempo analisadas foram: Tempo de posicionamento da lona (TPL), Tempo de derriça na lona (TDL), Tempo de recolhimento da lona (TRL), e Tempo de posicionamento do conjunto trator-recolhedora (TPT). A carga de alimentação foi estimada por meio da massa de plantas presentes em 3,5 metros da lona. Para determinação dos teores de impureza inicial, impurezas final e do descarte, foram obtidos a partir da massa da amostra inicial, da final, do descarte e de suas respectivas massas de impureza. Estes valores então foram utilizados para calcular as eficiências de limpeza em cada tratamento, seguindo-se a seguinte metodologia: Antes do deblulhamento do café na máquina, foi retirada uma amostra, que posteriormente foi separada e pesada, separando toda impureza e massa

foi novamente registrada para determinar o teor de impureza inicial (relação entre a massa total de impurezas e a massa da amostra). A amostra de café foi derriçada pela máquina, e depois foi obtida em cada tratamento uma amostra com aproximadamente um quilograma do material para descarte e outra amostra com aproximadamente um quilograma de frutos limpos. De cada amostra, as impurezas foram separadas e pesadas. Para a determinação da eficiência da máquina em cada tratamento os valores do teor de impureza inicial, final e no descarte, de cada tratamento, foram aplicados na equação de eficiência de peneiras de McCabe e Smith (1976). Os resultados foram inicialmente analisados por meio da estatística descritiva, utilizando-se medidas de tendência central (média aritmética e mediana), medidas de dispersão (desvio-padrão e coeficiente de variação), além das medidas de assimetria e de curtose. Foram confeccionadas cartas de controle para avaliar as perdas durante o sistema de colheita semimecanizada. As cartas de controle utilizadas no estudo das repetições, dentro dos tratamentos, são medidas individuais para cada tratamento, sendo o tamanho da amostra o número de repetições e medindo-se a variabilidade pela amplitude móvel. Os limites superior e inferior de controle (LS e LI), bem como a linha central (LC) dos gráficos de tempo, foram determinados segundo metodologia sugerida por Montgomery (2009). Para cada um dos três tipos de perdas foram calculadas as cartas de controle das repetições dos tratamentos e os seus limites inferior e superior e linha central, os gráficos de controle para valores médios de deposição dos tratamentos com seus limites e os gráficos de controle para amplitudes de deposição dos tratamentos com seus limites.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva revelou uma distribuição assimétrica para grande parte das variáveis em estudo, a variável eficiência do sistema de limpeza (E), apresentou coeficiente de variação considerado muito alto de acordo com a classificação de Pimentel-Gomes e Garcia (2002), pois conforme Freddi et al., (2006), a variabilidade de uma característica, também pode ser considerada segundo a amplitude do coeficiente de variação obtido, apresentado na Tabela 1. Os valores do Cs indicaram que apenas a eficiência do sistema de limpeza apresentou uma distribuição assimétrica à esquerda, já à estimativa de massa na lona obteve Cs igual a 0, o que demonstra que sua distribuição é simétrica em relação a um valor central. Os demais itens apresentaram distribuição levemente assimétrica à direita, considerada de grau moderado (Guimarães, 2001), apenas o TDL demonstrou grau de assimetria elevado. Quanto ao Ck que indica a dispersão (achatamento e alongamento) da distribuição em relação à curva normal, admitiu-se que o TPT, TT e Cae obtiveram valores menores que zero o que corresponde a uma distribuição platicúrtica (achatada), os demais apresentaram maiores que zero, com distribuição leptocúrtica (alongada ou afilada). Apenas a massa de café perdido (MCP) apresentou valor de Ck próximos à zero, o que indica uma distribuição mesocúrtica, ou normal. Altos valores de desvio padrão relativo foram registrados para a ETA (29,60), e Cae (36,50), o que indica apresentaram que os resultados podem variar amplamente em torno à média.

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis em estudo.

Variável	Mediana	σ^*	Cs	Ck	CV (%)*
TPL	11,25	2,95	0,91	0,98	4,15
TRL	1,78	0,26	0,94	0,76	6,99
TDL	7,50	1,45	1,30	1,42	5,44
TPT	27,65	5,88	0,73	-0,22	4,91
ETA	211,56	29,60	0,15	0,43	7,10
MCP	26,00	6,99	0,41	0,06	3,84
E	97,50	1,39	-1,11	2,51	70,06
TT	20,70	2,74	0,74	-0,84	8,02
Cae	367,00	36,50	0,00	-1,01	10,20

Os resultados obtidos foram analisados por meio de tabelas no Excel, e posteriormente gerados gráficos de controle estatístico de processo, gerando as cartas de controle, aonde, pode-se verificar que o estudo de tempo, o TPL se comportou dentro dos limites inferior e superior, pouco oscilando da linha central, demonstrando assim, ter respondido dentro do padrão de controle esperado. O tempo de recolhimento de lona (TRL), o tempo de derriça da lona (TDL), o tempo de posicionamento do conjunto trator-recolhedora (TPT) e o tempo total (TT), apresentaram valores acima dos limites superiores nos talhões de três, quatro, cinco e seis, Figura 1. O motivo desta elevação, de aprox. 20 a 30% nos termos, se deve muito provavelmente a ocorrência chuvas no dia de derriça. A desempenho da recolhedora de lona foi prejudica em alguns talhões pela ação das chuvas que incidiram diretamente sobre a lona, depois de estirada no chão, aguardando para ser recolhida, bem como nos frutos, galhos e folhas, que se tornam mais pesados quando molhados, o que implica em um maior período de trilhamento na máquina. Além disso, quando há chuva, também aumenta o tempo gasto para posicionar o trator na recolhedora. A chuva é um fator externo, comum, mas que pode alterar a qualidade e eficiência da colheita semimecanizada, a avaliação pelo controle estatístico permitiu identificar a interferência desta variável sobre o processo, assim, colheita com os frutos, galhos e folhas molhados aumenta o tempo do recolhimento da lona. Mas a depender da intensidade e frequência dos períodos de chuvas o trabalho pode ser continuado sem grandes perdas de eficiência.

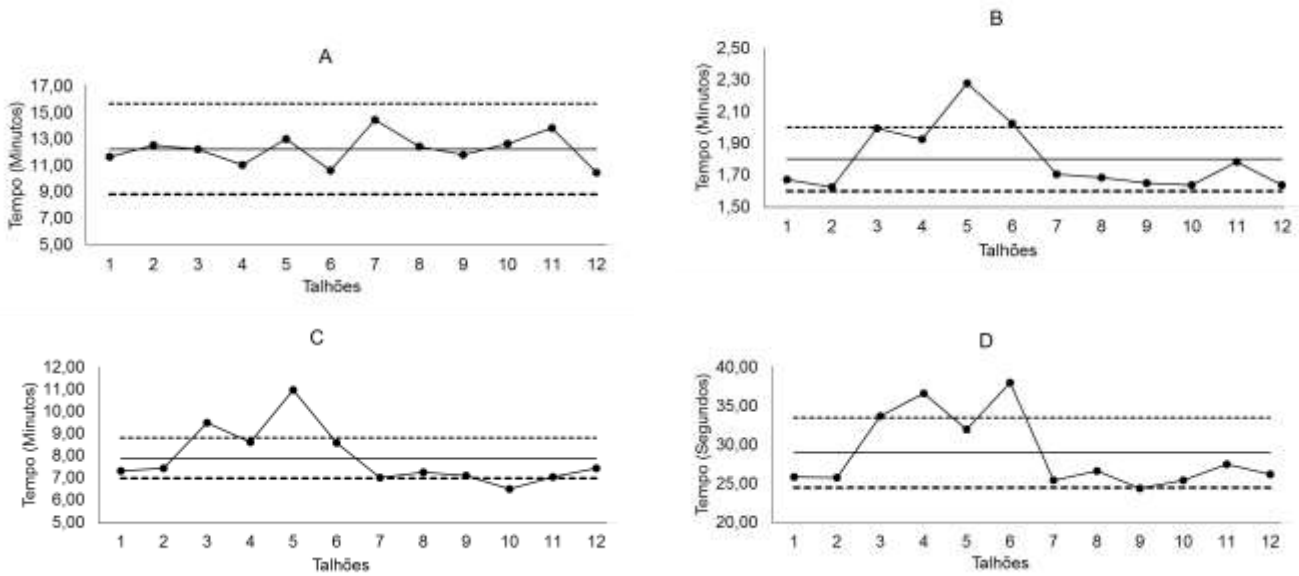


Figura 1. Cartas de controle nos pontos amostrados para as médias e amplitudes das variáveis de tempo. A) Tempo de posicionamento de lona; B) Tempo de recolhimento da lona; C) Tempo de Derriza na Lona; D) Tempo de Posicionamento do Conjunto Trator-Recolhedora.

Quanto à estimativa da taxa de alimentação da máquina, em kg min^{-1} , Figura 2, verificou-se, através da carta de processo, que este parâmetro permaneceu dentro das faixas de controle na maior parte dos talhões, sendo que o talhão 10 ficou dentro na linha de controle, o que é esperado para todos, já os talhões cinco, que ficou bastante próximo da linha inferior e o talhão seis, abaixo da linha inferior, apresentaram estimativa de taxa de alimentação da máquina abaixo dos demais. Com isso, apenas o talhão seis, não respondeu dentro dos limites. Visualmente, é nítido que as taxas de alimentação dos talhões 5 e 6 distanciam-se dos valores alcançados nos seguimentos analisados.

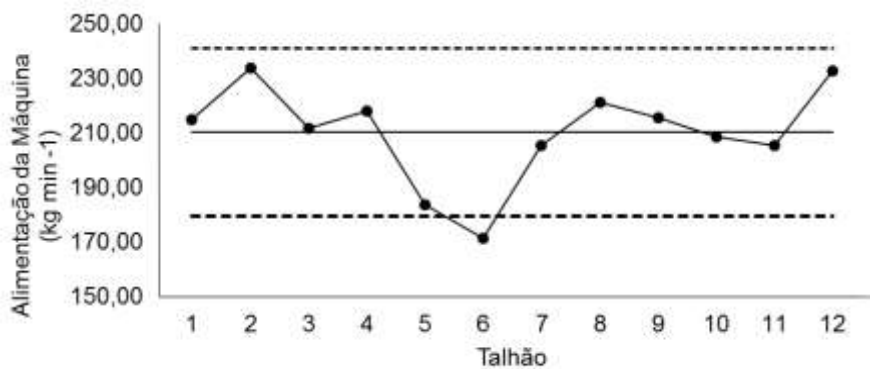


Figura 2. Carta de controle nos pontos amostrados para estimativa da taxa de alimentação na máquina (kg min^{-1}), da colheita de café conilon.

Quanto à avaliação através de carta de controle, da MCP, Figura 3A, e da eficiência do sistema de limpeza, Figura 3B, ambos obtiveram resultados dentro das médias e amplitudes esperadas, mantendo-se dentro dos limites inferiores e superiores em todos os talhões de estudo, sendo que a eficiência do sistema de limpeza apresentou melhor desempenho, pois suas porcentagens ficaram próximas à linha de controle, demonstrando assim, ter mantido um padrão de trabalho constante, mesmo que nos talhões que molhados nos dias chuvosos.

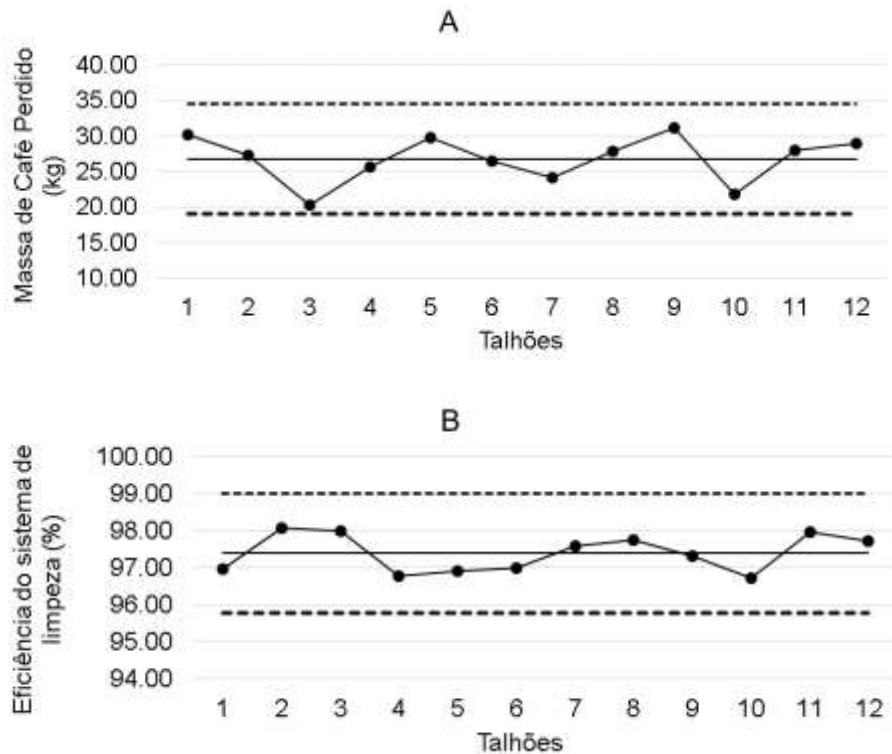


Figura 3. Cartas de controle nos pontos amostrados para A) massa de café perdida (kg) e B) da eficiência do sistema de limpeza (%), da colheita de café conilon.

Considerando a estimativa de massa na lona (E), Figura 4, a carta de controle contém valores acima do limite superior e outros próximos ao limite inferior, esta variável foi a que apresentou maior valor de desvio padrão comparada às demais. A massa na lona foi maior exatamente nos talhões três, quatro e cinco, nos quais a colheita se deu sob chuva e por isso o material estava com sobrepeso devido massa de água aderida, como era de se esperar. Vale ressaltar que esses valores variaram de talhão em talhão, por isso a variabilidade dentro da carta ser tão grande, por conta dos fatores externos e pela própria variação de produtividade entre os mesmos.

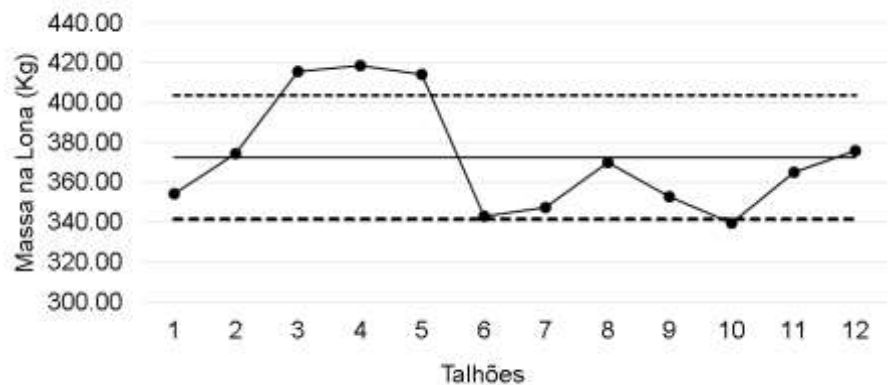


Figura 4. Carta de controle nos pontos amostrados para estimativa de massa na lona (kg), da colheita de café conilon.

A influência de fatores ambientais, como a chuva, deve ser levada em consideração na avaliação dos resultados, como ficou demonstrado neste estudo, tal fator externo não pode ser controlado e sua interferência nos resultados não pode ser corrigida. Mesmo assim, destaca-se que o grau de comprometimento, apesar de exceder os limites de controle impostos na metodologia CEP, o impacto como um todo foi baixo e não impediu a finalização da colheita. Resultados similares aos do presente estudo, foram reportados por Tavares et al. (2015) durante a colheita do café arábica com recolhadora de. Os mesmos autores destacaram que o processo pode ser considerado estável, mesmo existindo alta variabilidade na distribuição do material a ser recolhido, o que foi perceptível nas cartas de controle estabelecidas para avaliar a massa total, massa de café e massa de impurezas, para as quais foi possível certificar que houve estabilidade no processo nas três rotações testadas, e que apenas causas naturais e sob controle interferiram no processo, ou seja, que os parâmetros avaliados apresentaram apenas a variabilidade intrínseca do processo.

CONCLUSÕES

1. Foi possível verificar a interferência em todos os processos, nos talhões de três a seis, decorrentes da incidência de chuvas, que igualmente impactaram o comportamento de todas as variáveis consideradas neste estudo;
2. As variáveis de tempo analisadas nos talhões foram discrepantes apenas nos talhões com material molhado, o que implicou em um aumento de 20 a 30% no tempo total de colheita;
3. O sistema de limpeza da máquina em estudo demonstrou-se eficiente e com atuação constate em todas os talhões, independentemente do material colhido estar seco ou molhado;
4. O uso das cartas de controle permitiu o monitoramento do processo e contribuiu para atestar a eficiência e robustez da colheita semimecanizada do café conilon, evidenciando que esta técnica desponta como uma alternativa segura para melhoria do processo de colheita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. A.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, J. C. F. Procedimentos de colheita de café. n: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Ed.). *Café na Amazônia*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 345 - 358. Capítulo 15.
- FOLHA. Falta de mão de obra afeta colheita de café no ES. 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/07/falta-de-mao-de-obra-afeta-colheita-de-cafe-no-es.shtml>>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- FREDDI, O.S.; CARVALHO, M.P.; VERONESI JÚNIOR, V.; CARVALHO, G.J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.113-121, 2006.
- GUIMARÃES, E. C. *Geoestatística básica e aplicada*. Uberlândia: UFU, 2001. 48 p. Apostila.
- HESSLER, C.V.; CAMARGO, M.E.; DORION, E. Application control charts for analysis of quality in industrial painting. In: *INTERNACIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS e INDUSTRIAL ENGINEERING 39.*, 2009, Troyes: Proceedings..., Troyes: IEEE Xplore, 2009. p. 1330-1334.
- INCAPER. Cafeicultura. 2019. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura>>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- INCAPER. Cafeicultura - Café Conilon. 2019. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-conilon>>. Acesso em: 06 jul. 2019 a.
- MCCABE, W. L.; SMITH, J. C. *Unit operations of chemical engineering*. 3. ed. New York: Mcgraw-hill Education, 1976. 1028 p.
- MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. p. 100 – 200.
- OLIVEIRA, E. et al. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 714-721, set/dez. 2007.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos*. Piracicaba: FEALQ, 309p, 2002.
- SOUZA, R. A. *Análise da qualidade de processo de envase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo*. 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.