



# Manutenções preventivas minimizam a indisponibilidade de máquinas agrícolas na produção de cana

Willian Rafael Fernandes<sup>1</sup>

ICMC-USP e Agrolytics

Paulino Villas Boas<sup>2</sup>

Embrapa Instrumentação e ICMC-USP

## 1 Introdução

Atualmente o Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, cuja produção na safra 2019/2020 foi acima de 640 milhões de toneladas [1]. Do ponto de vista operacional, após ser plantada e estar preparada para a colheita, a cana-de-açúcar entra em um processo de Colheita, Transbordamento e Transporte (CTT) da matéria-prima até as usinas. Os dois primeiros processos podem ser feitos através do método manual, semimecanizado ou mecanizado [2]. Neste último caso, faz-se uso de colhedoras para efetuar o corte e de tratores-transbordos para o carregamento da cana em caminhões canavieiros, por onde é feito o transporte até a usina (Figura 1).

A utilização de máquinas agrícolas no setor sucroenergético é essencial para a eficiência e produtividade, atingindo 89,1% nas últimas décadas no Brasil e 97,1% só na região Centro-Sul [3]. Porém, apesar da mecanização agrícola trazer inúmeros benefícios operacionais, os custos para manter a estrutura são expressivos e estão divididos entre custos fixos e variáveis. Dentre os custos variáveis, os principais são consumo de combustível, lubrificação e gasto com reparo e manutenção (CRM), que representa cerca de 30% do custo global do equipamento [2]. Dessa maneira, para que a colheita mecanizada seja executada com um custo competitivo no mercado, ou seja, com o menor número possível de perdas e de falhas no processo, é fundamental que sejam feitas manutenções frequentes nos tratores e nas colhedoras.

Baseado nos fatos citados anteriormente, este trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre o tempo de produção e o tempo gasto com manutenção preventivas para colhedoras e tratores. Também foi elaborada uma relação dessas variáveis de acordo com o ano de operação dos equipamentos, mostrando que o comportamento operacional sofre alterações com o passar do tempo.

---

<sup>1</sup>willian.fernandes@usp.br

<sup>2</sup>paulino.villas-boas@embrapa.br



Figura 1: Processo de colheita mecanizada ilustrando o corte da colhedora e o carregamento do trator transbordo.

## 2 Materiais e métodos

Os dados de produção e de ordens de serviço de manutenção foram obtidos a partir de 81 colhedoras e de 106 tratores, em eventos ocorridos entre 2019 e 2020. Os dados dos computadores de bordos são classificados entre manuais, quando exigem o apontamento da atividade improdutiva do operador (e.g., parada por clima, manutenção e aguardando caminhão), e automáticos, capturados através do sensoriamento de atividades produtivas (e.g., corte mecanizado, deslocamento, manobra e carregamento de transbordo). Assim, diz-se que uma colhedora possui alto índice de rendimento quando o tempo total gasto na atividade de corte de cana é maior em relação aos demais tempos improdutivos. Embora os computadores de bordos permitam a inserção da parada por manutenção, são os mecânicos e eletricistas quem fazem a abertura de ordens inserindo o descriptivo completo da atividade a ser realizada, separando entre classe e subclasse de manutenção, data e hora do evento, código do equipamento e duração do reparo.

As classes de manutenções abordadas neste trabalho são corretiva emergencial, corretiva programada, preventiva e oportunidade. As duas primeiras classes estão relacionadas a eventos não previstos durante o planejamento operacional, ou seja, as falhas ocorrem sem estarem previstas e, dessa forma, são consideradas como manutenção corretiva. Por outro lado, as classes de manutenções preventiva e oportunidade são planejadas e previstas pela gestão operacional e, portanto, têm pouca interferência na produtividade diária.

Para a avaliação deste trabalho, foi definida a disponibilidade mecânica (DM) de um equipamento a partir da relação entre o tempo total de trabalho (HT) destinado para as atividades, descontando o tempo de manutenção (HM) e de parada por clima (HC), dividindo pelo tempo total disponível, conforme equação (1),

$$DM = \frac{HT - HM - HC}{HT} \times 100. \quad (1)$$

A disponibilidade mecânica foi, então, analisada em função do volume de manutenção corretiva.

## 3 Resultados

Os resultados deste trabalho correspondem ao período amostral de março a novembro, meses em que a colheita de cana ocorre na regional onde os dados foram amostrados. A Tabela 1 apresenta a duração média de operação diária e de manutenções de acordo com o tipo de equipamento. Por serem essenciais para a colheita e possuírem mais componentes, as colhedoras recebem um volume maior de horas em manutenções preventivas do que os tratores. Provavelmente por esta

razão, as colhedoras acabam precisando de um volume menor de horas de manutenção corretiva em relação aos tratores (Tabela 1).

Tabela 1: Duração média de operação e de manutenções e a relação de horas de manutenção preventiva dividido pelas manutenções corretivas.

Variável	Colhedora	Trator
Duração média de operação (h/dia)	13,1	12,3
Duração média preventiva (h)	4,5	2,9
Duração média corretiva (h)	2,2	4,0
Relação preventiva/corretiva	0,66	0,26

Na Figura 2 estão apresentados a disponibilidade mecânica de equipamentos em função do seu ano de operação. No caso das colhedoras, é nítido que o desempenho decai com o tempo, em decorrência do desgaste que elas sofrem durante a operação agrícola. No caso de tratores, esse comportamento não é claro, devido provavelmente à falta de dados – insuficiente para notar a queda de desempenho.

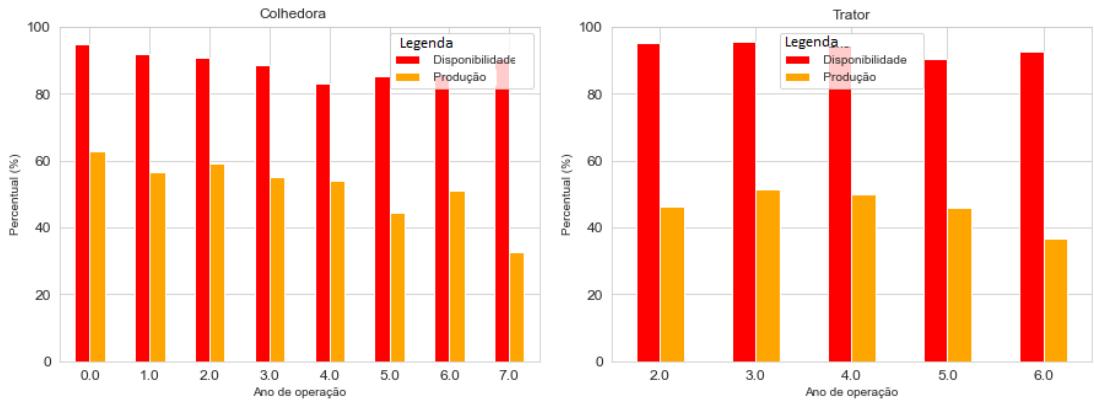


Figura 2: Percentual de produção e disponibilidade mecânica das máquinas agrícolas por ano de operação.

A relação entre o tempo dedicado às manutenções preventivas e o desempenho das máquinas agrícolas fica mais clara na Figura 3. Em geral, quanto maior o percentual de manutenções preventivas no volume total de horas gastas com manutenções, maior é o desempenho operacional da máquina. Entretanto, essa relação depende da idade da máquina. Para máquinas com idade inferior a dois anos, a relação é positiva e moderada ( $0,11 < R^2 < 0,22$ ) com coeficiente angular diferente de zero ( $p\text{-valor} < 0,05$ , a um nível de significância de 5%). Para máquinas com idade superior a dois anos, essa relação não foi observada ( $R^2 \sim 0$  e coeficiente angular próximo de zero,  $p\text{-valor} > 0,05$ ). Assim, um plano efetivo de manutenções preventivas tende a aumentar o desempenho operacional das máquinas agrícolas, principalmente as mais novas. Em outras palavras, investindo mais tempo em manutenções preventivas, mais as máquinas estarão aptas a desempenharem suas atividades de forma ininterrupta.

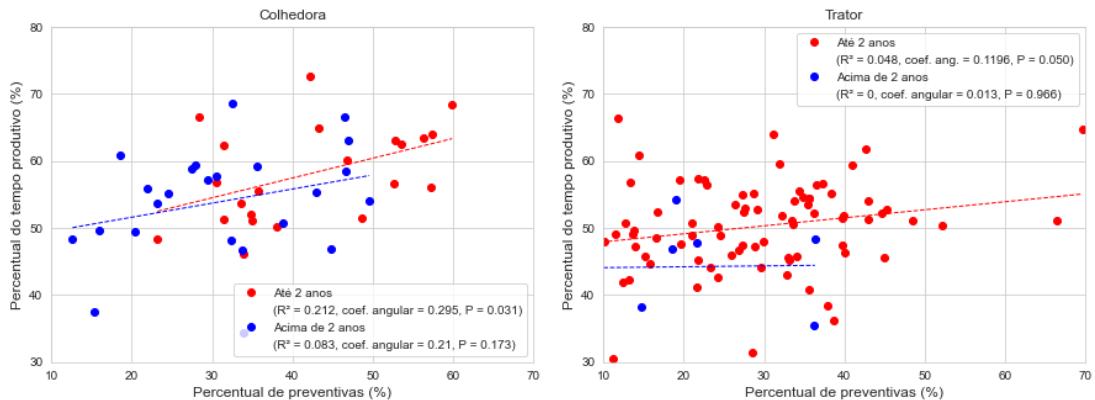


Figura 3: Relação entre o percentual de horas de manutenção preventiva e o percentual de horas efetivamente trabalhadas das máquinas agrícolas.

## 4 Conclusão

Neste trabalho, mostramos que quanto maior o tempo de manutenção preventiva, menor é a indisponibilidade das máquinas agrícolas, especialmente daquelas com idade inferior a dois anos. Essa relação é mais evidente nas colhedoras, muito provavelmente devido à sua importância na colheita da cana e ao seu grau de complexidade de controles mecânicos. Por serem essenciais na colheita, as colhedoras recebem manutenções mais frequentes e demoradas. Os tratores, por sua vez, apresentam uma relação menos evidente entre tempo de manutenção preventiva e a sua disponibilidade. Neste caso, a baixa evidência pode estar relacionada com o baixo volume de informações na base de dados para este tipo de equipamento.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a usina sucroenergética pelos dados fornecidos.

## Referências

- [1] CONAB. *Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana-de-açúcar*. Observatório Agrícola, V.7 - SAFRA 2019/20 - N.3 - Terceiro levantamento. Dezembro de 2020.
- [2] P. T. Neves, Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance): o estudo de caso na colheita mexanizada de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), Dissertação de Mestrado em Ciências, USP, Piracicaba, 2011.
- [3] A. D. Banchi, J. R. Lopes e A. B. Neto. *Estudo dos custos com reparo e manutenção em colhedoras de cana-de-açúcar*. Revista Canavieiros, São Paulo. Acesso em 12 de abril de 2021. Disponível em: [www.revistacanavieiros.com.br/estudo-dos-custos-com-reparo-e-manutencao-em-colhedoras-de-cana-de-acucar](http://www.revistacanavieiros.com.br/estudo-dos-custos-com-reparo-e-manutencao-em-colhedoras-de-cana-de-acucar).