

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
CAMPUS AVANÇADO ARCOS
ENGENHARIA MECÂNICA

João Victor Costa

**INFLUÊNCIA DA LUBRIFICAÇÃO EM COMPONENTES DE COLHEDORAS DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Arcos
2021

JOÃO VICTOR COSTA

**INFLUÊNCIA DA LUBRIFICAÇÃO EM COMPONENTES DE COLHEDORAS DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Avançado Arcos como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Luiz Augusto Ferreira de Campus Viana

Arcos
2021

Costa, João Victor

C837i

Influência da lubrificação em componentes de colhedoras de cana-de-açúcar [manuscrito]. / João Victor Costa. - 2021.

37 f. : il.

Orientadores: Prof. Me. Luiz Augusto Ferreira de Campus Viana.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*.

1. Lubrificação e lubrificantes. – Monografia. 2. Máquinas agrícolas – Manutenção e reparos. – Monografia. 3. Engenharia Mecânica. – Monografia. 4. Máquinas agrícolas. – Monografia. I. Viana, Luiz Augusto Ferreira de Campus. II. Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*, Bacharelado em Engenharia Mecânica. III. Título.

CDU 621.89



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Avançado Arcos
Diretoria de Ensino
Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG
- www.ifmg.edu.br

Ata de avaliação de defesa de TCC

Aos doze dias de novembro de dois mil e vinte e um, às dez horas, se reuniu no auditório do IFMG Campus Avançado Arcos a banca composta por **Prof. Me. Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana** (orientador), Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Avançado Arcos; **Prof. Me. Marcelo Teodoro Assunção**, Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Avançado Arcos; **Prof. Esp. Maurício Lourenço Jorge**, Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Avançado Arcos; para avaliar o trabalho intitulado “**INFLUÊNCIA DA LUBRIFICAÇÃO EM COMPONENTES DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR**”, apresentado pelo aluno **João Victor Costa**, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Engenheiro Mecânico. Após apresentação e arguição, emitiu-se o parecer “aprovado”, sendo a verificação das modificações sugeridas de responsabilidade do orientador. Para fins de registro na disciplina Trabalho Acadêmico Integrador X, a banca avaliadora emite, em consenso, o conceito final 85. Nada mais havendo a tratar a defesa foi encerrada às onze horas e eu, Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada por todos os avaliadores.

Arcos, 12 de novembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana, Professor**, em 12/11/2021, às 13:52, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Lourenco Jorge, Professor**, em 12/11/2021, às 14:54, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Teodoro Assunção, Professor**, em 16/11/2021, às 10:40, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1007255** e o código CRC **5D62DDB0**.

23808.000806/2021-41

1007255v1

Dedico este trabalho ao meu pai Geraldo Márcio da Costa (*in memoriam*), que sempre me apoiou em toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar e me ajudar a vencer todos os obstáculos.

Imensamente a toda minha família, principalmente minha mãe, Rosilene de Castro Lopes da Costa, pelo suporte durante estes anos de graduação.

Ao meu professor e orientador Luiz Viana, por sempre me apoiar nesta jornada e auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de sala, que sempre compartilharam conhecimentos.

"Nenhuma Engenharia constrói caráter, mas com caráter se faz os melhores engenheiros."

Jordan Lucas

RESUMO

Uma empresa deve sempre realizar, planejar e programar manutenções de seus ativos. Tais manutenções devem ser seguidas rigorosamente. A lubrificação se encaixa dentro da manutenção preventiva, esta contribui para que a manutenção corretiva não ocorra, onde o lubrificante atua como forma de reduzir o atrito entre as partes, diminuindo o desgaste. Este relatório quantificou falhas relacionadas a lubrificação ocorridas em 16 colhedoras de cana-de-açúcar de uma empresa do ramo sucroalcooleiro, localizada no centro-oeste mineiro, no período de três meses. Foram relatadas 16 falhas em diferentes componentes das máquinas, com um número maior de falhas no componente rolo alimentador. Computando um tempo total de parada de 32 horas e 16 minutos. Deixando de colher cerca de 2.572,8 toneladas de cana. Tal valor de toneladas computados em produção de açúcar soma um valor médio de venda de R\$289.000,00. Cerca de 80% das falhas foram relatadas pelo excesso de lubrificante depositado.

Palavras-chaves: Colhedora de cana-de-açúcar. Rolo alimentador. Lubrificação. Manutenção.

ABSTRACT

A company must always do, plan and schedule maintenance of its assets. Such maintenance must be strictly followed. Lubrication is part of preventive maintenance, it contributes so that corrective maintenance does not occur, where the lubricant acts as a way to reduce friction between the parts, reducing wear. This report quantified failures related to lubrication that occurred in 16 sugarcane harvesters of a company in the sugar and alcohol sector, located in the Midwest of Minas Gerais, in a period of three months. 16 failures were reported in different components of the machines, with a higher number of failures in the feed roller component. Computing a total downtime of 32 hours and 16 minutes. Failing to harvest around 2,572.8 tons of sugarcane. Such value of tons computed in sugar production adds up to an average sales value of R\$289,000.00. About 80% of failures were reported by excess lubricant deposited.

Key-words: Sugarcane harvester. Feeder Roll. Lubrication. Maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Colhedora de cana modelo CH570	11
Figura 2 – Principais componentes de uma colhedora	13
Figura 3 – Especificações do óleo	17
Figura 4 – Termografia	19
Figura 5 – Análise de vibração	20
Figura 6 – Avaliação da amostra	21
Figura 7 – Histórico de análises	21
Figura 8 – Porcentagem de falhas	25
Figura 9 – Rolos alimentadores	26
Figura 10 – Divisores de linha rolamentos de apoio	27
Figura 11 – Divisores de linha articulações	27
Figura 12 – Motivo de falhas	29
Figura 13 – Excesso de lubrificante	29
Figura 14 – Rolamento descartado	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Componentes de uma colhedora	14
Quadro 2 – Consistência da graxa	18
Quadro 3 – Equipamentos por frente de serviço	22
Quadro 4 – Modelos de colhedoras	22
Quadro 5 – Falha nos rolamentos	24
Quadro 6 – Recomendação de lubrificação John Deere	25
Quadro 7 – Recomendação de Lubrificação CASE	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos	12
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	12
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Colhedora de cana-de-açúcar	13
2.2	Manutenção	14
2.3	Manutenção corretiva	14
2.4	Manutenção preventiva	15
2.4.1	<i>Lubrificação</i>	15
2.4.2	<i>Classificação do óleo</i>	16
2.4.3	<i>Graxa</i>	17
2.5	Manutenção preditiva	18
2.5.1	<i>Termografia</i>	19
2.5.2	<i>Análise de vibração</i>	19
2.5.3	<i>Análise do óleo lubrificante</i>	20
3	METODOLOGIA	22
3.1	Definição das colhedoras de cana-de-açúcar a serem avaliadas	22
3.2	Coleta de dados	23
3.3	Pontos de lubrificação	23
3.4	Recomendação de lubrificantes	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Falhas de rolamentos	24
4.2	Análise de custo	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A utilização de máquinas agrícolas para a substituição da mão de obra humana é notável a cada dia. A evolução tecnológica vem possibilitando um aumento gradativo nesta substituição, uma vez que operações com máquinas demonstram um ganho de produtividade maior em comparação com a mão de obra humana.

A indústria sucroalcooleira é referência neste quesito. Tradicionalmente este setor se utilizava de mão de obra humana para efetuar o corte da cana-de-açúcar, porém esta atividade causava muitos acidentes, tanto pela utilização das ferramentas quanto por ataques de animais. Atualmente, o processo de colheita da cana-de-açúcar na indústria sucroalcooleira é praticamente todo realizado por meio de máquinas colheitadeiras. De acordo com a CONAB (2020), no Brasil o processo de colheita de cana-de-açúcar mecanizado tem apresentado avanços nos últimos anos, sendo que na safra 2010/11 era de 55,1%, onde foi estimado para a safra de 2020/21 um percentual de 89,1%.

A substituição da mão de obra humana por máquinas afeta tanto os colaboradores quanto a empresa, pois é necessário um alto investimento financeiro. Além disso, um grupo de colaboradores que era necessário para o corte de uma certa quantidade de cana é substituído por uma máquina, que necessita somente de um operador. Segundo Marcellino (2015), uma colhedora de cana-de-açúcar substitui de 80 a 100 colaboradores do corte manual.

Em algumas empresas, contudo, alguns colaboradores, que anteriormente trabalhavam na colheita manual da cana, têm sido direcionados a outras atividades com a finalidade de evitar seu desligamento. Assim, as usinas procuram requalificar seus colaboradores em funções como mecânico, eletricista, motorista, soldador, etc., tendo um alto índice de aproveitamento de mão de obra (TORQUATO, 2013).

A utilização de máquinas em substituição à mão de obra humana, entretanto, necessita de constante revisão e inspeção, para que estejam sempre à disposição e entreguem sua capacidade máxima de produção. A manutenção é tratada como fator estratégico para as empresas, pois a disponibilidade dos equipamentos por um tempo maior cada vez mais é exigida (TREVISAN, 2011). A realização de manutenções preditivas e preventivas contribui para que a manutenção corretiva não ocorra. Segundo Neto e Lima (2002), a manutenção corretiva é a que mais prejudica a produção, pois normalmente implica na parada do equipamento, interrompendo todo o processo. Portanto, o não acompanhamento da manutenção do equipamento, a não realização de preventivas, como a simples troca de óleo ou a falta da realização de um *checklist* diário da integridade do equipamento, pode acarretar na manutenção corretiva.

A lubrificação é um ponto de suma importância para o funcionamento de qualquer equipamento. A lubrificação inadequada pode gerar a parada repentina do mesmo, interferindo na sua disponibilidade. Logo, percebe-se que a lubrificação afeta diretamente a vida útil de uma colhedora de cana e de seus componentes, o que pode ocasionar gastos não planejados, caso não

seja realizada adequadamente.

O acompanhamento da lubrificação dos componentes de uma máquina colhedora de cana é de grande importância, especialmente em componentes giratórios que utilizam de rolamentos, como também o motor. Devem ser atendidas as recomendações dos fabricantes em relação aos lubrificantes dos componentes. Além disso, a análise do óleo lubrificante após a sua troca ou não, pode contribuir para uma verificação da integridade do componente deste equipamento. Esta avaliação resulta em informações como: se o óleo retirado está contaminado com algum componente químico que pode danificar o sistema, como também verificar se o tempo de troca deste está dentro do prazo estabelecido.

Com isso, se vê necessário o acompanhamento da lubrificação dos componentes de colhedoras no campo, com o apoio de uma empresa do ramo sucroalcooleiro, instalada no estado de Minas Gerais, que dispõe dos modelos, John Deere CH 570 (ilustrado na Figura 1) e 3520, CASE A8810 e A8800.

A lubrificação no campo ocorreu entre os dias 05 de maio e 05 de agosto de 2021. As falhas ocorridas por má lubrificação foram detalhadas, juntamente com o tempo de reparo. Sendo possível obter estes dados através de ordens de serviço disponibilizadas pela empresa.

Figura 1 – Colhedora de cana modelo CH570



Fonte: DEERE, 2021.

1.1 Justificativa

Em uma empresa a interrupção não programada da produção pode acarretar em prejuízos. No caso de uma empresa do ramo sucroalcooleiro, uma parada não programada pode chegar a interromper a produção de açúcar, etanol e energia. Em muitos dos casos, tais paradas inesperadas poderiam ser evitadas, simplesmente pela lubrificação de componentes.

A lubrificação é importante para manter as colhedoras disponíveis, certamente contribuindo para preservação da sua vida útil. Componentes móveis são os que necessitam de maiores cuidados relacionados a lubrificação. Empresas perdem milhões de reais anualmente, resultados provindos de falhas em rolamentos, associados à falta de lubrificação adequada (TREVISAN, 2011).

A realização incorreta da lubrificação também pode interferir na integridade dos componentes de uma colhedora. Uma quantidade inadequada de lubrificante, aplicação de lubrificante diferente da recomendação do fabricante e intervalos inadequados entre as lubrificações, podem trazer falhas repentinas aos componentes.

Assim sendo, este trabalho se justifica na importância de evitar a falha dos componentes mecânicos por má lubrificação. Além do mais, justifica-se pela importância de se manter manter em dia as atividades de manutenção preventiva e preditiva em uma empresa, visando aumento da disponibilidade e da confiabilidade dos equipamentos.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo Geral*

O presente trabalho visa quantificar falhas ocorridas por má lubrificação em componentes de colhedoras de cana-de-açúcar, através de dados de ordens de serviços abertas na empresa, bem como suas possíveis causas.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

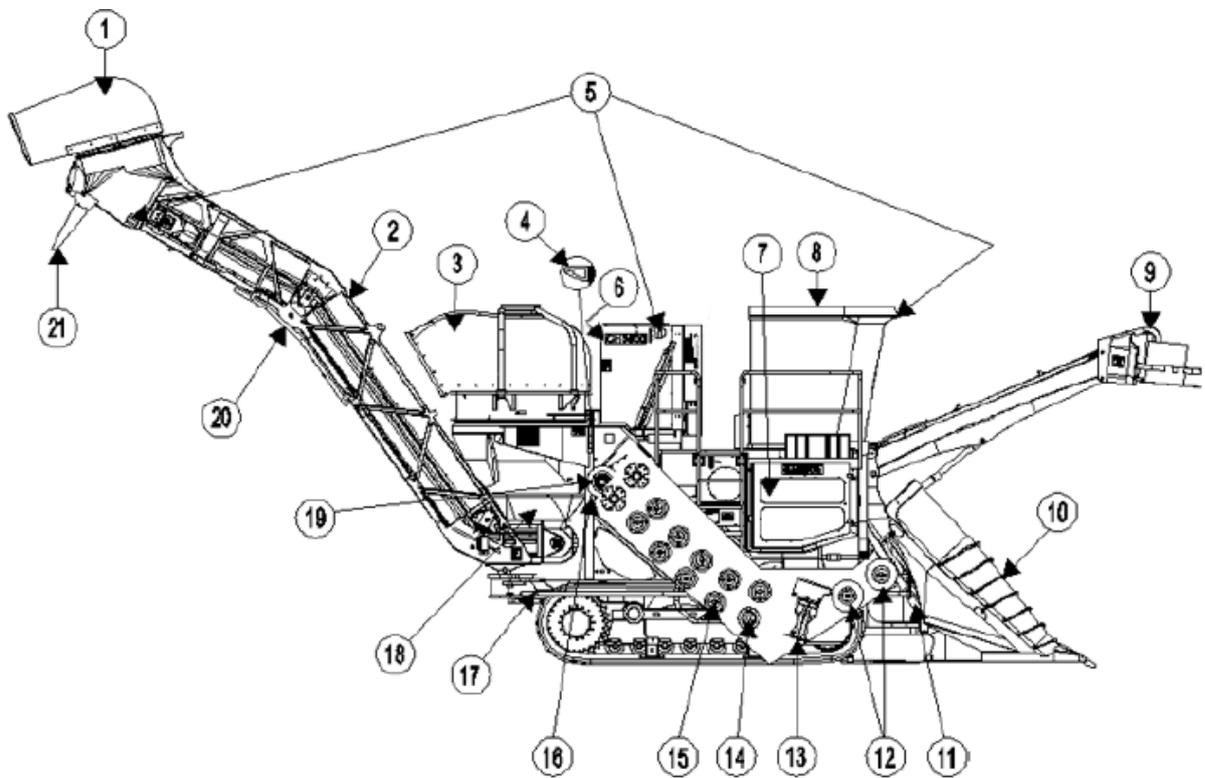
1. Pesquisar sobre as características dos lubrificantes;
2. Pesquisar sobre os tipos de manutenção;
3. Levantar os componentes que falharam por má lubrificação, no período analisado;
4. Selecionar os lubrificantes adequados do motor e de componentes que utilizam de rolamentos;
5. Relacionar as falhas com as possíveis causas e impacto financeiro.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Colhedora de cana-de-açúcar

De acordo com Neves *et al.* (2003), a maioria das colhedoras de cana, independentemente da marca, trabalham seguindo os mesmos princípios de operação e utilizam sistemas e componentes semelhantes. Os principais componentes de uma colhedora de cana podem ser vistos na Figura 2 e descritos no Quadro 1.

Figura 2 – Principais componentes de uma colhedora



Fonte: DEERE, 2021.

Quadro 1 – Componentes de uma colhedora

Item	Descrição	Item	Descrição
1	Extrator Secundário	12	Rolo Tombador
2	Elevador	13	Cortador de Base
3	Extrator Primário	14	Rolo Levantador
4	Aleta de Levantamento	15	Rolo de Alimentação
5	Luzes	16	Caixa do Picador
6	Telas de Admissão de Ar	17	Ganchos de Reboque
7	Compartimento do Motor	18	Cesto
8	Cabine	19	Volante do Picador
9	Cortador de Pontas	20	Proteção da Carreta
10	Divisores/Rolos de Linha	21	Aba do Depósito
11	Orifício de Amarração		

Fonte: Adaptado de: DEERE, 2021.

2.2 Manutenção

No meio industrial, existe grande preocupação com a eliminação de desperdícios e redução de custos de produção. Muitas vezes esta redução está diretamente relacionada ao planejamento e controle da manutenção de seus ativos (MARCELLINO, 2015).

A manutenção tem o objetivo de possibilitar a disponibilidade constante dos equipamentos de produção, contribuindo para o retorno dos investimentos aplicados (NETO; LIMA, 2002). Além do mais, a manutenção tem influência significativa na produtividade e qualidade dos produtos fabricados e sua eficiência interfere diretamente na qualidade e na quantidade dos produtos oferecidos (PAIVA; SODRÉ; CASTRO, 2019). Sendo assim, a realização de manutenção nos ativos de uma empresa é de extrema importância. A manutenção pode ser dividida em três categorias, que são: Manutenção Preditiva, Preventiva e Corretiva.

2.3 Manutenção corretiva

Trata-se do equipamento operar até que surja uma falha que interrompa a operação ou provoque a interrupção, total ou parcial, de seu funcionamento. (SPAMER, 2009). Assim, de acordo com Xenos (1998), a manutenção corretiva sempre será realizada após a falha.

Em função de a manutenção corretiva ocorrer após a falha do equipamento, normalmente ocorrem interrupções indesejadas da produção. Com isso, se a manutenção corretiva tiver um tempo de execução longo, é possível que a empresa sofra prejuízos significativos. A manutenção corretiva, quando aplicada, necessita de alguns recursos imediatos, como mão de obra especializada, ferramentas e peças para reposição, quando necessário (XENOS, 1998).

2.4 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é um modelo de manutenção planejada, baseada no históricos de quebras em funcionamento ou de revisões periódicas realizadas. Tem o intuito de evitar falhas ou queda no desempenho dos equipamentos, obedecendo um plano previamente elaborado com base em intervalos de tempo, geralmente recomendados, através de manuais técnicos disponibilizados pelos fabricantes. Este modelo de manutenção estabelece paradas periódicas, com o propósito de trocar peças gastas por novas, assegurando o funcionamento do equipamento por um período pré-determinado (VILLANUEVA, 2015).

A manutenção preventiva tem como intuito intervir no equipamento antes que ocorra a falha. Este tipo de manutenção ocorre de forma programada, baseada na experiência, estatísticas ou outro tipo de avaliação (SPAMER, 2009).

A manutenção preventiva é seguida e baseada nos manuais dos operadores, item disponibilizado pelo fabricante das máquinas. Geralmente estas manutenções são descritas em intervalos de tempos pré-estabelecidos pelo fabricante. Como um tipo de manutenção preventiva, é possível citar a troca de óleo entre outras operações.

2.4.1 Lubrificação

A lubrificação se resume em aplicar entre dois sólidos deslizantes um filme lubrificante, com objetivo de reduzir o atrito e o desgaste, retirar calor e partículas geradas pelo contato (LAGO, 2007). O lubrificante pode ser definido como qualquer substância aplicada entre superfícies sólidas, facilitando o movimento entre elas, amenizando o desgaste e a fricção (VIEIRA *et al.*, 2011). Segundo Oliveira e Souza (2015), a principal função do lubrificante é reduzir o atrito e o desgaste dentre partes que se movem.

Os primeiros lubrificantes eram de origem animal. Com o desenvolvimento de tecnologias, possibilitando novos avanços aos óleos lubrificantes, passou-se a utilizar lubrificantes de bases de origem vegetal, mineral e sintética. Atualmente, os lubrificantes modernos de alto desempenho, além de reduzirem atrito e o desgaste, protegem contra a corrosão, controlam a formação de depósitos e contaminantes suspensos, limpam componentes e mantêm a temperatura de operação correta (AZEVEDO; CARVALHO; FONSECA, 2005).

Os óleos lubrificantes são subdivididos em três principais categorias, de acordo com a sua base, que são: os minerais, os sintéticos e semissintéticos.

- **Óleo Mineral:** Produzido a partir do refino do petróleo, com o acréscimo de aditivos é comumente utilizado, possuindo um menor custo em comparação com os demais.
- **Óleo Sintético:** Desenvolvido através de reações químicas, desenvolvendo uma estrutura molecular uniforme e mais eficiente no processo de lubrificação ou corrosão, contendo uma maior durabilidade. Devido a dificuldade de produzi-lo, o seu preço final é maior comparado aos demais.

- **Óleo Semissintético:** Trata-se da mistura do óleo mineral e sintético, com o objetivo de reunir as melhores propriedades entre os dois, resultando em um preço abaixo do sintético.

Assim, os lubrificantes são comumente utilizados em motores de veículos, que são especialmente formulados para formar uma película na superfície das peças mecânicas, para diminuir o atrito, desgaste e calor nas interfaces dos componentes móveis (CAMPOS et al., 2018).

Propriedade de maior importância nos óleos lubrificantes é a viscosidade, que pode ser definida como a resistência ao escoamento, apresentada pelos fluidos. Aplicação de uma viscosidade adequada é de suma importância para garantir a lubrificação (MARCASSO, 2017).

A viscosidade dos óleos lubrificantes normalmente é especificada em suas embalagens. Um exemplo desta especificação é o termo 15W40, utilizado em motores a combustão. Por meio desta nomenclatura é possível identificar a viscosidade do fluido nos extremos de temperatura. Por exemplo, 15 corresponde ao valor da viscosidade em m^2/s na temperatura de início de funcionamento do motor e 40 representa o valor da viscosidade em m^2/s do óleo já com o motor aquecido em funcionamento.

Comparando os modelos 10W40 e 15W40, percebe-se no primeiro uma menor viscosidade a temperaturas frias em comparação com o segundo. Contudo, em temperaturas maiores ambos apresentam mesma viscosidade.

2.4.2 Classificação do óleo

A *American Petroleum Institute* (API) classifica suas categorias de óleos com uso de duas letras, que se encontram nos rótulos dos produtos. A primeira letra se refere à aplicação, podendo ser S no caso de motores leves a gasolina, etanol ou GNV, ou C para motores movidos a diesel. A segunda letra se refere à severidade do lubrificante, em ordem sequencial do alfabeto, ou seja, quanto mais avançada a letra, melhores aditivos o óleo terá, podendo ser encontradas as classificações API SL, API SM e API SN, para motores leves e API CH-4, CI-4, CJ-4 e CK-4, para motores a diesel. (HOLLEBEN, 2017).

A *Association des Constructeurs Européens de L'Automobile* (ACEA) representa fabricantes de automóveis sediados na Europa e define as seguintes classes de óleo: ACEA A/B, para motores a gasolina e Diesel, ACEA C, para motores a gasolina e diesel com sistema de pós-tratamento dos gases de exaustão, ACEA E, para motores Diesel em aplicações pesadas. Em seguida é adicionado um número nos casos de aplicações específicas, como o quesito de utilização severa do motor, representada pelo número 3 (CAMPOS et al., 2018). A Figura 3 ilustra os modelos de classificação citados anteriormente.

Figura 3 – Especificações do óleo

Quartz: Linha de produtos a qual o óleo lubrificante pertence.

INEO ECS: Produto de alta gama, da linha Total Quartz.

5W-30: classificação SAE*** de viscosidade, indicada para cada veículo.

W: Winter - Lubrificante aprovado para uso em países frios, escolhido pela Total Lubrificantes, pois permite melhor performance e resulta na redução de gasto de combustível.

Identificação da composição base do produto, que indica a qual dos tipos de lubrificantes**** ele pertence.

API*: Especificação através de normas americanas, que avalia de forma integrada as capacidades do óleo lubrificante.

Classificações:

SL	SM	SN
-		+

S: representa a categoria de aplicação, na qual Total Quartz está na categoria aplicável em veículos de passeio, caminhonetes e vans.

N, M ou L: indica o nível de performance do lubrificante.

ACEA:** Especificação através de normas europeias, que avalia rigorosamente os fatores técnicos da composição.

Classificações:

Cx	Bx	Ax
-		+

A: Para motores a gasolina de veículos ligeiros.

B: Para motores Diesel de veículos ligeiros e comerciais.

C: Para veículos ligeiros com filtros de partículas Diesel

API SN ACEA C3

Fonte: Adaptado de: JEREMY, 2020.

2.4.3 Graxa

A graxa se resume a uma mistura pastosa, composta por óleo mineral ou sintético e um agente espessante, que pode ser na maioria das vezes sabão de lítio, sódio ou cálcio (DEMOLINER et al., 2018). As graxas lubrificantes possuem, como uma de suas vantagens, o fato de não escorrer do local de aplicação, o que muitas das vezes dispensa a utilização de itens para a vedação (LIMA et al., 2015). As graxas lubrificantes podem ser classificadas em função

do tipo de agente espessante, conforme descrito a seguir:

- **Graxa à base de Sódio** : Tem como principal vantagem uma boa resistência ao calor e à ferrugem, porém não são resistentes à água (MELO, 2011).
- **Graxa à base de Lítio** : Possui boa resistência ao calor e à água, podendo trabalhar entre faixas de temperaturas de -70 °C a 150 °C (MELO, 2011).
- **Graxa à base de Cálcio** : Contém grande gama de possíveis aplicações, boa resistência ao calor, suporta extrema pressão e é resistência à água (MELO, 2011).

A consistência é a mais importante característica das graxas. Ela define a resistência a deformação mediante a aplicação de uma força. A escolha da consistência correta faz com que a graxa aplicada prevaleça no rolamento, contribuindo para a diminuição do atrito. A consistência é classificada de acordo com uma escala desenvolvida pela *National Lubricating Grease Institute* (NLGI) (DEMOLINER et al., 2018). De acordo com a consistência da graxa, indicando o quão fluida ela é. O Quadro 2, demonstra alguns graus de consistência disponíveis no mercado.

Quadro 2 – Consistência da graxa

Classificação NLGI	Estrutura
NLGI 000	Muito fluida
NLGI 00	Fluida
NLGI 0	Semi-fluida
NLGI 1	Muito macia
NLGI 2	Macia
NLGI 3	Semi-sólida
NLGI 4	Sólida
NLGI 5	Muito sólida
NLGI 6	Extremamente sólida

Fonte: Adaptado de: NCH, 2020.

2.5 Manutenção preditiva

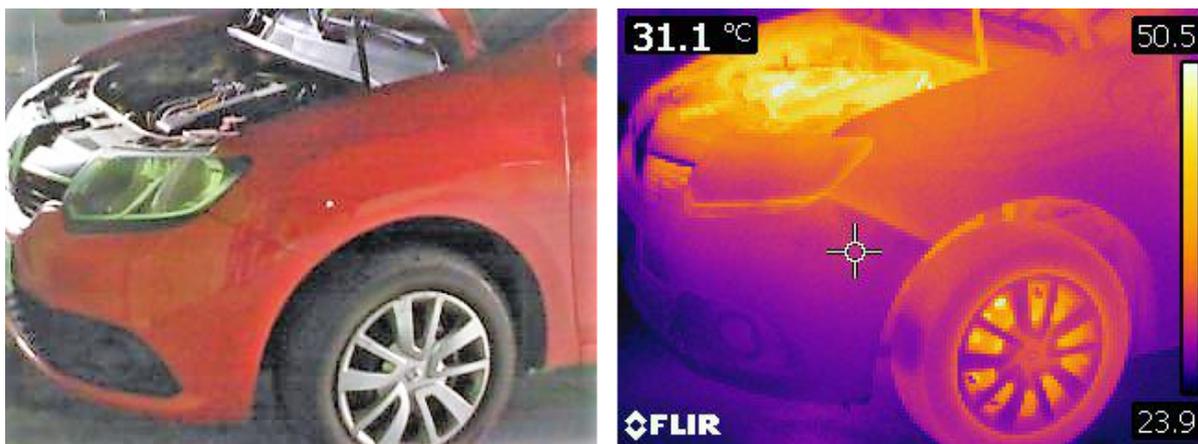
A manutenção preditiva se baseia na condição operacional real dos equipamentos e sistemas. A finalidade deste modelo de manutenção é prevenir falhas através do acompanhamento de diversos parâmetros. Assim quando o grau de degradação se aproxima do limite estabelecido para a variável monitorada, é tomada a decisão de intervenção (VILLANUEVA, 2015).

De acordo com Xenos (1998), a manutenção preditiva possibilita a otimização da troca ou reparo de peças, estendendo o intervalo de manutenção, prevendo quando a peça ou o componente está próximo do limite de troca. Algumas das técnicas aplicadas na preditiva são, a termografia, análise de vibração e análise de óleo.

2.5.1 Termografia

A termografia é uma técnica da manutenção preditiva, que possibilita a medição e visualização do calor emitido pelas superfícies das peças, sem a necessidade de contato físico, através da medição da intensidade de radiação infravermelha que é emitida pela superfície de qualquer objeto (SANTOS, 2018). Conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Termografia



Fonte: BUECKMANN; GAVLAKI, 2018.

2.5.2 Análise de vibração

Máquinas rotativas estão sempre produzindo vibrações que podem afetar seu funcionamento a depender da intensidade, interferindo na integridade do equipamento. Algumas destas vibrações advêm de desbalanceamentos, desalinhamento e folgas, entre outros.

Assim, a partir de dados de análises vibratórias, é possível tomar decisões quanto a intervir ou não na máquina, contribuindo para que esta tenha a maior disponibilidade possível, reduzindo custos com a manutenção e tempo de parada (LAGO, 2007).

A Figura 5 ilustra um modo de analisar a vibração de equipamentos rotativos. Com a utilização de aparelhos adequados, o técnico é capaz de verificar o índice de vibração do equipamento, que pode ser causada por desalinhamento ou empenamento do eixo, como também, a falta de lubrificação. O aparelho é capaz de medir a intensidade de vibração que o equipamento apresenta durante seu funcionamento, permitindo avaliar se está de acordo com as especificações do fabricante.

Figura 5 – Análise de vibração



Fonte: VIKON, 2017.

2.5.3 Análise do óleo lubrificante

A análise do óleo tem como objetivo otimizar o intervalo entre as trocas do mesmo, por meio da análise de dados que informam a situação de desgaste dos componentes, como também ter controle de indicadores para a manutenção preditiva (SOUZA, 2008). Este método consiste em retirar amostras de óleo dos equipamentos, que em seguida são analisadas por laboratórios qualificados.

A análise é realizada com base na contaminação do óleo contido nas amostras retiradas. As peças lubrificadas podem contaminar o óleo lubrificante, pelo seu desgaste. Se a peça contém alguma rachadura ou uma fenda, é possível que o óleo lubrificante se contamine com o meio (SOUZA, 2008). A evolução dos equipamentos para a realização de tais análises contribui para resultados mais precisos e rápidos, o que torna esta análise imprescindível para a manutenção (MELO, 2011).

Segundo Melo (2011), são dois os fatores que podem alterar as características de um lubrificante, tornando-o incapaz de realizar suas funções: a degradação e contaminação. Ainda segundo Melo (2011), a degradação acontece devido à oxidação, causada pela temperatura de trabalho e pelo oxigênio do ar, e a contaminação advém do desgaste das partículas sólidas, pela umidade presente no ar ou pelo próprio ambiente.

A análise primeiramente identifica se o óleo se encontra normal, anormal ou crítico. Também engloba uma avaliação geral da amostra, informando quais contaminantes foram encontrados em maiores quantidades e as possíveis causas. Adicionalmente, a análise contempla

possíveis ações após a próxima parada do equipamento (Figura 6).

Figura 6 – Avaliação da amostra

AVALIAÇÃO:	Foi encontrado concentrações de Silício. Consta-se contaminação externa. Ocorreu uma alteração nos valores de aditivos do óleo.
AÇÕES DE INSPEÇÃO:	Próxima parada do equipamento deve-se realizar a verificação de todo o sistema de admissão de ar (filtros, abraçadeiras, mangueiras etc.). Realizar uma nova análise.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A partir da análise, também é possível conferi o histórico de resultados anteriores, podendo avaliar o comportamento do equipamento, conforme Figura 7. Caso o resultado seja constatado crítico, é necessário a parada imediata do equipamento, evitando possíveis falhas, que podem resultar em custos elevados de manutenção.

Figura 7 – Histórico de análises

Dados da Amostra					Contaminação			
Amostra	Status	Coleta	Resultado	Troca?	Si(ppm)	Al(ppm)	Na(ppm)	k(ppm)
1	Anormal	05/06/2021	10/06/2021	Sim	34	3	0	1
2	Normal	10/09/2020	15/09/2020	Não	19	2	1	2
3	Normal	16/08/2020	22/08/2020	Sim	17	2	2	2
4	Anormal	03/07/2020	05/07/2020	Sim	22	2	2	4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Portanto, a verificação das características do óleo lubrificante mostra indispensável para avaliar a integridade do equipamento, contribuindo para a disponibilidade e aumentando sua vida útil.

3 METODOLOGIA

3.1 Definição das colhedoras de cana-de-açúcar a serem avaliadas

No período da safra, época do corte da cana, a empresa na qual foi realizado o trabalho, realiza o corte da cana em três frentes de serviço, nomeadas frente 01, 02 e 03, dispostas em diferentes plantações. Cada frente conta com a utilização de cinco máquinas colhedoras de cana e uma reserva, todas identificadas por números. Assim, é possível identificar quais as colhedoras se encontram em cada frente de serviço. A distribuição das colhedoras por frente de serviço pode ser vista no Quadro 3. Já no Quadro 4, cada código numérico de identificação da máquina é relacionado a seu fabricante, modelo e ano de fabricação de cada colhedora.

Quadro 3 – Equipamentos por frente de serviço

Frente 01	Frente 02	Frente 03
C001	C003	C014
C002	C011	C015
C004	C013	C016
C009	C019	C017
C010	C020	C018

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Quadro 4 – Modelos de colhedoras

Modelo	Código	Ano
John Deere CH 3520	C001	2014
John Deere CH 3520	C009	2010
John Deere CH 3520	C010	2011
John Deere CH 3520	C011	2011
John Deere CH 3520	C012	2013
John Deere CH 3520	C013	2013
John Deere CH 570	C002	2017
John Deere CH 570	C004	2017
John Deere CH 570	C003	2017
CASE A8810	C019	2019
CASE A8810	C018	2019
CASE A8810	C020	2019
CASE A8800	C014	2016
CASE A8800	C015	2016
CASE A8800	C016	2016
CASE A8800	C017	2016

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

3.2 Coleta de dados

Assim que um equipamento falha em campo, o operador informa o líder e o mecânico da sua frente de serviço. O mecânico realiza a primeira avaliação do equipamento, descrevendo a falha. Em seguida, comunica-se à oficina a parada do ativo e solicita-se a abertura da ordem de serviço, descrevendo a falha e computando a hora inicial da parada. Em seguida, têm início as atividades de manutenção.

Os dados de quais ativos falharam por defeitos na lubrificação foram levantados através destas ordens de serviço. Nas Ordens de Serviço, é possível rastrear o número do ativo, qual o defeito ocorreu, em qual componente, o tempo de reparo e também qual colaborador executou o serviço, entre outras informações. Em seguida foi realizada uma pesquisa verbal com os mecânicos com intuito de descobrir causas das falhas. Nesta pesquisa, vinte mecânicos foram convidados a responder ao seguinte questionamento: Qual motivo você julga ser o responsável pelas falhas nos rolamentos?

3.3 Pontos de lubrificação

Os pontos de lubrificação das colhedoras, independentemente dos modelos tratados, seguem o mesmo propósito, ou seja, permitir a lubrificação dos mesmos componentes, diferenciando apenas a localização do pino graxeiro.

São estabelecidos pelos fabricantes os componentes que devem ser lubrificados diariamente, ou em certo intervalo de tempo. Alguns fabricantes detalham alguns componentes em específico, além do mais, diferentes fabricantes podem nomear o mesmo componente de formas diferentes. O intervalo programado de lubrificação dos componentes pode ser seguido com o auxílio do manual do operador, disponibilizado pelo fabricante, onde serão descritos estes intervalos apenas dos componentes que ocorreram a falha, com intuito de verificar a realização correta dos mesmos.

3.4 Recomendação de lubrificantes

Os manuais dos fabricantes apontam as seguintes sugestões de lubrificantes:

- **Óleo Lubrificante Motor** CASE: SAE 15W40; API CI-4; ACEA E5; AKCELA N° 1;
- **Graxa Lubrificante** CASE: Graxa a base de lítio NGLI 2, de extrema pressão, contenha inibidores de oxidação e inibidores de corrosão;
- **Óleo Lubrificante Motor** John Deere: SAE 15W40; API CI-4; PLUS-50 II;
- **Graxa Lubrificante** John Deere: Graxa SAE multiuso com desempenho em pressão extrema contendo de 3 a 5% de bissulfeto de molibdênio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Falhas de rolamentos

Foram analisados através de ordens de serviços abertas, no período de três meses, quais os equipamentos obtiveram falhas causadas por lubrificação inadequada. Os componentes, o tempo de reparo e a data da falha, estão demonstrados no Quadro 5.

Um obstáculo enfrentado pela empresa, na melhoria do controle de informações nas ordens de serviço, trata-se de que não é informado qual o rolamento em específico foi trocado. Como exemplo, é citado somente troca do rolamento do divisor de linha, porém não é inserido se este se refere ao rolamento de apoio ou das articulações, com isso, dificultando também a coleta de informações para esse relatório.

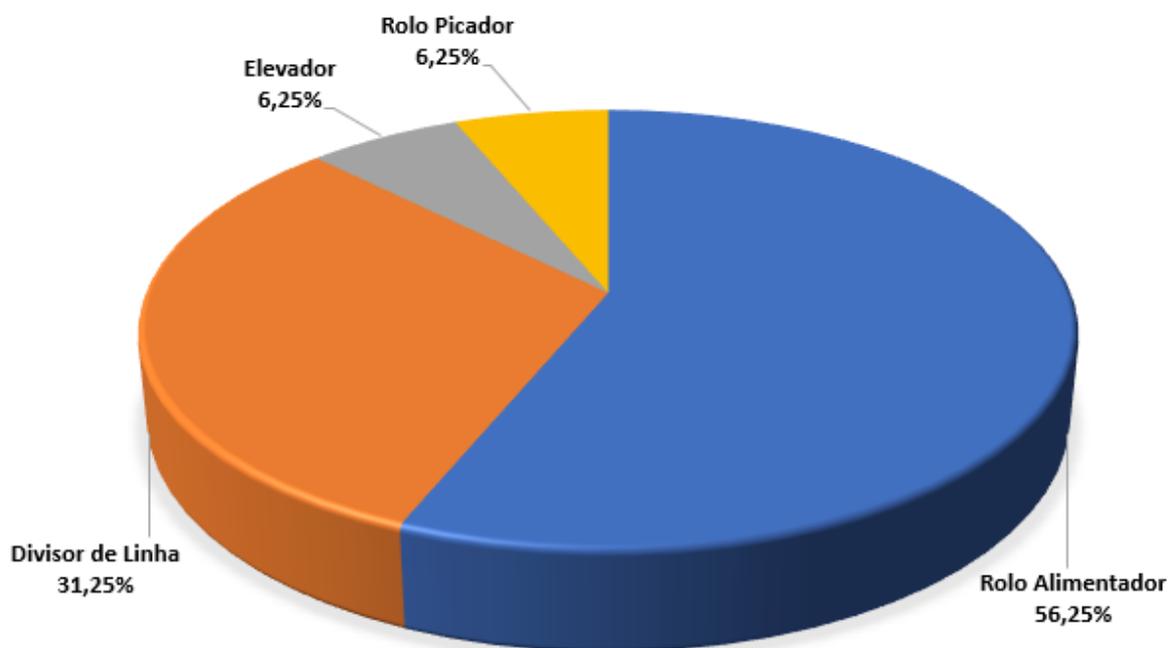
Quadro 5 – Falha nos rolamentos

Componente	Equipamento	Tempo de reparo (horas)	Data
Divisor de linha	C019	17:00 às 19:28	25/05/2021
Rolo alimentador	C013	16:53 às 18:35	05/06/2021
Rolo alimentador	C009	07:25 às 13:18	08/06/2021
Rolo alimentador	C013	17:50 às 19:38	09/06/2021
Rolo alimentador	C001	10:58 às 11:31	13/06/2021
Rolo alimentador	C009	02:20 às 03:18	18/06/2021
Rolo alimentador	C009	18:35 às 20:25	20/06/2021
Rolo alimentador	C013	15:45 às 16:00	24/06/2021
Divisor de linha	C020	08:11 às 09:00	07/07/2021
Rolo alimentador	C019	10:40 às 13:00	09/07/2021
Divisor de linha	C019	08:00 às 10:00	09/07/2021
Rolo alimentador	C011	14:00 às 15:30	09/07/2021
Rolo picador	C010	17:08 às 21:50	10/07/2021
Divisor de linha	C020	21:45 às 22:39	17/07/2021
Elevador	C015	14:20 às 14:50	22/07/2021
Divisor de linha	C011	15:50 às 20:00	01/08/2021

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Na Figura 8, pode ser vista a distribuição do tempo de reparo em função do componente. Percebe-se predominância de falhas no Rolo Alimentador, com cerca de 56% do total.

Figura 8 – Porcentagem de falhas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Os rolamentos utilizados nos rolos alimentadores não são do tipo blindado, e possuem apenas uma proteção para evitar a entrada de poluentes, estes que podem prejudicar a lubrificação. Os fabricantes solicitam que os componentes que falharam sejam lubrificados nos seguintes intervalos de tempo destacados pelos Quadros 6 e 7.

Quadro 6 – Recomendação de lubrificação John Deere

Componente a Lubrificar	Descrição	Período
Divisores de Linha	Articulações	A cada 25 horas
Elevador	Mesa de Giro	A cada 25 horas
Rolos Alimentadores	Lado Direito e Esquerdo	A cada 50 horas
Elevador	Rolamentos	A cada 50 horas
Picador	Eixo dos Picadores	A cada 50 horas
Divisores de Linha	Rolamentos de Apoio	A cada 50 horas

Fonte: Adaptado de: DEERE, 2021.

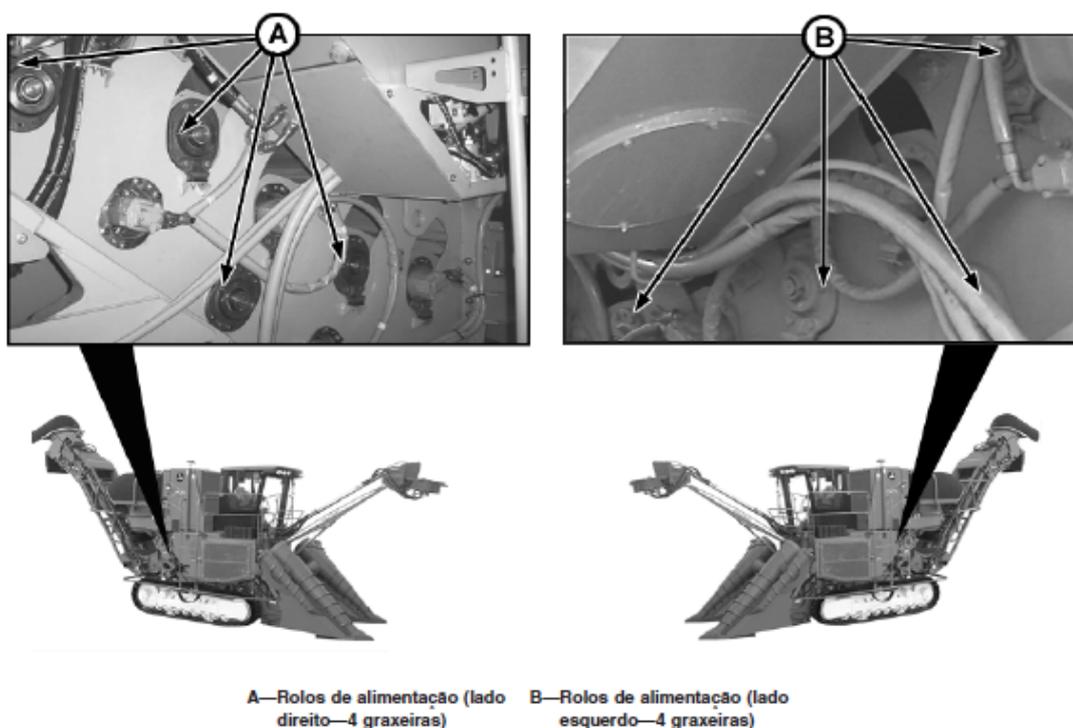
Quadro 7 – Recomendação de Lubrificação CASE

Componente a Lubrificar	Descrição	Período
Divisores de Linha	Rolamentos de Apoio	A cada 25 horas
Divisores de Linha	Articulações	A cada 25 horas
Elevador	Mesa de Giro	A cada 25 horas
Rolos Alimentadores	Lado Direito e Esquerdo	A cada 50 horas
Elevador	Rolamentos	A cada 50 horas
Picador	Eixo dos Picadores	A cada 50 horas

Fonte: Adaptado de: CASE, 2016.

A Figura 9 ilustra o posicionamento dos rolos alimentadores na colhedora de cana, destacado pelos pontos A e B, estes os quais tiveram maiores índices de falhas.

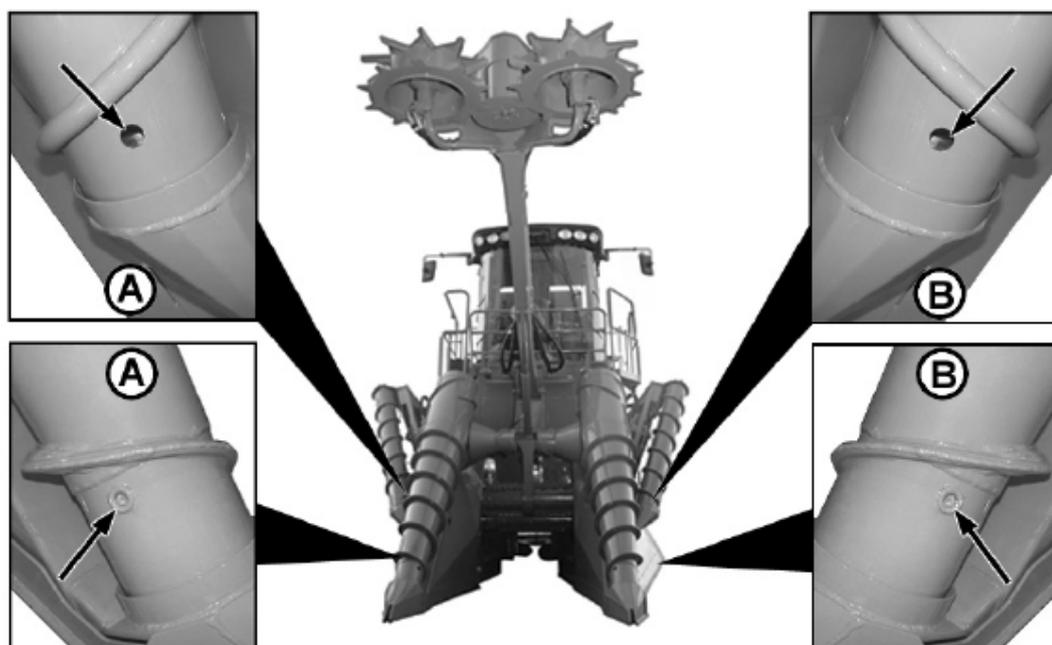
Figura 9 – Rolos alimentadores



Fonte: DEERE, 2021.

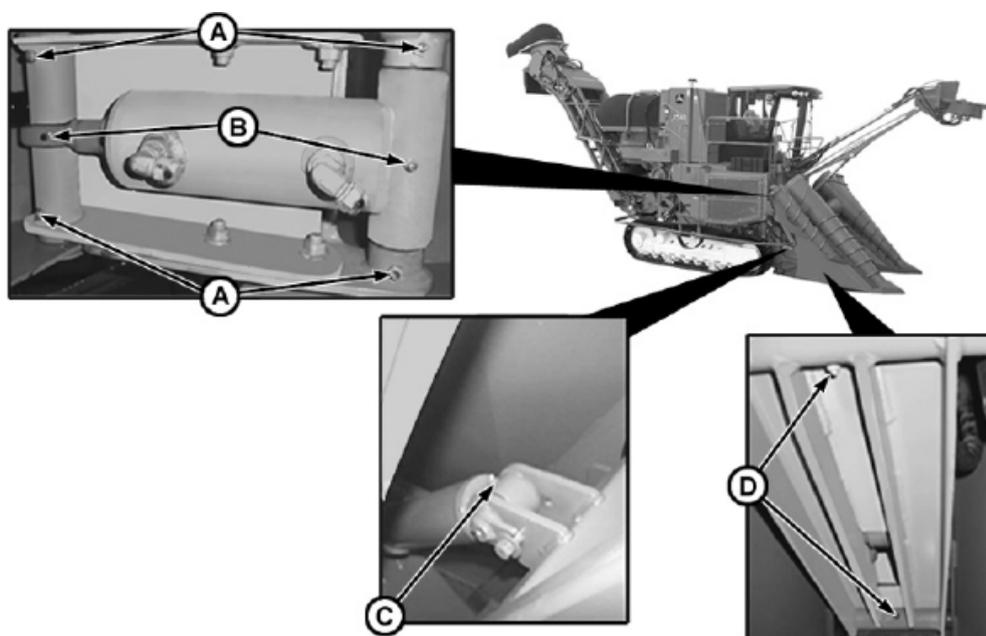
As Figuras 10 e 11 ilustram o componente divisor de linha, sendo os rolamentos de apoio e articulações, os itens com o segundo maior índice de falhas.

Figura 10 – Divisores de linha rolamentos de apoio



Fonte: DEERE, 2021.

Figura 11 – Divisores de linha articulações



A—Balança de inclinação
(4 graxeiras em cada lado)

B—Cilindro de inclinação
(2 graxeiras em cada lado)

C—Ponta do cilindro
(1 graxeira em cada lado)

D—Pinos das balanças
inferiores (2 graxeiras em
cada lado)

Fonte: DEERE, 2021.

Os modelos de colhedoras CH570 e CH3520 da marca John Deere, apresentam diferentes períodos de lubrificação nos rolamentos de apoio dos divisores de linha e nos rolos alimentadores. Para, o modelo CH570 é sugerido um intervalo de lubrificação de 50 horas e para os modelos CH3520 um intervalo de 250 horas.

Os fabricantes solicitam também que alguns componentes sejam lubrificados com bombas manuais. Portanto a fabricante John Deere solicita que os seguintes componentes sejam lubrificados com bomba manual, com três bombeadas.

- Rolos Alimentadores;
- Rolamentos do elevador.

Os demais pontos podem ser lubrificados pela bomba pneumática, contudo utilizando uma pressão máxima de aproximadamente 30 psi. A fabricante Case, solicita que os seguintes componentes sejam lubrificados com bombas manuais;

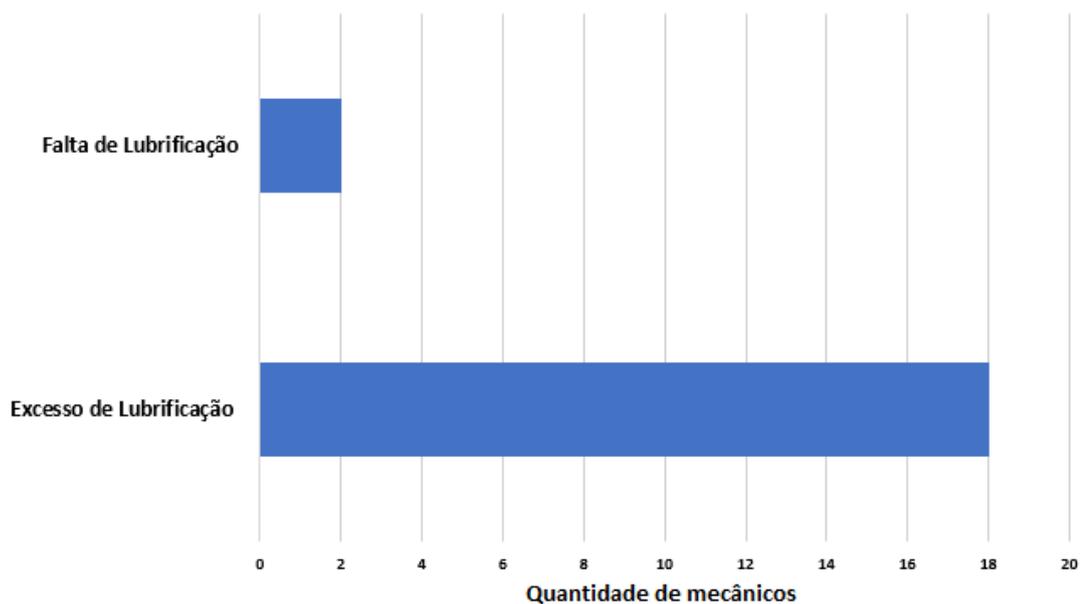
- Rolos Alimentadores;
- Picador (Eixo dos Picadores).

Apesar da falta de especificação nas ordens de serviço, ou seja, uma melhor exemplificação dos componentes e detalhes sobre quais rolamentos foram trocados, ainda assim é possível verificar as possíveis causas das falhas, que podem ser advindas do intervalo de lubrificação. A empresa estudada realiza a lubrificação diária das colhedoras. Portanto, pode estar ocorrendo lubrificação em excesso, onde é constatado que não é comum o uso de bombas manuais e nem a regulagem contínua da pressão da bomba.

Em busca de uma compreensão melhor da falha destes componentes, foi elaborada uma pesquisa em que foram envolvidos vinte mecânicos responsáveis pela manutenção das máquinas. A pesquisa buscou saber dos mecânicos o motivo das falhas. Deste modo foi realizada a pergunta já citada anteriormente na Metodologia.

Os mecânicos relataram que na maioria das vezes, por volta de 80 %, tais falhas são provenientes do excesso de lubrificação, ou seja, o lubrificador excede a quantidade de lubrificante depositada no componente. O excesso de lubrificante por vir a romper a proteção dos rolamentos, contribuindo para a entrada de poluentes, afetando o funcionamento do componente e ocasionando a falha. A Figura 12 ilustra os motivos relatados nas respostas obtidas.

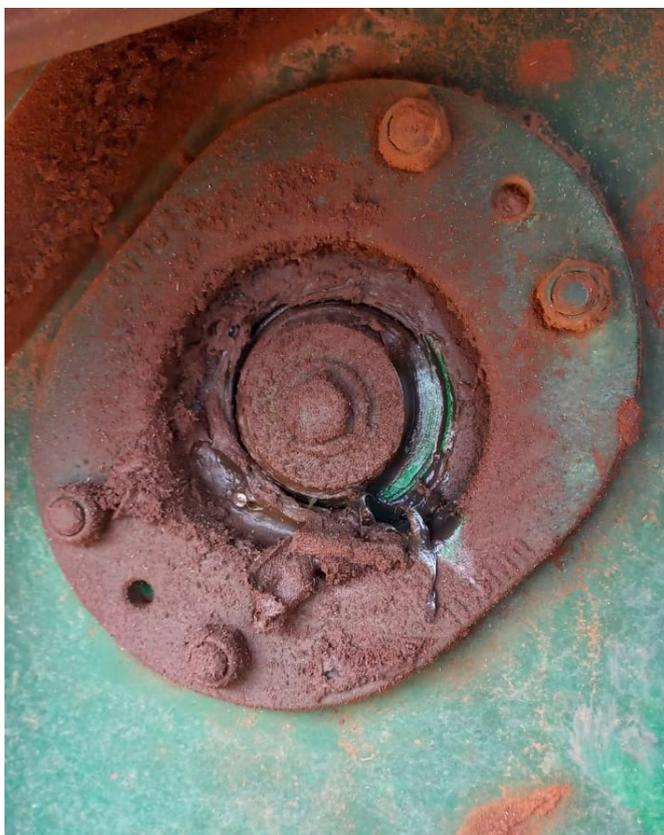
Figura 12 – Motivo de falhas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

De acordo com a pesquisa relacionada ao excesso de lubrificante, a figura 13 ilustra o local em que o rolamento do rolo alimentador é instalado. Percebe-se o excesso de lubrificante depositado, como também a incrustação de poluição externa.

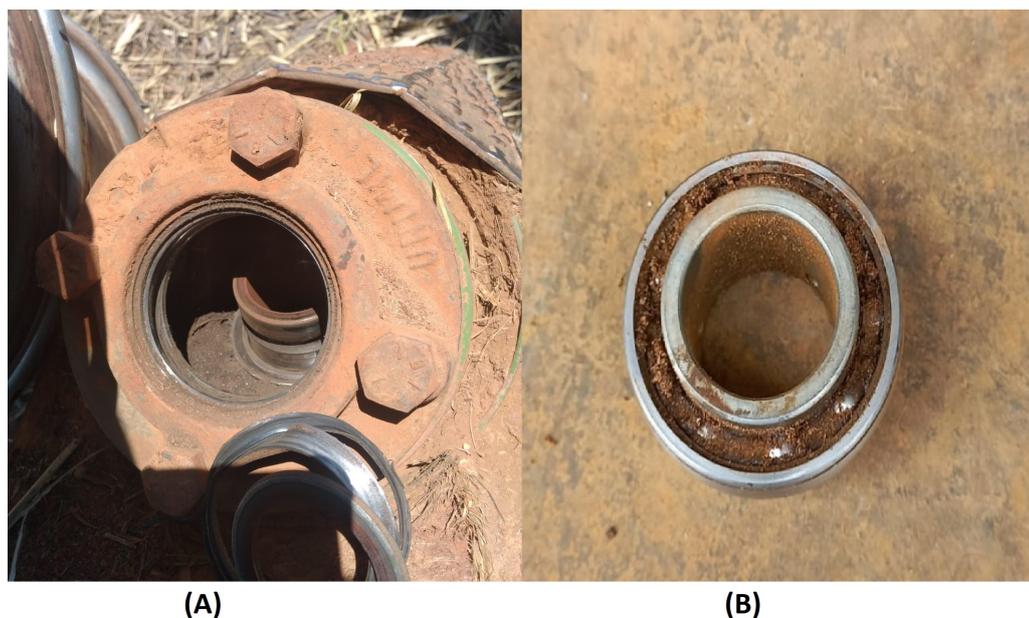
Figura 13 – Excesso de lubrificante



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Pela Figura 14 é possível perceber a contaminação externa sobre o rolamento do rolo alimentador (B). Também é possível notar o rolamento do divisor de linha (A), o qual ocorreu falha por falta de lubrificante. Vale ressaltar que as colheitadeiras de cana costumam operar em ambientes com elevada quantidade de poeira, o que favorece a contaminação externas de poluentes.

Figura 14 – Rolamento descartado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Foi verificado que a graxa utilizada pela empresa para a lubrificação de todas as colhedoras é Petronas Grease LIX EP 2/380, graxa de extrema pressão à base de sabão de complexo de lítio NLGI-2. Suas características se mostram satisfatórias, contendo inibidores de corrosão, antioxidantes e antiferrugem. É possível perceber, portanto, que a especificação do lubrificante é adequada para a situação. Neste caso pode-se concluir que as falhas não ocorrem por uso de lubrificante inadequado.

4.2 Análise de custo

É possível observar que estes ativos tiveram um total de 32 horas e 16 minutos parados, para troca de rolamentos. Foram realizados 16 intervenções relacionados a falhas em rolamentos.

Uma colhedora é capaz de processar entre 150 e 180 toneladas de cana por hora. No entanto, a média de processamento diária no Brasil está entre 30 e 80 toneladas por hora (RPANEWS, 2018). Ou seja, analisando a possibilidade das colhedoras estarem colhendo cerca de 80 toneladas por hora, a empresa analisada deixou de produzir cerca de 2.572,8 toneladas de cana, devido a falhas de lubrificação em rolamentos. A empresa tem a capacidade de produzir aproximadamente 1,5 sacas de 50 kg de açúcar a cada 1 tonelada de cana. A um valor de aproximadamente R\$ 75,00 por saca, calcula-se que a empresa deixou de produzir cerca de

3.860 sacas de açúcar VHP (*Very High Polarization*), totalizando um prejuízo aproximado de R\$ 289.000,00.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantidade de componentes que vieram a falhar, por efeitos da lubrificação inadequada foi consideravelmente alta. Tais falhas poderiam ser evitadas com pequenos ajustes na operação de manutenção. Caso os componentes do rolo alimentador tivessem sido lubrificados por bombas manuais, como recomenda o fabricante do equipamento, possivelmente tais falhas não ocorreriam, pois da maneira como a lubrificação tem sido realizada, observa-se um excesso de lubrificante depositado, que contribui decisivamente para a ocorrência da falha. Contudo, a utilização de uma bomba manual, pode proporcionar um tempo maior de lubrificação de uma colhedora, sendo assim, uma sugestão com intuito de diminuir tais falhas neste componente e não exceder um tempo alto de lubrificação, é a utilização da bomba pneumática, porém a pressões baixas, sempre com o controle de lubrificante depositado.

A utilização de uma bomba pneumática com alta pressão, contribui para que o lubrificador perca o controle de lubrificante depositado, provocando o depósito em excesso de lubrificante. Neste caso o lubrificador deve respeitar a especificação de pressão máxima do fabricante do equipamento. Parte das falhas observadas se deu pela falta de atendimento à pressão máxima de depósito de lubrificante definida pelos fabricantes dos equipamentos. Uma evidência do não atendimento à especificação do fabricante é a grande quantidade de rolamentos com a proteção rompida. A lubrificação de todos os componentes é realizada diariamente pelos lubrificadores, apesar de alguns componentes exigirem um intervalo mínimo de 50 horas de trabalho. Tal quesito pode ser também ocasionador de falhas. Assim, recomenda-se um treinamento interno, estabelecendo quais os intervalos de cada componente para a lubrificação.

O tempo que a colhedora tem de utilização não é justificativa para o número de falhas que ocorreram. Ou seja, a execução rigorosa das manutenções estipuladas pelo fabricante pode evitar a ocorrência de falhas repentinas, independente do seu ano de fabricação.

Todas as falhas descritas acarretaram prejuízos relativamente elevados. Por meio deste estudo, foi possível perceber a importância de seguir rigorosamente o plano de lubrificação, assim como as atividades de manutenção preditiva, de modo a reduzir custos e aproveitar melhor os recursos da empresa.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, J. B.; CARVALHO, L.; FONSECA, V. M. Propriedades reológicas de óleos lubrificantes minerais e sintéticos com degradação em motor automotivo. **Trabalho publicado nos Anais do o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador, 2005.** v. 3, 2005.
- BUECKMANN, B.; GAVLAKI, D. **Termografia – aplicações além da manutenção elétrica.** 2018. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/17360-termografia-aplicacoes-alem-da-manutencao-eletrica>>. Acesso em: 23 de junho de 2021.
- CAMPOS, F. d. A. R. et al. Manutenção preditiva de lubrificantes em motores de combustão interna para aplicações leves. 2018. Universidade Federal de Uberlândia, 2018.
- CASE. Manual do operador colhedora de cana-de-açúcar case a8000 e a8800. 2016. CASE AGRICULTURE, 2016.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira.** 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 05 de julho de 2021.
- DEERE, J. **Manuais JOHN DEERE.** 2021. Disponível em: <<https://www.deere.com.br/pt/colheitadeiras/colhedora-de-cana/>>. Acesso em: 20 de junho de 2021.
- DEMOLINER, G. et al. Medidor de consistência da graxa. **Anais da Mostra de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cidadania (MEPEC),** 2018. v. 3, p. 86–93, 2018.
- HOLLEBEN, C. d. Avaliação metrológica do desempenho de óleos lubrificantes das categorias api ck-4 e api cj-4. 2017. 2017.
- JEREMY. **Óleo do motor: como escolher? O que é SAE e API?** 2020. Disponível em: <<https://autopapo.uol.com.br/noticia/oleo-do-motor-como-escolher-o-que-e-sae-api/>>. Acesso em: 21 de junho de 2021.
- LAGO, D. F. Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante. 2007. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2007.
- LIMA, L. et al. Influência da atmosfera na degradação térmica oxidativa de graxas lubrificantes à base de cálcio. **Blucher Chemical Engineering Proceedings,** 2015. v. 1, n. 2, p. 14242–14249, 2015.
- MARCASSO, G. Estudo de caso da falha de um motor diesel 9.0 l john deere de uma colhedora de cana de açúcar john deere 3522 2l. 2017. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2017.

MARCELLINO, A. T. Análise da implantação de uma sistemática de manutenção centrada na confiabilidade aplicada para colhedoras de cana de açúcar. 2015. UFGD, 2015.

MELO, F. B. d. Lubrificação: sistema de planejamento. 2011. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, 2011.

NCH. **O que é o grau NLGI de uma graxa?** 2020. Disponível em: <<https://www.la.nch.com/blognchlatam/o-que-e-o-grau-nlgi-de-uma-graxa/>>. Acesso em: 24 de junho de 2021.

NETO, J. C. da S.; LIMA, A. Gonçalves de. Implantação do controle de manutenção. **Revista Club de Manutenimento**, 2002. n. 10, 2002.

NEVES, J. L. M. et al. Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução. 2003. [sn], 2003.

OLIVEIRA, J. C. P. de; SOUZA, R. B. de. Análise da gestão dos resíduos gerados na troca de óleo lubrificante automotivo: um estudo de caso na cidade de cabo frio-rj. **Revista Eletrônica Gestão e Saúde**, 2015. Universidade de Brasília, n. 2, p. 971–985, 2015.

PAIVA, J. de S.; SODRÉ, R. B.; CASTRO, A. de O. O uso de ferramenta de gestão como facilitador do plano de manutenção industrial. **ITEGAM-JETIA**, 2019. v. 5, n. 19, p. 75–81, 2019.

RPANEWS. **Colhedora de duas ou mais linhas deve ser o futuro da colheita em espaçamento simples**. 2018. Disponível em: <<https://revistarpanews.com.br/colhedora-de-duas-ou-mais-linhas-deve-ser-o-futuro-da-colheita-em-espacamento-simples/>>. Acesso em: 12 de setembro de 2021.

SANTOS, Y. F. A utilização da termografia como técnicas de manutenção preditiva em indústria de fios—estudo de caso. 2018. Universidade Federal da Paraíba, 2018.

SOUZA, R. d. Q. Metodologia e desenvolvimento de um sistema de manutenção preditiva visando a melhoria da confiabilidade de ativos de usinas hidrelétricas. 2008. 2008.

SPAMER, F. R. Técnicas preditivas de manutenção de máquinas rotativas. 2009. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

TORQUATO, S. A. Mecanização da colheita da cana-de-açúcar: benefícios ambientais e impactos na mudança do emprego no campo em são paulo, brasil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, 2013. n. 29, p. 49–62, 2013.

TREVISAN, R. Utilização de medições ultrassônicas de vibração e da emissão acústica para implantação de lubrificação base-condição visando a prevenção de falhas em mancais de rolamentos. 2011. 2011.

VIEIRA, L. C. et al. Análise de mancais axiais sob lubrificação hidrodinâmica. 2011. [sn], 2011.

VIKON. **Análise de Vibrações Mecânicas**. 2017. Disponível em: <<https://vikon.com.br/analise-de-vibracoes-mecanicas/>>. Acesso em: 23 de junho de 2021.

VILLANUEVA, M. M. A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação. **Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015. 2015.**

XENOS, H. G. Gerenciando a manutenção produtiva. **Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, 1998. v. 171, 1998.**