

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UMA MÁQUINA ADUBADORA ADAPTADA COM CANHÃO PNEUMÁTICO PARA CULTURA DO CAFÉ

**Rômulo de Aguiar Hubner¹, Geice Paula Villibor², Marconi Ribeiro Furtado Junior³,
Joseph Kalil Khoury Junior⁴**

¹ Engenheiro Mecânico, romullo.aguiar@hotmail.com

² Eng. Agrícola e Ambiental, Prof.^a Dra, Depto. de Engenharia de Produção e Mecânica, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa - MG, geice.villibor@ufv.br

³ Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, marconi.furtado@ufv.br

⁴ Eng. Agrícola, Prof. Dr., Depto. de Engenharia de Produção e Mecânica, Universidade Federal de Viçosa -UFV, Viçosa - MG, kalil@ufv.br

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O Brasil é o maior produtor mundial de café sendo essa atividade responsável pela geração de uma grande quantidade de resíduos agroindustriais. Para cada tonelada de grãos produzidos, em média, uma tonelada de cascas é gerada, podendo essas serem utilizadas para adubação da própria cultura. Objetivou-se avaliar o desempenho de uma adubadora, adaptada com canhão pneumático, trabalhando com casca de café, em relação ao perfil de deposição da casca e a capacidade de trabalho. Para avaliar o perfil de deposição, foram utilizados coletores posicionados perpendicularmente ao movimento da máquina, consistindo em lonas dispostas lateralmente com distância de 1 m. A adubadora percorreu uma distância longitudinal de 20 m, a qual permitiu estabilizar o lançamento do material e a velocidade longitudinal do trator, com vazão mássica de $3,47 \text{ t h}^{-1}$. Dessa forma, simulou-se 10 passadas consecutivas da adubadora em diferentes espaçamentos. A primeira simulação usou um espaçamento de 14 m e então reduziu-se a distância entre passadas de 2 em 2 m para alcançar uma distribuição com uniformidade desejada (coeficiente de variação - $CV < 10\%$). O perfil de distribuição obtido foi assimétrico sugerindo a necessidade de sobreposição de adubação. Um espaçamento entre passadas de aplicação de 8 m apresentou um CV igual a 7% e com capacidade de trabalho satisfatória.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação Orgânica, Casca de café, Adubação a lanço.

PERFORMANCE ANALYSIS OF A FERTILIZER MACHINE ADAPTED WITH PNEUMATIC CANNON FOR COFFEE CULTURE

ABSTRACT: Brazil is the world's largest coffee producer, and this activity is responsible for the generation of a large amount of agro-industrial waste. For each ton of grain produced, on average, one ton of husks is generated, which can be used to fertilize the crop itself. The objective of this work was to evaluate the performance of a fertilizer machine, adapted with a pneumatic cannon, working with coffee husks, in relation to the husk deposition profile and work capacity. To evaluate the deposition profile, collectors positioned perpendicularly to the movement of the machine were used, consisting of tarps, placed laterally with a distance of 1 m. The fertilizer machine covered a longitudinal distance of 20 m, which allowed stabilizing the material spread and the tractor longitudinal speed and a mass flow of 3.47 t h^{-1} . In this way, 10 consecutive passes of the fertilizer spreader were simulated at different spacings. The first simulation used a spacing of 14 m and then reduced the distance between passes every 2 m to achieve a distribution with desired uniformity (Coefficient of variation - $CV < 10\%$). The distribution profile obtained was asymmetrical, which suggested the need for fertilization superposition. A spacing between application passes of 8 m presented an application uniformity of CV equal to 7% and with satisfactory work capacity.

KEYWORDS: Organic Fertilization, Coffee husks, Spread Fertilization.

INTRODUÇÃO: O Brasil é o maior produtor mundial de café com cerca de 50,9 milhões sacas produzidas em 2022, considerando as espécies *Coffea arabica* e o *Coffea canephora* (CONAB, 2023). Diferentes tipos de resíduos agroindustriais, oriundos do beneficiamento, como a polpa, mucilagem, casca e pergaminho, são gerados durante a produção do café. Para cada tonelada de grãos produzidos, em média, uma tonelada de cascas é gerada (SCHNEIDER, 2012). A casca ou palha de café pode ser utilizada como adubo orgânico, aplicada diretamente no solo ou junto a produtos de compostagem (NUNES & SILVEIRA, 2004). A casca do café obtida pelo processamento via seca, possui umidade entre 7% e 18% (FRANCA & OLIVEIRA, 2009) pode ser aplicada manualmente ou de forma mecanizada, nas próprias lavouras de café. Essa atividade tem impacto positivo no orçamento do produtor, com diminuição dos custos com adubação; e para o meio ambiente, evitando o descarte inadequado (BRUM, 2007). Em Minas Gerais, grande parte do café arábica é produzido em regiões montanhosas de difícil mecanização. Regiões montanhosas são mais difíceis de serem mecanizadas, devido a declividade, a qual aumenta o risco de tombamento das máquinas, além de reduzir o nível de manobrabilidade (OLIVEIRA, 2013). Transformar as áreas montanhosas em mecanizáveis tem sido um grande desafio para a engenharia e um anseio dos produtores, devido, principalmente, à escassez de mão de obra. Dessa forma, alguns produtores e indústrias agrícolas têm feito adaptações e melhoria em máquinas e equipamentos agrícolas, com o intuito de trabalhar em áreas mais declivosas. Para aplicação da casca de café, produzida via seca, tem se utilizado adubadoras que lançam o produto diretamente sobre a lavoura por meio de um canhão pneumático. Dessa maneira, é possível trabalhar com o conjunto trator-adubadora nos carregadores das lavouras de café e aplicar a casca a longa distâncias, atingindo significativa área de cobertura. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho de uma adubadora, adaptada com canhão pneumático, trabalhando com casca de café, em relação ao perfil de deposição da casca e a capacidade de trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado, na Fazenda 2M, no município de Lajinha, MG. Foi utilizada uma adubadora tracionada por trator, com canhão pneumático, para lançamento de fertilizantes, em lavouras de café em região de montanha. A adubadora possui um tanque para armazenamento de fertilizante de 9000 L, um misturador e uma esteira, que transporta o fertilizante até o sistema dosador, composto por uma compota que pode trabalhar em diferentes aberturas, permitindo a variação da vazão mássica aplicada. Após ser dosado, o fertilizante é lançado lateralmente por um canhão pneumático sobre a copa das plantas de café. A esteira transportadora e o ventilador são acionados pela TDP do trator (Figura 1).

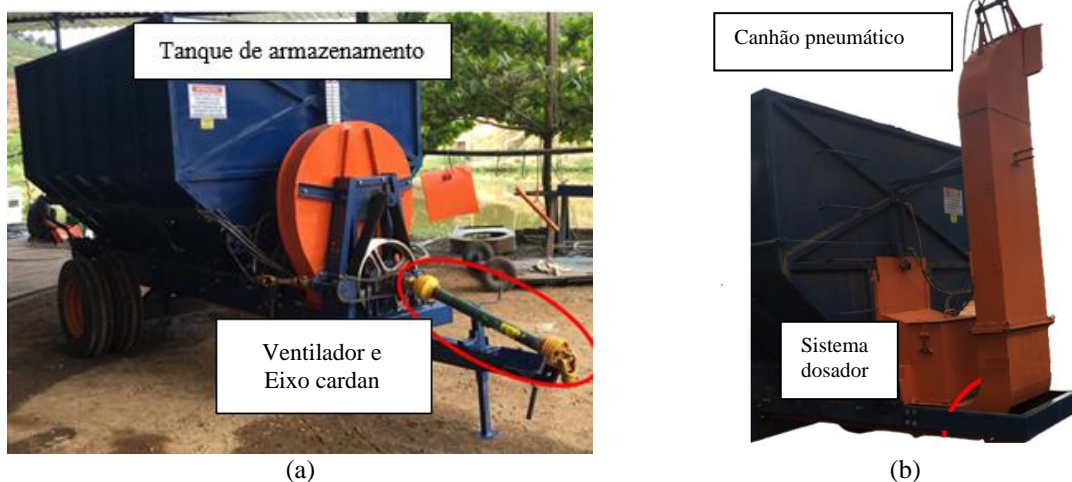


FIGURA 1. Adubadora tracionada por trator utilizada nos experimentos (a) e detalhe para o canhão pneumático para lançamento do fertilizante na lavoura de café (b).

O desempenho da adubadora a lança foi avaliado com base no perfil de deposição do fertilizante e na capacidade de trabalho. O perfil de deposição foi determinado em terreiro de secagem utilizando-se casca de café como fertilizante. O teor de água médio e a massa específica da palha de café utilizada foi de 12,5% (base seca) e 132 kg m^{-3} , respectivamente. Para caracterização do tamanho das partículas da palha de café utilizou um conjunto de peneiras para classificação de café da Palini&Alves[®], composto

por 10 peneiras com diâmetros diferentes (TABELA 1). O perfil de deposição foi caracterizado pelo coeficiente de variação e pela simetria, utilizando o coeficiente de Pearson.

TABELA 1. Caracterização do tamanho das partículas da palha de café utilizada nos experimentos.

Diâmetro do furo da peneira (mm)	19	18	17	16	15	14	13	12	11	Sem furo
Massa (g)	4,8	1,7	2,1	2,9	3,7	4,8	5,3	11,7	9,5	53,4

*Amostra de 100 g de palha de café.

A adubadora percorreu uma distância longitudinal de aproximadamente 20 m, a qual permitiu estabilizar o lançamento do material e a velocidade longitudinal do trator. O canhão lançador foi posicionado de forma paralela ao solo, trabalhando em condição sem vento. O trator operou em 2ª marcha reduzida, com o sistema dosador a uma vazão mássica de 3,47 t h⁻¹. Os coletores posicionados perpendicularmente ao movimento da máquina, consistiram em lonas quadradas de dimensões de 0,1 x 0,1 m, dispostas lateralmente com distância de 1 m. Após a passagem da adubadora, a massa de palha, depositada em cada lona, foi determinada. Na Figura 2 estão representados conjunto trator-adubadora utilizado no experimento, bem como a palha de café sendo lançada pelo canhão pneumático e a disposição das lonas para coleta das amostras da palha.



FIGURA 2. Experimento para mensurar o perfil de distribuição lateral de palha de café de uma adubadora a lança utilizada para regiões de montanha

Considerou-se uma meta de coeficiente de variação (CV) abaixo de 10% para uma uniformidade de deposição de adubo adequada (ORTIZ-CAÑAVATE, 2012). Dessa forma, simulou-se 10 passadas consecutivas da adubadora em diferentes espaçamentos. A primeira simulação usou um espaçamento de 14 m e então reduziu-se a distância entre passadas de 2 em 2 metros para alcançar uma distribuição com uniformidade desejada. Para cada espaçamento, também analisou a influência na capacidade de campo teórica (Equação 1). A capacidade de campo é definida pela área que o equipamento consegue trabalhar por uma determinada quantidade de tempo (PACHECO, 2000).

$$C_c = (L * V)/10 \quad (1)$$

em que,

C_c - capacidade de campo teórica (ha h⁻¹);

L - largura efetiva de trabalho (m);

V - velocidade de trabalho (k h⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O perfil de distribuição obtido pela adubadora está demonstrado na Figura 3. O perfil também possui uma característica assimétrica, com um coeficiente de Pearson $\alpha = -0,83$ e o coeficiente de variação para o perfil foi de 50%. Nas amostras mais próximas à adubadora houve menor deposição de material comparada com as amostras que ficavam localizadas na zona intermediária. Essa assimetria pode ser ocasionada por diversos fatores, um deles é pelo fato do fertilizante ser heterogêneo, e possuir variação em forma, tamanho de partículas e massa específica. Sendo assim é possível que a parte mais pesada tenha alcançado maiores distâncias, enquanto as mais

leves tiveram mais dificuldade para vencer a resistência do ar. Sugere-se que nas zonas subfertilizadas seja feita uma sobreposição de passadas para que se tenha uma melhor uniformidade do perfil de adubação.

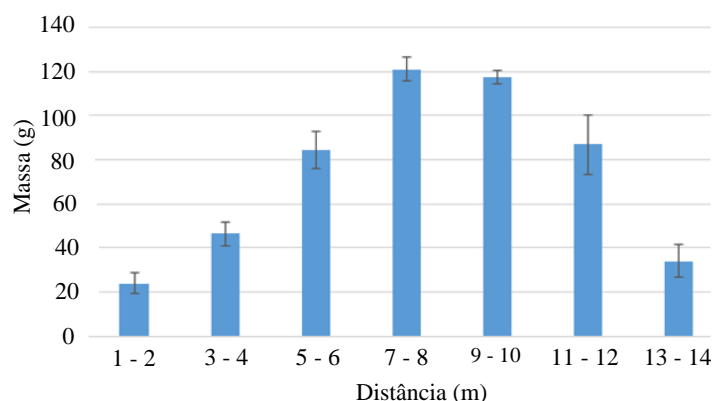


FIGURA 3. Perfil médio de distribuição da palha de café e o desvio padrão associado.

Foi possível alcançar um CV igual a 7% com uma distância entre passadas de 8 m, mantendo-se uma capacidade de campo adequada, principalmente comparando-se às máquinas disponíveis no mercado. A cobertura para esse espaçamento foi de 128,4 g m⁻² e a capacidade de campo teórica de 2,7 ha h⁻¹. Apesar de ter propósito diferente, quanto ao relevo, máquinas adubadoras convencionais, que trabalham entre linhas, operam com velocidade média de 4 a 6 km h⁻¹, e uma distância entre linhas de 3 a 3,5 m implicando em uma capacidade de campo de 2,4 a 4,2 ha h⁻¹. Além disso, observa-se que a capacidade de trabalho é superior a atingida manualmente.

CONCLUSÕES: O perfil de distribuição obtido sugeriu a necessidade de sobreposição de adubação. Um espaçamento entre passadas de aplicação de 8 m apresentou uniformidade de aplicação e capacidade de trabalho satisfatórias.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradem à LP Máquinas Agrícolas que disponibilizou maquinário e pessoal para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

- BRUM, S. S. Caracterização e modificação química de resíduos sólidos do beneficiamento do café para produção de novos materiais. 2007. 138 f. **Dissertação (Mestrado em Agroquímica)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Mistério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Acompanhamento da Safra Brasileira - Café**. Safra 2022, dez 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em 27 set. 2023.
- FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Coffee processing wastes: current uses and future perspectives. In: Columbus F. (Ed). **Agricultural Wastes**. New York: Nova Science Publishers, Inc, 2009.
- NUNES, E. C.; SILVEIRA, M. A. N. Estudo do aproveitamento da palha de café como combustível nos fornos de secagem. 2004. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Las máquinas agrícolas y su aplicación**. 7 ed. Madri, 2012, 545 p.
- OLIVEIRA, M. V. M. Desenvolvimento e avaliação de uma colhedora automotriz de café para regiões montanhosas. 2013. 104 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2013.
- PACHECO, E.P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa. Acre, 2000. 21p.
- SCHNEIDER, V. E.; PERESIN, D.; TRENTIN, A. C.; BORTOLIN, T. A.; SAMBUICHI, R. H. R. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2012.