

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTE**

ALESSANDRO IGNÁCIO

**ESTUDO DE CASO SOBRE O SISTEMA OPERACIONAL DE
MANUTENÇÃO MECÂNICA DE UMA EMPRESA FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de Tecnólogo
em Curso de Logística e Transporte

Botucatu-SP
Dezembro – 2008

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTE**

ALESSANDRO IGNÁCIO

Orientador: prof. Dr. Celso Fernandes Joaquim Junior

**ESTUDO DE CASO SOBRE O SISTEMA OPERACIONAL DE
MANUTENÇÃO MECÂNICA DE UMA EMPRESA FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de Tecnólogo
em Curso de Logística e Transporte

Botucatu-SP
Dezembro – 2008

DEDICATÓRIA

Dedico a minha amada esposa Paula, que esteve sempre presente com seu amor, compreensão e força.

Aos meus queridos filhos Guilherme e Gabrielly pela paciência durante a minha ausência em todo o decorrer do curso que resultou neste trabalho.

Dedico também aos meus pais, Haroldo e Maura, por possibilitarem a minha educação e os meus estudos, mesmo que fossem necessários os seus sacrifícios pessoais.

AGRADECIMENTOS

O caminho para a realização deste trabalho e conseqüente encerramento de mais uma jornada de aprendizado, ano foi solitário.

Parte deste processo diversas pessoas foram contribuindo com seu grau de ajuda e respeito. Registro aqui meus agradecimentos a todos aqueles que tornaram possível esse trabalho de conclusão de curso.

Primeiramente a Jeová Deus pela minha capacidade de aprender e por todas as bênçãos e oportunidades recebidas.

Aos alunos da VI Turma de Logística da Fatec de Botucatu.

Meus agradecimentos ao Prof. Dr. Celso Fernandes Joaquim Junior, meu orientador pelo desafio aceito, pela confiança, dedicação e persistência.

Meus agradecimentos à equipe de professores do curso de Logística e Transporte que pelos conhecimentos e experiências passadas a mim, contribuíram direta e indiretamente para a minha formação acadêmica.

Aos funcionários da Fatec de Botucatu, sem os quais não estaríamos entre as melhores faculdades do estado de São Paulo.

Por fim gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Roberto Antonio Colenci, Diretor de nossa faculdade, o Prof. Dr. Luis Fernando Bravim, coordenador do curso de Logística, e a Prof. Ms. Vivian Toledo Santos Gambarato, coordenadora do curso de Informática.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Figuras	07
Lista de Tabelas	08
Resumo	09
1 Introdução.....	10
Estrutura da área florestal.....	11
Sistema de implantação e manutenção da floresta.....	12
Aplicação mecanizada de calcário.....	13
Subsolagem.....	14
Adubação.....	15
Aplicação de herbicida.....	16
Plantio e irrigação.....	17
Sistema de colheita mecanizada.....	18
Colheita em primeira rotação.....	19
Harvester.....	19
Forwarder.....	20
Carregador florestal.....	21
Colheita em segunda rotação.....	22
Feller Buncher.....	22
Processador.....	23
1.1 Objetivos.....	24
1.2 Justificativa.....	24
2 Revisão de Literatura.....	25
2.1 História da manutenção.....	25
2.2 Manutenção corretiva.....	27
2.3Manutenção preventiva.....	27
2.4 Manutenção preventiva sistemática.....	28
2.5 Manutenção preditiva ou preventiva sob condição.....	29
2.6 Sistema de manutenção mecânica com adequação ambiental.....	31
3 Material e Métodos.....	33
3.1 Estudo de caso.....	33
3.2 Descrição dos materiais e metodologia.....	33
Estrutura da área de manutenção mecânica.....	34
4 Resultados e Discussões.....	35
4.1 Sistema de manutenção com comboio (sistema A).....	37
4.2 Sistema de manutenção com três oficinas volantes (sistema B).....	39
4.3 Sistema de manutenção com veículo comboio F-4000 (sistema C).....	41
4.4 Sistema de manutenção com três oficinas volantes (sistema D).....	43
4.5 Vantagens e desvantagens dos sistemas.....	46
4.6 Cuidados ambientais.....	48
4.7 Investimentos nas estruturas.....	50
4.8 Análise de custo.....	52
4.8.1 Custo contábil.....	54

4.8.2 Custo técnico.....	56
4.9 Retorno do investimento.....	58
4.10 Quadro de mão-de-obra.....	59
5 Conclusão.....	61
6 Referencias Bibliográficas.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estrutura da área florestal.....	11
2	Estrutura da área de implantação e manutenção da floresta.....	12
3	Operação de calagem.....	13
4	Subsolador.....	14
5	Operação de adubação.....	15
6	Aplicação mecanizada de herbicida.....	16
7	Plantio e irrigação.....	17
8	Estrutura da área de colheita mecanizada.....	18
9	Harvester de esteira.....	19
10	Forwarder.....	20
11	Carregador florestal.....	21
12	Feller Buncher.....	22
13	Processador.....	23
14	Estrutura da área de manutenção mecânica.....	34
15	Caminhão comboio Ford F-12000 (prefixo 1118).....	36
16	Caminhão oficina volante Ford F-14000 (prefixo 1145).....	36
17	Camioneta oficina volante Ford F-4000 (prefixo 1013).....	37
18	Caminhão comboio com tambores de 200 litros de óleo lubrificante.....	48
19	Caminhão oficina volante (pref. 1145) com vaso de pressão de 400 litros..	49
20	Kit furgão oficina volante.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Atividades realizadas no sistema (A).....	38
2	Atividades realizadas no sistema (B).....	40
3	Atividades realizadas no sistema (C).....	42
4	Atividades realizadas no sistema (D).....	44
5	Vantagens e desvantagens do sistema (A).....	46
6	Vantagens e desvantagens do sistema (B/D).....	47
7	Vantagens e desvantagens do sistema (C).....	47
8	Investimento para cada sistema.....	50
9	Planilha de custos.....	53
10	Custo contábil.....	55
11	Custo técnico.....	57
12	Retorno do investimento (custo contábil).....	58
13	Retorno do investimento (custo técnico).....	59
14	Quadro de mão-de-obra.....	60

RESUMO

A manutenção mecânica deve buscar manter a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, comprometendo-se rigorosamente com a segurança do pessoal envolvido e respeitando as leis e regras de preservação do meio ambiente.

Este estudo teve por objetivo analisar o sistema mais adequado para a realização das manutenções corretivas e preventivas em campo dos equipamentos utilizados por uma empresa do ramo de exploração florestal, objeto deste estudo de caso. Abordaram-se as seguintes áreas de operação: colheita mecanizada, implantação e manutenção de florestas.

Objetivando reduzir o tempo de indisponibilidade dos equipamentos e analisar a operacionalidade do sistema, foram avaliados os fatores técnicos e econômicos de quatro sistemas de manutenção mecânica distintos.

O método de trabalho foi constituído de um levantamento da estrutura atual da empresa através de consultas e visitação em campo nas frentes de operação, sendo realizado também o levantamento e análise dos investimentos necessários para cada sistema de manutenção mecânica.

Depois de analisados e avaliados todos os fatores técnicos e econômicos, pôde-se concluir que o sistema de manutenção mecânica modelo “D”, composto por três caminhões tipo oficina-volante, apresentou o melhor retorno de investimento.

1 INTRODUÇÃO

Analisando-se o desenvolvimento tecnológico de máquinas e equipamentos de implantação e colheita florestal no Brasil, nas últimas décadas, constata-se uma crescente necessidade de aumento de produtividade e otimização de custos. A maioria das empresas substituiu os sistemas manuais ou mesmo semimecanizados, pelo sistema totalmente mecanizado, tanto na área de implantação florestal, que é composto por plantio e manutenção da floresta até a época de corte, como no processo da colheita florestal que é composto por corte, extração e transporte. O principal objetivo da mecanização florestal é aumentar a produtividade do trabalho, reduzir custos de produção, melhorar a qualidade do produto final e proporcionar aos operadores maior segurança.

Quando se fala em mecanização de qualquer atividade não se pode esquecer de mencionar a manutenção mecânica e todas as exigências ligadas a ela: treinamentos, custos e infra-estrutura. Pode-se entender que a manutenção deve buscar manter a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, comprometendo-se rigorosamente com a segurança do pessoal envolvido e respeitando-se as leis e regras de preservação do meio ambiente.

Com o transcorrer do tempo e a utilização das máquinas, torna-se evidente que a implantação, pura e simplesmente, do sistema totalmente mecanizado não é suficiente para alcançar as metas estabelecidas pelas empresas. Muitas empresas florestais que tradicionalmente menosprezavam a importância da manutenção passaram a reconhecer o papel fundamental das atividades desempenhadas por esta área junto ao setor produtivo. Assim, a

manutenção passou a ser considerada como um dos pilares da atividade produtiva e, portanto, indispensável à produção.

Estrutura da área florestal

Algumas características e nomes de alguns equipamentos e operações que fazem parte do sistema de implantação e manutenção das florestas, e do sistema de colheita mecanizados são descritos na Figura 1.

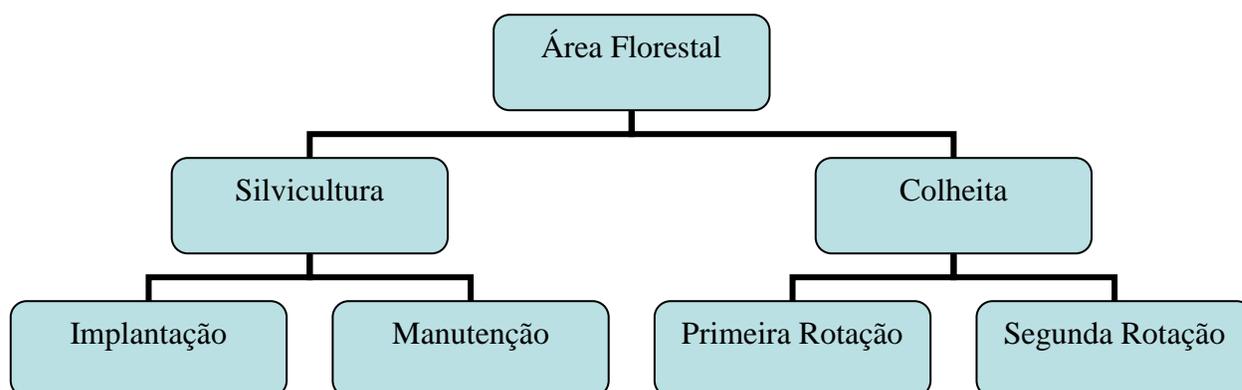


Figura 1. Estrutura da área florestal.

Sistema de implantação e manutenção da floresta

A mecanização na área da silvicultura de acordo com a Figura 2, pode ser dividida em duas partes: implantação e manutenção. Segundo Burla (2001) a área de implantação é responsável pelo preparo do solo e plantio da floresta; e a área da manutenção é responsável pela conservação da floresta até o momento de corte do talhão, sendo que nessa área são realizadas as operações de adubações pós-plantio, aplicações de herbicida, operações de combate a pragas florestais e de prevenção de incêndios.

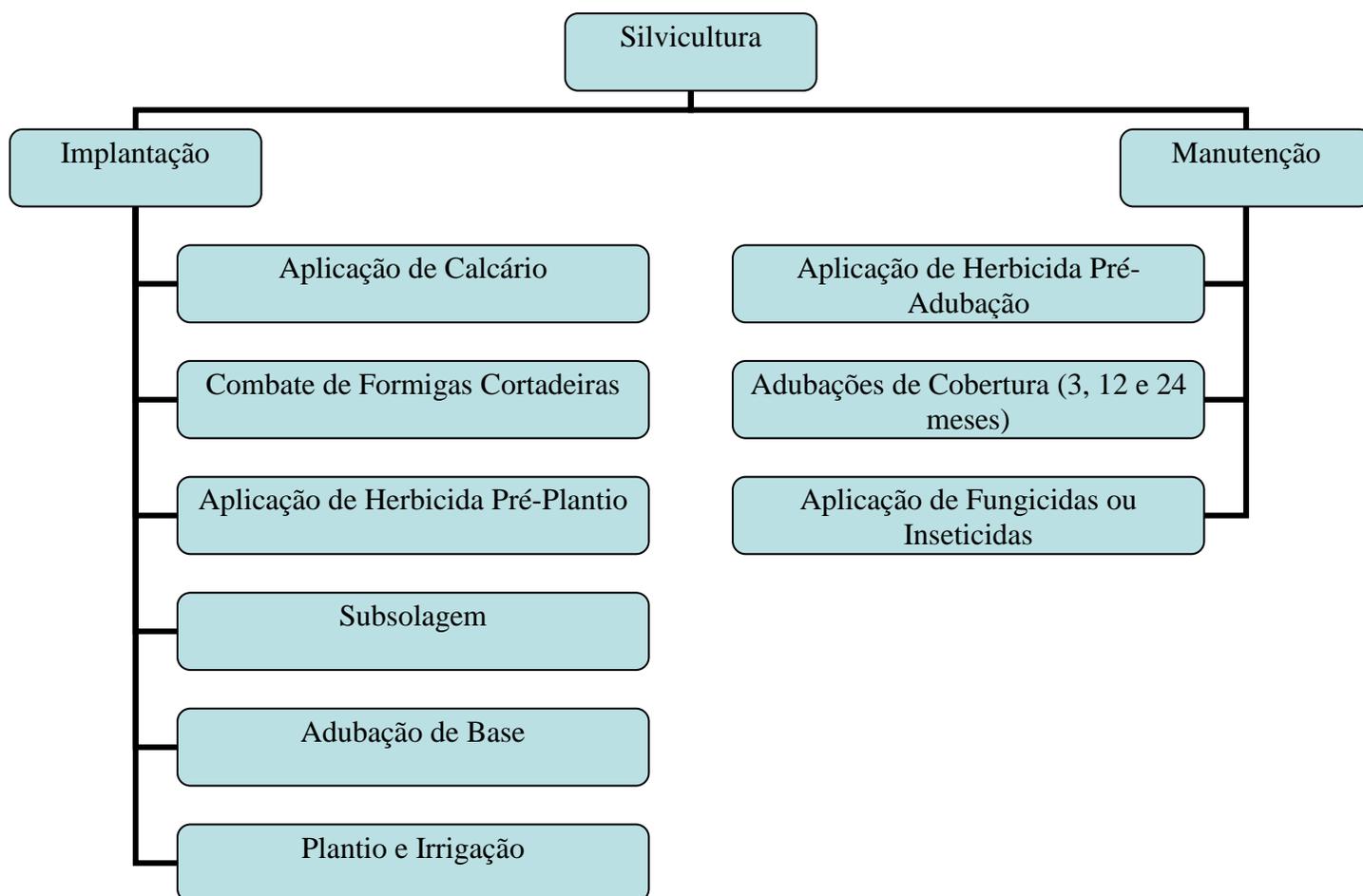


Figura 2. Estrutura da área de implantação e manutenção da floresta.

Aplicação mecanizada de calcário

Operação mecanizada realizada com o auxílio de um trator acoplado com um implemento distribuidor de calcário (Figura 3), para realizar a reposição de cálcio e magnésio necessários ao solo, não tendo como objetivo a correção da acidez do solo, uma vez que o eucalipto apresenta grande tolerância a solos ácidos. Ainda de acordo com Burla (2001), a aplicação de calcário deve ser realizada antes do plantio ou na impossibilidade, logo após o plantio no máximo até seis meses.



Figura 3. Operação de Calagem.

Subsolagem

Operação mecanizada realizada com o auxílio de um trator acoplado com um implemento subsolador, para romper a camada compactada do solo, permitindo o crescimento das raízes, melhorando a captação, retenção e suprimento da água, também colaborando na retenção, suprimento e reciclagem de nutrientes para as plantas. Através dessa operação se consegue a desestruturação ou mobilização do solo das camadas adensadas ou compactadas formadas no interior do mesmo, conforme Figura 4.



Figura 4. Subsolador.

Adubação

Operação mecanizada realizada com o auxílio de um trator acoplado com um implemento distribuidor de adubo. Para a formação de uma floresta é necessário normalmente as seguintes adubações: uma adubação de plantio, e três adubações de cobertura que devem ser: 2 a 4 meses após o plantio; 6 a 12 meses de idade e a última de 12 a 24 meses, conforme Figura 5.



Figura 5. Operação de adubação.

Aplicação de Herbicida

Operação mecanizada realizada com o auxílio de um trator acoplado com um tanque pulverizador de herbicida, com o objetivo de eliminar o mato competição. Operação geralmente realizada antes das adubações de acordo com a infestação do mato competição, de acordo com a Figura 6.



Figura 6. Aplicação mecanizada de herbicida.

Plantio e Irrigação

Operação mecanizada realizada com o auxílio de um trator acoplado com uma carreta para a distribuição das mudas dentro da quadra para a realização do plantio manual. A irrigação é realizada com o auxílio de um trator acoplado com uma carreta pipa para a irrigação das mudas plantadas no dia. De acordo com as condições climáticas podem ocorrer até três vezes as operações de irrigação, conforme Figura 7.



Figura 7. Plantio e Irrigação.

Sistema de colheita mecanizada

A área da colheita mecanizada compreende as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento e empilhamento (Figura 8). Estas operações podem ser divididas em dois sistemas de colheita, onde a primeira rotação ocorre em povoamentos florestais de alta produtividade, tendo apenas uma árvore por cepa, e no sistema de segunda rotação realizado em povoamentos de média produtividade, tendo normalmente de duas a três árvores por cepa, sendo a floresta formada proveniente de brotação.

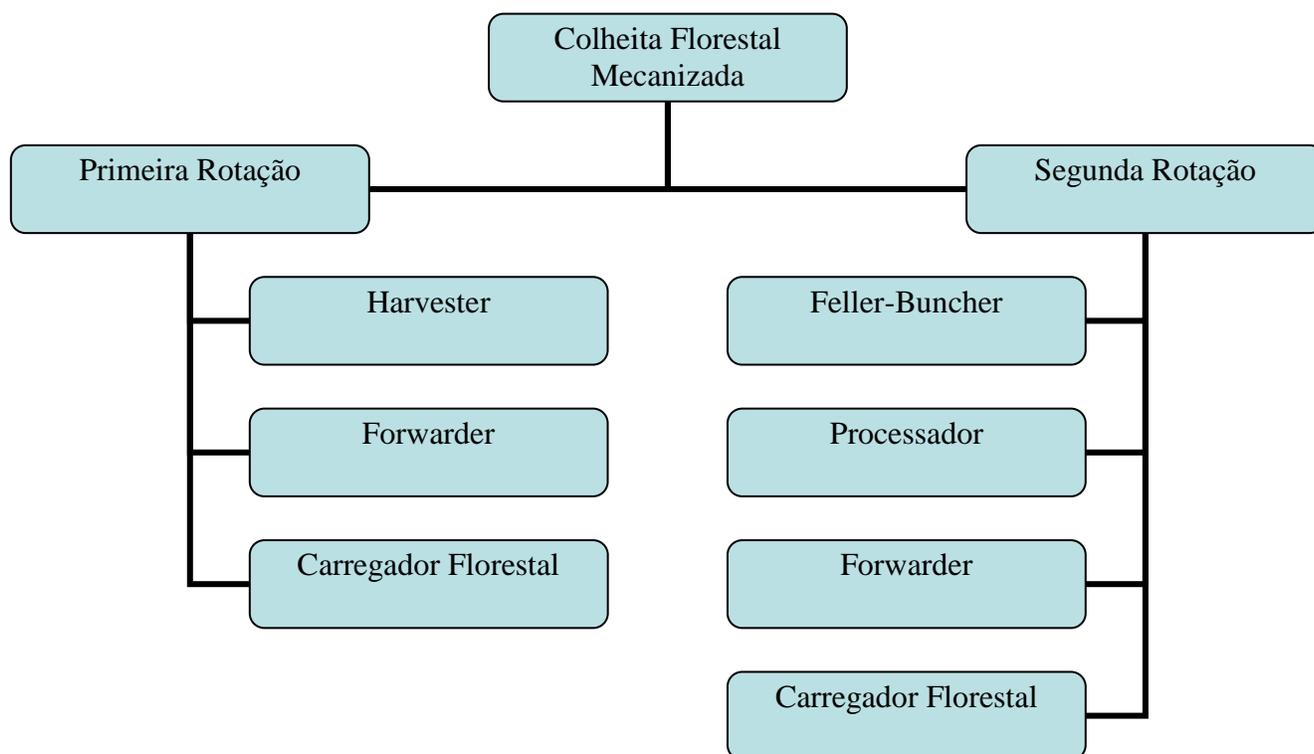


Figura 8. Estrutura da área de colheita mecanizada.

Colheita em primeira rotação

Segundo Moreira (1992), esse sistema de colheita foi desenvolvido nos países escandinavos, sendo voltado para o sistema de toras curtas (cut-to-length), em que o Harvester executa a derrubada, o desgalhamento e o traçamento de forma contínua de uma única árvore por processo; em seguida, os Forwarders realizam a extração da madeira para a margem da estrada ou para o local do transporte.

Harvester

É uma máquina que pode executar, simultaneamente, as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento, descascamento e empilhamento da madeira. É composta por uma máquina-base de esteira, uma lança hidráulica e um cabeçote processador conforme Figura 9.



Figura 9. Harvester de esteira.

Forwarder

É uma máquina projetada para ser executada tanto no sistema de primeira rotação, como no sistema de segunda rotação, executando a extração de madeira da área de corte para a margem da estrada. Possui um chassi articulado com tração do tipo 6x6, com capacidade de carga de 20 toneladas, além de uma grua hidráulica usada no carregamento e descarregamento, conforme Figura 10.



Figura 10. Forwarder.

Carregador florestal

As operações de carregamento e descarregamento normalmente estão ligadas ao transporte florestal, realizado na margem da estrada, no pátio intermediário e no local de consumo, respectivamente. É composta por uma máquina-base de esteira, uma lança hidráulica e uma garra acumuladora conforme Figura 11.



Figura 11. Carregador florestal.

Colheita em segunda rotação

De acordo com Machado (2002), o sistema de colheita para segunda rotação foi desenvolvido nos países da América do Norte, sendo voltado para o sistema de toras longas (tree-length) ou árvores inteiras (full-tree), em que os tratores-derrubadores (Feller-Bunchers) realizam a derrubada e o agrupamento das árvores em feixes, preparando-as para que os Processadores realizem o desgalhamento e o traçamento das toras.

Feller-Buncher

É um equipamento que corta e acumula várias árvores e báscula, deixando-as em feixes com ângulos de 45° a 90° do sentido de plantio. É composta por uma máquina-base de esteira, uma lança hidráulica e um cabeçote que faz o corte e acúmulo das árvores conforme Figura 12.



Figura 12. Feller-Buncher.

Processador

É um equipamento que processa feixes de 5 a 10 árvores realizando simultaneamente o desgalhamento, traçamento e empilhamento da madeira. É composta por uma máquina-base de esteira, uma lança hidráulica e um cabeçote processador conforme Figura 13.



Figura 13. Processador.

1.1 Objetivos

O objetivo deste estudo foi demonstrar, para a empresa alvo de análise, qual o sistema de manutenção mecânica mais adequada para efetuar as manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos do ponto de vista da operacionalidade e da viabilidade econômica.

1.2 Justificativas

Com o aumento significativo do número de equipamentos e das frentes de serviço devido à expansão da área florestal, houve um desequilíbrio entre a estrutura de manutenção mecânica e a demanda por parte dos equipamentos quanto a manutenções corretivas e preventivas. A importância deste estudo reside na necessidade de aumentar-se a disponibilidade das máquinas e equipamentos envolvidos na cadeia de produção, reduzindo o número de falhas ocorridas, aumentando a rapidez com que elas são corrigidas e melhorando os procedimentos de trabalho e logística.

Faz parte da Política de Qualidade da empresa, a preocupação coletiva com o meio ambiente, demandando equipamentos e operações ambientalmente adequados e de técnicas de manutenção que não agridam o meio ambiente.

Assim, o trabalho justifica-se pela necessidade de avaliar as opções de estrutura de manutenção mecânica numa empresa do setor florestal, tendo como premissa analisar os investimentos necessários, os custos operacionais e também os impactos ambientais gerados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História da manutenção

A história da manutenção mecânica acompanha o desenvolvimento técnico-industrial da humanidade. Com a utilização de máquinas e equipamentos nos processos produtivos, surgiu a necessidade de se fazer os primeiros reparos. Até 1914, a manutenção tinha pouca importância e era executada pela equipe responsável pela operação. Com o advento da primeira Guerra Mundial e com a implantação da produção em série instituída por Ford, as indústrias passaram a estabelecer programas mínimos de produção, e em consequência, sentiram a necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas e equipamentos.

Essa situação se manteve até a década de 30, quando foi imposta às indústrias, na Segunda Guerra Mundial, a necessidade de aumentar o volume de produção. Nessa época, a alta administração passou a se preocupar não só em corrigir falha, mas evitar que estas ocorressem, desenvolvendo o processo de prevenção de falhas (MALINOVSKI, 1998).

Por volta de 1950, os gerentes de manutenção observaram que, em muitos casos, o tempo gasto para diagnosticar as falhas era maior do que o despendido na execução do reparo. Selecionando assim equipes de especialistas para comporem um órgão de assessoramento à produção, que se chamou de engenharia de manutenção, recebendo os encargos de analisar causas e efeitos das falhas e de planejar e controlar a manutenção preventiva.

A partir de 1966, com a difusão dos computadores e a sofisticação dos instrumentos de proteção e medição, a engenharia de manutenção passou a desenvolver critérios de previsão de falhas, visando à otimização da atuação das equipes de execução de manutenção.

Segundo Moreira (1992), o processo de globalização da economia tem contribuído significativamente, para a modernização as empresas florestais. A participação em um mercado altamente competitivo vem exigindo mudança de paradigmas e utilização de técnicas e metodologias de trabalho cada vez mais aperfeiçoadas. Produzir e disponibilizar para o mercado produtos de alta qualidade e de baixo custo constitui os maiores desafios para essas empresas e são condições essenciais para a sua sobrevivência.

Reagindo a essas exigências, a maioria dessas empresas substituiu os sistemas manuais e ou, semimecanizados, pelo sistema totalmente mecanizado. Pretendiam, com esta iniciativa, aumentar a produtividade do trabalho, reduzir os custos de produção, melhorar a qualidade do produto final e proporcionar aos operadores maior segurança.

Ainda de acordo com Moreira (1992), com o decorrer do tempo e a utilização das máquinas, ficou evidente que a implantação, pura e simplesmente, do sistema totalmente mecanizado não era, como muitos pensavam, suficientes para alcançar as metas estabelecidas pela empresa. A sua implantação tem exigido medidas complementares que devem ser adotadas e implementadas de forma criteriosa e administradas com competência, para não inviabilizarem o sistema implantado.

Dentre essas medidas destaca-se a estruturação de um setor de manutenção, que deve ser projetado e implantado de forma competente, reunindo todas as condições necessárias para desenvolver o seu trabalho de conservação das máquinas florestais com eficiência, garantindo-lhes a capacidade produtiva e evitando perdas no investimento e na produção por deficiência mecânica.

Nas empresas cujo gerenciamento da manutenção é deficiente, normalmente as atividades de manutenção são mal executadas, não existem planejamentos e nem padrão definido para as ações. A manutenção preventiva é mal realizada ou inexistente e a análise de falha também é deficiente. Frequentemente se preocupa apenas em consertar o que quebrou. Naturalmente, nestas empresas, não se conseguem reduzir as interrupções da produção por falhas nas máquinas e nos equipamentos. Ao contrario, o que se observa, nesses casos, é uma

tendência em aumentar a frequência das falhas e, conseqüentemente, reduzir a confiabilidade, a disponibilidade, à vida útil e a segurança operacional da máquina.

2.2 Manutenção corretiva

De acordo com Malinovski (1998), a manutenção corretiva pode ser definida como um conjunto de operações a serem realizadas após a ocorrência de uma falha na máquina, a fim de restaurá-la para as condições originais. A adoção desse método de manutenção deve ser precedida de uma criteriosa análise econômica, pois, somente será a melhor opção, se o custo para consertar for menor do que o para prevenir a ocorrência dessas falhas. Evidentemente, devem-se considerar, na composição dos custos, as perdas por interrupções da produção.

Embora em qualquer situação, após a ocorrência de uma falha, não reste outra alternativa a área de manutenção que não seja a execução de ações corretivas capazes de devolver a máquina as suas condições originais, a adoção exclusiva desse método de manutenção tem como desvantagens as possibilidades de comprometer a confiabilidade e a segurança operacional da máquina, comprometer a sua disponibilidade, induzindo a um maior investimento em máquinas de reserva.

É importante ressaltar que a opção pela manutenção corretiva não pode permitir aos gerentes de manutenção o entendimento de que a ocorrência de falhas nas máquinas é um acontecimento natural. Eles devem esforçar-se para identificar as suas causas e tomar as necessárias providências para evitar a sua reincidência.

2.3 Manutenção preventiva

Segundo Mirshawka (1991), a manutenção preventiva pode ser definida como um conjunto de ações que são efetuadas com o propósito de reduzir a probabilidade de falha em uma máquina. É considerada uma intervenção prevista, preparada e programada antes do momento provável do surgimento da falha. Uma vez estabelecida, deve ter caráter obrigatório na empresa.

A prevenção de falhas é o recurso mais eficaz para assegurar a confiabilidade das máquinas e deve ser a principal atividade de manutenção nas empresas florestais (OLIVEIRA et al. 2007).

A adoção da manutenção preventiva visa, principalmente, garantir a capacidade produtiva da máquina, através da prestação de serviços planejados, programados e de boa qualidade. Qualidade esta que pode ser medida pelo desempenho da máquina, através de parâmetros mensuráveis, como a disponibilidade, a confiabilidade, a segurança operacional, os custos de manutenção e a qualidade do produto final.

Ainda segundo Oliveira et al. (2007), para alcançar a qualidade desejada nos serviços de manutenção, é essencial que se disponha de uma equipe de trabalho bem dimensionada e bem treinada, ferramentas e equipamentos de boa qualidade e de uma estrutura física que comporte todos os setores inerentes às atividades de manutenção (lavagem, lubrificação, soldagem, intervenções mecânicas, elétricas, hidráulicas, pneumáticas, dentre outras).

É de fundamental importância que a manutenção preventiva seja eficiente e eficaz, para reduzir a incidência de falhas nas máquinas. Caso contrário, as falhas tenderão a aumentar e ocupar todo o tempo do pessoal de manutenção.

2.4 Manutenção preventiva sistemática

Segundo Malinovski (1998), a manutenção preventiva sistemática é um conjunto de ações realizadas de acordo com um quadro de programações estabelecido na função do tempo de uso ou de índices de funcionamento da máquina.

Normalmente, o período de revisão é baseado em históricos ou recomendações do fabricante. Os serviços de manutenção são executados indiferentemente das condições das peças e dos componentes a serem substituídos antes do final de sua vida útil, outros por sua vez, falham antes da revisão, resultando em paralisações inesperadas da produção e elevação do custo de manutenção.

As técnicas mais utilizadas na manutenção preventiva programada são limpezas, inspeções, lubrificações e substituições programadas de peças e componentes dos equipamentos.

A limpeza é uma tarefa essencial para o bom desempenho de uma máquina e deve ser realizada de forma contínua. Executar essa tarefa quando se começa a trabalhar revela condições aparentemente ocultas que podem resultar em falhas. Durante esta atividade tem-se a oportunidade de perceber pequenos problemas antes que eles evoluam para algo mais grave.

A inspeção da máquina está intimamente ligada ao serviço de limpeza. Ao executá-la, o operador pode prever problemas e requisitar que a equipe de manutenção tome as providências necessárias para evitar a falha, antes que a capacidade produtiva da máquina seja reduzida. Estas inspeções podem definir rotinas de manutenção que incluam os serviços de aperto e ajustamento, para prevenir folgas, evitar vibrações e eliminar riscos de falha.

De acordo com Machado (2002), a lubrificação é outra atividade preventiva que deve ser criteriosamente executada. Todos os pontos de lubrificação, após a sua limpeza, devem receber, nos intervalos recomendados, o lubrificante especificado pelo fabricante na quantidade indicada.

Para reduzir a carga de trabalho da equipe de manutenção, que deve se ocupar prioritariamente, com serviços que demandam conhecimentos técnicos mais avançados recomenda-se a execução destas atividades pela própria equipe de operação devidamente treinada.

2.5 Manutenção preditiva ou preventiva sob condição

Segundo Machado (2002), a manutenção preditiva ou preventiva sob condição pode ser definida como um conjunto de ações que são realizadas de acordo com as informações recebidas durante a monitoração dos parâmetros indicativos da falha da máquina.

Este método mede os parâmetros físicos em relação aos limites previamente estabelecidos pela engenharia, com o intuito de detectar, analisar e corrigir os problemas apresentados por uma máquina, antes que aconteçam reduções ou perdas de capacidade produtiva.

A principal vantagem técnica e econômica apresentada pela manutenção preditiva é a possibilidade da intervenção ser programada e efetuada no limite das condições operacionais da máquina sem comprometer suas características operacionais, ou seja, no momento exato em que a sua confiabilidade for ameaçada.

O momento da intervenção é a diferença principal entre a manutenção preventiva sistemática e a preditiva. Enquanto na sistemática a intervenção é preestabelecida, na preditiva ela ocorre assim que se atingem os limites estabelecidos para os parâmetros indicativos da falha.

Ainda de acordo com Machado (2002), as técnicas de manutenção preditiva mais utilizadas atualmente são as análises de vibração, análise termográfica e análise de óleo lubrificante:

Análise de vibração – caracteriza-se pela determinação das formas de deslocamento, velocidade e, ou aceleração que uma máquina estará sujeita, quando submetida a carregamentos dinâmicos de origens diversas.

Análise termográfica – é uma técnica de sensoriamento remoto que possibilita a medição de temperaturas e a formação de imagens térmicas (termogramas) de um componente, máquina, equipamento ou processo, a partir da radiação infravermelha.

Análise de óleos lubrificantes – também conhecida como ferrográfica, é a técnica mais utilizada nas máquinas florestais e pode ser empregada em qualquer sistema que contenha esse tipo de produto. Por meio dela, pode-se verificar o estado do lubrificante, certificando-se de que as suas características originais estejam preservadas, e efetuar uma análise ferrográfica na busca de partículas dispersas no fluido que possam indicar o nível de desgaste interno do componente da máquina cujo óleo lubrificante esteja sendo analisado.

A análise de óleos consiste na determinação da severidade, modo e tipos de desgaste em máquinas por meio da identificação da morfologia, acabamento superficial, coloração, natureza e tamanho das partículas encontradas em amostras de óleos lubrificantes. Examinando os resultados dessa análise pode-se programar e executar os serviços necessários para reformar ou substituir o componente antes que o problema se agrave e ocorra alguma falha.

2.6 Sistema de manutenção mecânica com adequação ambiental

As empresas que trabalham visando um desenvolvimento sustentado, pesquisando produtos e serviços que representem menores impactos ao meio ambiente, acabam criando um diferencial no mercado e, com isso, abrindo novos horizontes em seus lucros devido a implantação de um planejamento estratégico ligado a sua preocupação ambiental.

Segundo Gonçalves (2002), o gerenciamento ambiental é aquele aspecto da estrutura administrativa global da organização que endereça o impacto imediato e a longo prazo de seus produtos, serviços e processos no meio ambiente. Fornece ordem e consistência nas metodologias organizacionais através da alocação de recursos, definição de responsabilidades e avaliação contínua de praticas, procedimentos e processos. É essencial para a habilidade da organização em prever e satisfazer as expectativas do desempenho ambiental crescente e assegurar conformidade contínua com as exigências nacionais e internacionais. Os motivos pelos quais muitas empresas estão adotando um SGA (Sistema de Gerenciamento Ambiental) são:

- prevenção da poluição e redução de resíduos;
- desejo de lucrar em mercado para produtos verdes;
- melhorar métodos gerenciais internos;
- valoração pela comunidade;
- redução de passivos ou riscos.

De acordo com Caixeta (2001), as normas ISO 14000 fornecem a administração dos negócios uma estrutura para gerenciar os impactos ambientais. Elas incluem ampla variedade de disciplinas ambientais, tais como sistema de gestão básico, auditoria, avaliação de desempenho, selos, avaliação do ciclo de vida e aspectos ambientais de normas do produto. É um conjunto de normas técnicas referentes a métodos e análises que possibilitam certificar determinado produto quando de sua produção, sua distribuição e descarte, a organização que o produziu, utilizando um processo gerencial e técnico que não proporciona, ou reduz ao mínimo, os danos ambientais, e que estejam de acordo com a legislação ambiental. A

instituição normatizadora do país, ou outra por ela delegada, emite então o certificado sobre o processo de produção ou o rótulo sobre o produto.

A norma ISO 14000 ajuda a empresa à não destruir o meio ambiente, assim, ecologia e produtividade andarão juntas, tornando o produto mais competitivo no mercado e permitindo verificar se a empresa agride ou não o meio ambiente. As normas ISO 14000 são uma série de normas que fornecem a administração dos negócios uma estrutura para gerenciar os eventuais impactos ambientais que a empresa gera ou poderá gerar (CAIXETA, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Estudo de caso

O presente estudo foi desenvolvido junto a uma empresa do setor florestal localizada na região centro-oeste do estado de São Paulo, na cidade de Botucatu. A empresa já dispõe de um sistema de manutenção mecânica, que oferece e presta serviços para as suas áreas de Silvicultura (implantação e manutenção) e Colheita Florestal (primeira e segunda rotação).

3.2 Descrição dos materiais e metodologia

O método de trabalho foi constituído de um levantamento da estrutura atual da empresa objeto deste estudo através de consultas e visitação em campo nas frentes de operação.

Foram identificadas as características específicas da estrutura de manutenção mecânica para cada área operacional do processo.

Foi realizado um levantamento e análise dos investimentos necessários para cada sistema de estrutura de manutenção mecânica, bem como uma análise dos custos contábil e técnico de cada opção através de consultas e pesquisas em referências básicas, publicações, banco de dados e sites de internet.

Também foi realizado um comparativo de cada sistema de manutenção, quanto ao custo operacional, custo de mão de obra e distâncias percorridas no trajeto.

Estrutura da área de manutenção mecânica

Na empresa objeto de pesquisa, a área de manutenção mecânica, conforme demonstrado a sua estrutura no organograma (Figura 14), é responsável pelo apoio às atividades operacionais da implantação de florestas e da colheita e tem como objetivos alcançar alta produtividade e disponibilidade mecânica, baixo custo operacional dos equipamentos e desenvolver novos sistemas operacionais.

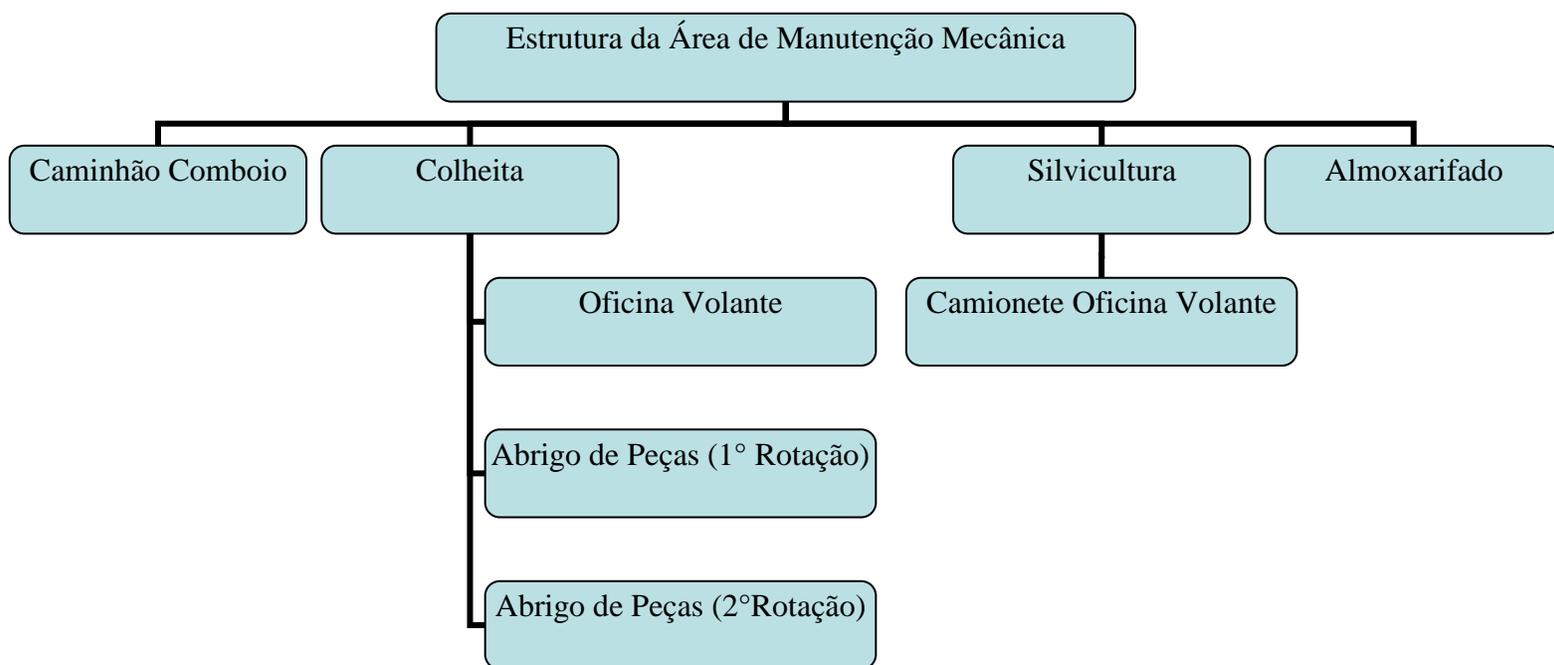


Figura 14. Estrutura da área de manutenção mecânica.

Para garantir que esses objetivos sejam alcançados, área de manutenção mecânica conta com o apoio da estrutura física que contém almoxarifado, veículos oficina, veículos de apoio e caminhão comboio.

Para avaliação do sistema ideal de manutenção mecânica da empresa em estudo, foram consideradas quatro alternativas, sendo:

- **Sistema “A”** – Sistema de manutenção com um conjunto veicular comboio e dois conjuntos veiculares tipo oficina volante;
- **Sistema “B”** – Sistema de manutenção com três conjuntos veiculares tipo oficina volante;
- **Sistema “C”** – Sistema de manutenção com dois conjuntos veiculares tipo oficina volante, e um conjunto veicular comboio instalado numa camioneta Ford F-4000;
- **Sistema “D”** – Sistema de manutenção com três conjuntos veiculares tipo oficina volante, sendo que os dois abrigos tipo baú estacionário serão desativados e reaproveitados os baús para serem montados no chassi do cavalo mecânico do caminhão oficina.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A empresa objeto deste estudo possui atualmente a seguinte estrutura para a área de manutenção mecânica: um caminhão comboio prefixo 1.118 marca Ford, modelo F-12000 ano de fabricação 1996 (Figura 15), que atende as áreas da silvicultura e da colheita, para abastecimento dos equipamentos com óleo lubrificante (óleo do motor, óleo hidráulico, óleo de lubrificação dos conjuntos de corte (sabres e correntes), óleo de transmissão e graxa) e realização das manutenções preventivas (250, 500 e 1000 horas).



Figura 15. Caminhão comboio Ford F-12000 (Prefixo 1118).

Um caminhão oficina volante marca Ford, modelo F-14000, ano de fabricação 2001 (Figura 16), que atende as áreas da primeira e segunda rotação da colheita florestal, para a realização das manutenções corretivas e preventivas.



Figura 16. Oficina volante Ford F-14000 (Prefixo 1145).

É um caminhão leve (camioneta) oficina volante Ford F-4000, ano de fabricação 2005 (Figura 17) que atende a área da silvicultura para a realização das manutenções corretivas e preventivas.



Figura 17. Camioneta oficina volante Ford F-4000 (Prefixo 1013).

Para avaliação dos sistemas, foram consideradas quatro alternativas sendo: o Sistema de Manutenção com Comboio (A), Sistema de Manutenção com três oficinas volantes (B), o Sistema de Manutenção com um Comboio Camioneta F-4000 (C) e o Sistema de Manutenção com três oficinas volantes aproveitando os baús dos abrigos de peças (D). Foi realizado uma análise dos custos técnico e contábil de cada sistema (A, B, C, D) para a identificação do melhor sistema de estrutura de manutenção mecânica para a unidade.

4.1 Sistema de manutenção com comboio (sistema A):

Neste sistema serão utilizados os recursos de veículos disponíveis na empresa, sendo composto por um comboio (prefixo 1118) e dois caminhões oficinas (prefixos 1145 e 1013), de acordo com a Tabela 1.

O caminhão oficina (1145) se deslocará entre as duas frentes da colheita. O comboio (1118) se deslocará para todas as frentes da colheita e silvicultura para a realização das

manutenções preventivas e reposição dos lubrificantes. A camioneta oficina se deslocará para as frentes de silvicultura.

Tabela 1. Atividades realizadas no sistema (A).

Equipamentos	Km/Mês	Manutenções				Abastecimento de Lubrificantes	Reformas Pesadas	Estoque de Campo
		Preventivas (250,500, 1000 hs)	Corretivas Programadas	Corretivas (Socorro)	Corretivas (Emergenciais)			
1.118	3.500	X	--	--	--	X	--	--
1.145	3.000	--	X	X	--	--	--	--
1.013	4.000	--	X	X	--	--	--	--
Serviços								
Internos de	--	--	--	--	X	--	--	--
Terceiros								
Serviços								
Externos de	--	--	--	--	--	--	X	--
Terceiros								
Abrigo 52	--	--	X (parcial)	X (parcial)	--	--	--	X
Abrigo 57	--	--	--	--	--	--	--	X

De acordo com a tabela, podemos observar que o comboio (1118) percorrerá 3.500 Km/mês para a realização de todas as manutenções preventivas, reabastecimento de óleo hidráulico, hipertec, graxa das bombas manuais de 5kg, dos equipamentos nas frentes de trabalho de colheita e silvicultura.

Os caminhões oficinas (1145 e 1013) percorrerão 3.000 e 4.000 km respectivamente para manutenção mecânica e reparos. O caminhão 1145 opera na frente de colheita, deslocando-se entre as frentes de operação do Harvester e Feller + Processador e os respectivos Forwarders que trabalham em cada frente. Em casos esporádicos ocorre a abertura da terceira frente de serviço decorrente da finalização e mudança de fazenda. O caminhão 1013 realiza manutenção mecânica nas frentes de silvicultura realizando manutenção nos

tratores, motoniveladora, retroescavadeira, implementos, veículos pesados e caminhão bombeiro.

Neste sistema permanecerão os dois abrigos de apoio nas frentes de colheita, e as revisões semanais serão realizadas na maioria das vezes somente pelos operadores, sem o apoio dos mecânicos e dos recursos do caminhão (limpeza com jato de ar, lavagem de radiador) devido haver somente uma oficina volante para as duas frentes de colheita.

Haverá um alto investimento na reforma do comboio (1118), devido a sua quilometragem estar elevada (370.500 km).

O abastecimento de óleo lubrificante continuara a ser realizado por tambores de 200 litros. Analisando que o custo do litro de óleo tipo 15W140 em tambor é de R\$ 4,00 e o custo em container de 1.000 litros é de R\$ 3,65 (com impostos). Isto gera uma economia de R\$ 1.120,00/mês por optar-se pela utilização de container, levando em consideração o consumo médio da unidade na ordem de 3.200 litros/mês. Reduzindo ainda o numero de viagens do caminhão ate o almoxarifado da fábrica para o reabastecimento do óleo lubrificante.

Todos os equipamentos contem uma bomba manual de graxa de 5 kg, sendo que a responsabilidade da lubrificação passará a ser do operador.

A mão-de-obra será composta por dois operadores de comboio e cinco mecânicos, sendo distribuída da seguinte maneira:

- 1145 – Frente de Harvester, Feller / Processador + Forwarder (três mecânicos em turnos diários de oito horas).
- 1013 – Frente de Silvicultura (dois mecânicos em turnos diários de oito horas).
- 1118 – Frente de Colheita + Silvicultura (dois operadores de comboio em turnos diários de oito horas).

4.2 Sistema de manutenção com três oficinas volantes (sistema B):

Neste sistema será necessária a aquisição de um novo caminhão Volkswagen, modelo VW 13180E. O sistema será composto por três caminhões oficinas (1145, 1013 e 9999 caminhão novo).

Cada caminhão oficina estará alocado na frente da operação, sendo cada um deles responsáveis pelas manutenções preventivas (250, 500, 1000 horas, semanais), corretivas e reabastecimento de óleo hidráulico, hipertec, graxa das bombas manuais de 5kg, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Atividades realizadas no sistema (B).

Equipamentos	Km/Mês	Manutenções				Abastecimento de Lubrificantes	Reformas Pesadas	Estoque de Campo
		Preventivas (250,500, 1000 hs)	Corretivas Programadas	Corretivas (Socorro)	Corretivas (Emergenciais)			
1.145	1.500	X	X	X	--	X	--	X
1.013	4.000	X	X	X	--	X	--	X
9.999	2.000	X	X	X	--	X	--	X
Serviços								
Internos de	--	--	--	--	--	--	--	--
Terceiros								
Serviços								
Externos de	--	--	--	--	--	--	X	--
Terceiros								
Abrigo 52								Desativado
Abrigo 57								Desativado
1.118								Desativado

Os caminhões oficinas (1145, 1013 e 9999) percorrerão 1.500, 4.000 e 2.000 km respectivamente para manutenção mecânica e reparos. O caminhão 1145 opera na frente de colheita Harvester e o caminhão novo na frente do Feller + Processador e nos respectivos Forwarders que trabalham em cada frente. O caminhão 1013 realiza manutenção mecânica nas frentes de silvicultura realizando manutenção nos tratores, motoniveladora, retroescavadeira e implementos.

Neste sistema cada caminhão uma vez na semana necessitará passar no almoxarifado da fábrica a fim de retirar os materiais para as revisões preventivas nos equipamentos.

Devido à impossibilidade técnica do caminhão 1013 estar operando com container, o caminhão novo ficará responsável para realizar o reabastecimento de óleo hidráulico uma vez na semana (a capacidade do reservatório de óleo hidráulico do caminhão 1013 é de 400 litros).

O comboio 1.118 e os dois abrigos de apoio 52 e 57 serão desativados.

Todos os equipamentos contem uma bomba manual de graxa de 5 kg, sendo que a responsabilidade da lubrificação passará a ser do operador.

A mão-de-obra será composta por sete mecânicos, sendo distribuída da seguinte maneira:

- 1145 – Frente de Harvester + Forwarder (dois mecânicos em turnos diários de oito horas).
- 9999 – Frente de Feller / Processador + Forwarder (três mecânicos em turnos diários de oito horas). Nesta frente de operação o mecânico do 3º turno será polivalente, atendendo as frentes de 1º e 2º rotação, cobrir férias, banco de horas e almoxarifado.
- 1013 – Frente de Silvicultura (dois mecânicos em turnos diários de oito horas).

4.3 Sistema de manutenção com veículo comboio F-4000 (sistema C):

Neste sistema optou-se pela não utilização do atual caminhão comboio (1118) devido à vida útil elevada do equipamento, não oferecendo confiabilidade ao sistema, sendo necessário à aquisição de uma camionete Ford, modelo F-4000.

De acordo com a Tabela 3, o sistema será composto por dois caminhões oficinas (1145, 1013) e de um comboio F-4000, devido sua facilidade de mobilidade.

Tabela 3. Atividades realizadas no sistema (C).

Equipamentos	Km/Mês	Manutenções				Abastecimento de Lubrificantes	Reformas Pesadas	Estoque de Campo
		Preventivas (250,500, 1000 hs)	Corretivas Programadas	Corretivas (Socorro)	Corretivas (Emergenciais)			
1.145	3.000	--	X	X	--	--	--	
1.013	4.000	--	X	X	--	--	--	
F-4000	3.500	X	--	--	--	X	--	
Serviços								
Internos de	--	--	--	--	X	--	--	
Terceiros								
Serviços								
Externos de	--	--	--	--	--	--	X	
Terceiros								
Abrigo 52	--	--	X (parcial)	X (parcial)	--	--	--	X
Abrigo 57	--	--	--	--	--	--	--	X
1.118					Desativado			

Os caminhões oficinas (1145 e 1013) percorrem 3.000 e 4.000 km respectivamente para manutenção mecânica e reparos. O caminhão 1145 opera na frente de colheita, deslocando-se entre as frentes de operação do Harvester e Feller + Processador e os respectivos Forwarders que trabalham em cada frente. O caminhão 1013 realiza manutenção mecânica nas frentes de silvicultura realizando manutenção nos tratores, motoniveladora, retroescavadeira, implementos, veículos pesados e caminhão bombeiro.

O veículo para preventivas F-4000 percorrerá 3.500 km/mês, sendo responsável pela realização de todas as manutenções preventivas, reabastecimento de óleo hidráulico, hipertec, graxa das bombas manuais de 5kg, dos equipamentos nas frentes de trabalho de colheita e silvicultura.

Neste sistema permanecerão os dois abrigos de apoio nas frentes de colheita, e as revisões semanais será realizada na maioria das vezes somente pelos operadores, sem o apoio dos mecânicos e dos recursos do caminhão (limpeza com jato de ar, lavagem de radiador) devido haver somente uma oficina volante para as duas frentes de colheita.

Todos os equipamentos contêm uma bomba manual de graxa de 5 kg, sendo que a responsabilidade da lubrificação passará a ser do operador.

A mão-de-obra será composta por dois operadores de comboio e cinco mecânicos, sendo distribuída da seguinte maneira:

- 1145 – Frente de Harvester, Feller / Processador + Forwarder (três mecânicos em turnos diários de oito horas).
- 1013 – Frente de Silvicultura (dois mecânicos em turnos diários de oito horas).
- F-4000 – Frente de Colheita + Silvicultura (dois operadores de comboio em turnos diários de oito horas).

4.4 Sistema de manutenção com três oficinas volantes (sistema D):

Neste sistema será necessária a aquisição de um novo caminhão Volkswagen, modelo VW 13180E. O sistema será composto por três caminhões oficinas (1145, 1013 e 9999 caminhão novo).

Cada caminhão oficina estará alocado na frente da operação, sendo cada um deles responsáveis pelas manutenções preventivas (250, 500, 1000 horas, semanais), corretivas e reabastecimento de óleo hidráulico, hipertec, graxa das bombas manuais de 5kg, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Atividades realizadas no sistema (D).

Equipamentos	Km/Mês	Manutenções				Abastecimento de Lubrificantes	Reformas Pesadas	Estoque de Campo
		Preventivas (250, 500, 1000 hs)	Corretivas Programadas	Corretivas (Socorro)	Corretivas (Emergenciais)			
1.145	1.500	X	X	X	--	X	--	X
1.013	4.000	X	X	X	--	X	--	X
9.999	2.000	X	X	X	--	X	--	X
Serviços								
Internos de	--	--	--	--	--	--	--	--
Terceiros								
Serviços								
Externos de	--	--	--	--	--	--	X	--
Terceiros								
Abrigo 52					Desativado			
Abrigo 57					Transformado, Reaproveitado e Desativado			
1.118					Desativado			

Os caminhões oficinas (1145, 1013 e 9999) percorrerão 1.500, 4.000 e 2.000 km respectivamente para manutenção mecânica e reparos. O caminhão 1145 opera na frente de colheita Harvester e o caminhão 9999 na frente do Feller + Processador e nos respectivos Forwarders que trabalham em cada frente. O caminhão 1013 realiza manutenção mecânica nas frentes de silvicultura realizando manutenção nos tratores, motoniveladora, retroescavadeira e implementos.

Neste sistema, cada caminhão uma vez na semana necessitará passar no almoxarifado a fim de retirar os materiais para as revisões preventivas nos equipamentos.

Devido à impossibilidade técnica do caminhão 1013 estar operando com container, o caminhão novo ficará responsável para realizar o reabastecimento de óleo hidráulico uma vez na semana (a capacidade do reservatório de óleo hidráulico do caminhão 1013 é de 400 litros).

O comboio 1.118 e os dois abrigos de apoio serão desativados, reutilizando o baú e seus equipamentos para a montagem do novo caminhão oficina VW 13180E, reduzindo um investimento de R\$ 30.000,00 quanto comparado com aquisição de um novo baú oficina da empresa Lençóis Equipamentos Ltda.

Todos os equipamentos contem uma bomba manual de graxa de 5 kg, sendo que a responsabilidade da lubrificação continuará a ser do operador.

A mão-de-obra será composta por sete mecânicos, sendo distribuída da seguinte maneira:

- 1145 – Frente de Harvester + Forwarder (dois mecânicos em turnos diários de oito horas).
- 9999 – Frente de Feller / Processador + Forwarder (três mecânicos em turnos diários de oito horas). Nesta frente de operação o mecânico do 3º turno será polivalente, atendendo as frentes de 1º e 2º rotação, cobrir férias, banco de horas e almoxarifado.
- 1013 – Frente de Silvicultura (dois mecânicos em turnos diários de oito horas).

4.5 Vantagens e desvantagens dos sistemas

A análise comparativa apresentada nas Tabelas 5, 6 e 7, permitem analisar as principais vantagens e desvantagens dos quatros sistema em estudo.

Tabela 5. Vantagens e desvantagens do sistema (A).

SISTEMAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
A	- Baixo investimento inicial no sistema.	<ul style="list-style-type: none"> - Qualidade inferior da revisão semanal devido à falta de recursos apropriados para a sua realização. - Somente um veículo para preventivas para atender as três frentes de operação, o que poderá “engessar” o sistema se o veiculo quebrar. - Risco de contaminação no transbordo com a utilização de tambores de 200 litros. - Maior tempo de maquina parada devido o caminhão 1145 atender as duas frentes de colheita. -Tempo maior para a reposição dos tambores de 200 litros no veiculo para preventivas. - Mão de obra qualificada (mecânico) atuando como motorista em deslocamento. - Grandes deslocamentos do conjunto veicular para atender as três frentes de operação. -Na falta de óleo nos equipamentos, poderá haver um maior tempo de maquina parada aguardando o veículo para preventivas.

Tabela 6. Vantagens e desvantagens do sistema (B/D).

SISTEMAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
B/D	- Redução do tempo de equipamentos parados aguardando socorro mecânico, pois em cada frente de operação haverá um caminhão oficina.	- Deslocamento semanal dos caminhões até a fábrica para reabastecimento dos itens de estoque.
	- Diminuir o número de manutenções corretivas não programadas realizadas por terceiro (emergências).	- Qualificação dos profissionais envolvidos que podem se tornar extremamente técnicos nos equipamentos da sua frente de operação, necessitando em determinados períodos fazer a movimentação dos colaboradores entre outras frentes de operação a fim de manter a equipe flexível e capacitada nos demais equipamentos.
	- Redução do tempo para troca de container com óleo lubrificante.	
	- Redução do risco de contaminação no ato do transbordo	
	- Especialização de mão-de-obra nas respectivas frentes de operação.	
	- Melhor qualidade nas manutenções preventivas.	
	- Maior flexibilidade operacional.	

Tabela 7. Vantagens e desvantagens do sistema (C).

SISTEMAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
C	-Tempo do deslocamento e mobilidade com F-4000 para as preventivas.	- Qualidade inferior da revisão semanal devido à falta de recursos apropriados para a sua realização.
	- Menor investimento inicial do sistema, na aquisição de um caminhão novo.	- Somente um veículo para preventivas para atender as três frentes de operação, o que poderá “engessar” o sistema se o veículo quebrar.
	- Menor custo do km/rodado do veículo.	- Maior tempo de máquina parada devido o 1145 atender as dois ou três frentes de colheita. - Mão de obra qualificada (mecânico) atuando como motorista em deslocamento. - Grandes deslocamentos do conjunto veicular para atender as três frentes de operação. -Na falta de óleo nos equipamentos, poderá haver um maior tempo de máquina parada aguardando o veículo para preventivas.

4.6 Cuidados ambientais

Faz parte da política da empresa em estudo associar a alta tecnologia à preservação ambiental, tanto na área de silvicultura como na área da colheita mecanizada. Todo o processo inicia com a avaliação de impacto ambiental na área de que será processada, determinando com precisão os ciclos de produção, desenvolvimento, prevendo todos os recursos que trarão a melhor relação entre a maior produtividade, menor custo e menor impacto no ecossistema.

Na Figura 18, podemos observar que o caminhão comboio prefixo 1118 utiliza em seus compartimentos externos, tambores de 200 litros para os óleos lubrificantes usados nos equipamentos da colheita e silvicultura.



Figura 18. Caminhão comboio com tambores de 200 litros de óleo lubrificante.

De acordo com o histórico da empresa, observamos que neste sistema tem ocorrido com certa frequência à perfuração do tambor de óleo, decorrente da vibração e do sistema de fixação do tambor. Além do prejuízo econômico e do transtorno operacional, existe o impacto ambiental decorrente da contaminação do solo pelo derramamento de óleo.

Podemos ainda citar, que nesse modelo o risco de contaminação do óleo lubrificante antes de chegar nos equipamentos é maior, pois o sistema fica exposto ao ambiente externo

(poeira, água) e o transbordo é realizado através de bombas pneumáticas, cuja fixação das bombas se faz na parte superior do tambor em que não se consegue uma boa vedação do sistema, necessitando a colocação de capas protetoras tipo guarda-pó.

Na Figura 19, podemos observar que o caminhão oficina volante prefixo 1145 utiliza em seus compartimentos internos, vasos de pressões de 400 litros para armazenamento dos óleos lubrificantes usados nos equipamentos da colheita e silvicultura.



Figura 19. Caminhão oficina volante prefixo 1145 com vasos de pressão de 400 litros.

Este sistema tem se mostrado muito eficaz, seguro e limpo, pois o transbordo é realizado através do acoplamento de engates rápidos das mangueiras hidráulicas entre a linha do vaso de pressão com o container de óleo, sendo alimentados por uma bomba centrífuga elétrica alimentada pelo gerador do caminhão oficina.

Uma outra vantagem desse modelo é a instalação de filtros especiais para óleos com micragem absoluta. Por se tratar de um sistema com circuito fechado é possível a realização da filtragem do óleo durante o deslocamento do caminhão, ou seja, durante o funcionamento do motor do caminhão é possível ligar o sistema de filtragem absoluta dos óleos armazenados nos vasos de pressão.

4.7 Investimento nas estruturas

Para a análise dos sistemas foram considerados os investimentos inerentes às operações de manutenções corretivas e preventivas, sendo que, os caminhões oficinas 1145 e 1013 não foram considerados nesse momento, pois já existem para ambos os sistemas. Para o novo caminhão oficina foi considerado, o kit's de manutenção e o kit furgão oficina. A Tabela 8 apresenta os investimentos necessários para cada estrutura:

Tabela 8. Investimento para cada sistema.

Equipamento	Investimento			
	Sistema (A)	Sistema (B)	Sistema (C)	Sistema (D)
Caminhão VW 13180	--	169.300,00	--	169.300,00
Kit Furgão VW	--	60.000,00	--	30.000,00
F-4000 Comboio	--	--	75.680,00	--
Kit Furgão F-4000	--	--	42.000,00	--
Caminhão 1145	X	X	X	X
Adaptação 1145	--	25.000,00	--	25.000,00
Caminhão 1013	X	X	X	X
Adaptação 1013	--	5.000,00	--	5.000,00
Caminhão 1118	X	--	--	--
Reforma 1118	28.000,00	--	--	--
Abrigo 52	X	--	X	--
Abrigo 57	X	--	X	--
Total	28.000,00	259.300,00	117.680,00	229.300,00

O sistema que demanda maior investimento é a opção “B”, devido à necessidade de aquisição de um caminhão novo, marca Volkswagen, modelo VW 13180, e do kit furgão oficina volante, conforme Figura 20.

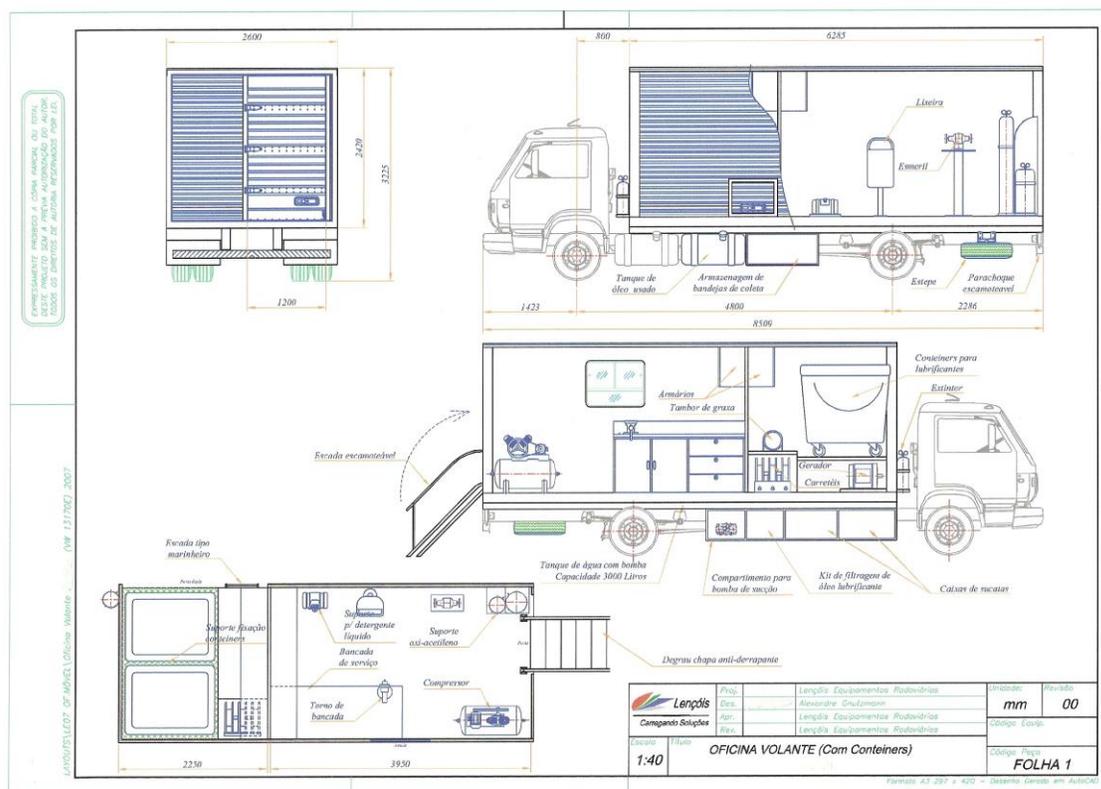


Figura 20. Kit furgão oficina volante

O sistema “A” requer menor investimento devido o reaproveitamento dos recursos existentes, porém, sendo necessário uma reforma geral no veículo comboio 1118 que se encontra em mau estado de conservação e com a vida útil elevada, o que torna esse sistema não confiável.

A opção do sistema “D” possibilita uma redução de investimento na ordem de R\$ 30.000,00 em relação ao sistema “B”, pois não há necessidade de adquirir um novo kit furgão oficina volante, pois nesse sistema haverá um reaproveitamento da estrutura externa dos dois abrigos de peças, que serão transformados em kit furgão oficina volante.

4.8 Análise de custo

Para análise de custo, foram considerados dois tipos: custo contábil, o qual considera direto o regime de depreciação de 48 meses e o custo técnico, o qual considera a vida útil dos equipamentos. Para o trabalho, o custo técnico considerado foi de 10 anos, sendo que, pela quilometragem no estudo os equipamentos poderão ter uma durabilidade de 12 a 15 anos.

De acordo com a Tabela 9, podemos observar que foram analisados os quatro sistemas operacionais de manutenção mecânica, sendo levado em consideração às premissas operacionais (dias úteis, número de turno e horas de trabalho, eficiência operacional, etc), as premissas econômicas (salário do mecânico, valor de combustível, óleo lubrificante, preço dos equipamentos, licenciamento, IPVA, etc), e as premissas administrativas (encargos sociais, adicional súmula 90, descanso semanal remunerado, número efetivo de funcionários, etc).

Através dessa tabela, foi possível obter o custo contábil e técnico por quilômetro rodado, nos quatro sistemas operacionais em estudo.

Tabela 9. Planilha de custos.

ITENS		UNIDADE	A	C	A/C	A/B/C/D	B/D	B	
			COMBOIO (1119)	Caminhão Oficina (F4000)	Caminhão Oficina (1145)	Caminhão Oficina (1013)	Caminhão Oficina (1145)	Caminhão Oficina (1380 E)	
PREMISSAS OPERAC.	DIAS ÚTEIS	Dias	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
	TURNO TRABALHO	Numero	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	
	HORAS / TURNO	h	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	
	EFICIÊNCIA OPERACIONAL	Percentual	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	
	KM MÉDIA MENSAL	Km	3.500,00	3.500,00	3.000,00	4.000,00	1.500,00	2.000,00	
	PESS. / VEIC./ TURNO : MOTORISTA	Pessoa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	FÉRIAS	Percentual	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	
	SÚMULA 90	Horas/dia							
	INCID. ADICIONAL NOTURNO	Horas/dia	2,00	2,00	6,00	2,00	6,00	6,00	
	CONSUMO COMBUSTÍVEL	Km/L	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	ÓLEO : MOTOR	Km/troca	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	
	TRANSMISSÃO	Km/troca	150.000,00	60.000,00	60.000,00	60.000,00	60.000,00	60.000,00	
	COMPARTIM.: ÓLEO MOTOR	Litro	20,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
	ÓLEO TRANSMISSÃO	Litro	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
	LAVAGEM / LUBRIFICAÇÃO	Serviços/mes	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
VIDA ÚTIL : VEÍCULO	Mes	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00		
VALOR RESIDUAL : VEÍCULO	Percentual	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00		
VIDA UTIL PNEU : NOVO	Km	70.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00		
QUANTIDADE PNEUS : VEÍCULO	Pneu	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		
PREMISSAS ECONÔMICAS	SALÁRIO FIXO : MOTORISTA	R\$/mes	1.072,21	1.072,21	1.072,21	1.072,21	1.072,21	1.072,21	
	VALOR PEDÁGIO	R\$/unidade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	COMBUSTÍVEL	R\$/litro	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	
	ÓLEO MOTOR	R\$/litro	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	
	ÓLEO TRANSMISSÃO	R\$/litro	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74	
	MATERIAIS AUXILIARES (FILTROS)	R\$/mes/veic.							
	LAVAGEM / LUBRIFICAÇÃO	R\$/servico	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
	PREÇO EQ. NOVO : VEÍCULO	R\$/unidade	28.000,00	117.680,00	0,00	0,00	30.000,00	199.300,00	
	PREÇOS PNEU NOVO	R\$/unidade	893,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	
	LICENCIAMENTO E IPVA	R\$/ano/veic	2.200,10	2.639,13	2.200,10	2.200,10	2.200,10	4.400,20	
BENEFÍCIOS :	R\$/unidade								
TOTAL	R\$/mes/func.	430,00	430,00	430,00	430,00	430,00	430,00		
PREMISSAS ADMINISTRAT. FÍSICOS	DSR	Percentual	20,459	20,459	20,459	20,459	20,459	20,459	
	ADICIONAL SÚMULA 90	Percentual	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	
	ENCARGOS SOCIAIS	Percentual	33,50	33,50	33,50	33,50	33,50	33,50	
	KM MENSAL TOTAL	Km / mês	3.500,00	3.500,00	3.000,00	4.000,00	1.500,00	2.000,00	
	Nº EFET. PESSOAS : MOTORISTA	Pessoa	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	
	CONSUMO TOTAL COMBUSTÍVEL	Litro	700,00	583,33	500,00	666,67	250,00	333,33	
	TOTAL PNEUS COMPOSIÇÃO	Pneu	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
DURABILIDADE DO VEÍCULO	Km	168.000,00	168.000,00	144.000,00	192.000,00	72.000,00	96.000,00		
RESULTADOS ECONÔMICOS	SALÁRIO PRODUÇÃO : MOTORISTA	R\$/mes							
	SÚMULA 90 : MOTORISTA	R\$/mes							
	ADICIONAL NOTURNO : MOTORISTA	R\$/mes	27,85	27,85	55,70	27,85	83,55	55,70	
	ÓLEO : MOTOR	R\$/troca	55,40	22,16	22,16	22,16	22,16	22,16	
	TRANSMISSÃO	R\$/troca	13,70	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	
SALÁRIO TOTAL : MOTORISTA	R\$/mes	1.105,76	1.105,76	1.139,30	1.105,76	1.172,85	1.139,30		
PREÇO FINAL	O P E R A C Ã O	MÃO OBRA : SALÁRIOS OPER.	R\$/km	0,8776	0,8776	1,5693	0,7679	2,1371	2,3540
		ENCARGOS	R\$/km	0,2940	0,2940	0,5257	0,2572	0,7159	0,7886
		COMBUSTÍVEIS e ÓLEOS	R\$/km	0,2656	0,2190	0,2190	0,2190	0,2190	0,2190
		MANUTENÇÃO e LAVAGEM	R\$/km	1,1523	1,0910	1,7814	1,7814	1,7814	2,1564
		PNEU	R\$/km	0,0765	0,0473	0,0473	0,0473	0,0473	0,0473
		PEDÁGIO	R\$/km						
		LICENCIAMENTO + IPVA	R\$/km	0,0524	0,0628	0,0611	0,0458	0,1222	0,1833
		DEPRECIACÃO	R\$/km	0,0833	0,3502	-	-	0,2083	1,0282
		REFEICÃO	R\$/km	-	-	-	-	-	-
		TOTAL OPERACIONAL	R\$/km	2,8018	2,9419	4,2038	3,1186	5,2313	6,7767
CUSTO CONTÁBIL		R\$/km	2,80	2,94	4,20	3,12	5,23	6,78	
CUSTO CASH		R\$/km	2,72	2,59	4,20	3,12	5,02	5,75	
Depreciação Técnica		120 meses	0,03	0,14	0,00	0,00	0,08	0,42	
Custo Técnico		R\$/km	2,75	2,73	4,20	3,12	5,11	6,16	

Analisando os custos encontrados na Tabela 9, podemos observar que o sistema “A” possui o menor custo contábil, em virtude do menor investimento e da depreciação já ocorrida no caminhão comboio prefixo 1118, ano de fabricação 1996, bem como no caminhão oficina volante prefixo 1145, ano de fabricação 2001.

Já no sistema “B”, observamos o maior custo técnico e contábil decorrentes do alto investimento e do maior valor de depreciação dos veículos que é de R\$ 1,0282 /Km.

4.8.1 Custo contábil

Na Tabela 10, podemos observar o custo mensal contábil dos quatro sistema operacional de manutenção mecânica, sendo analisado a influência do custo contábil em relação à quilometragem percorrida por mês pelos caminhões nas suas respectivas frentes de operação.

Tabela 10. Custo contábil.

Conjuntos	Itens	Unidade	Sistema (A)	Sistema (B)	Sistema (C)	Sistema (D)
Caminhão (1118)	Quilometragem	Km	3.500	--	--	--
	Custo	R\$/Km	2,80	--	--	--
	Total	R\$	9.800,00	--	--	--
Caminhão (1145)	Quilometragem	Km	3.000	1.500	3.000	1.500
	Custo	R\$/Km	4,20	5,23	4,20	5,23
	Total	R\$	12.600,00	7.845,00	12.600,00	7.845,00
Caminhão (1013)	Quilometragem	Km	4.000	4.000	4.000	4.000
	Custo Km	R\$/Km	3,12	3,12	3,12	3,12
	Total	R\$	12.480,00	12.480,00	12.480,00	12.480,00
VW 13180	Quilometragem	Km	--	2.000	--	2.000
	Custo Km	R\$/Km	--	6,78	--	6,78
	Total	R\$	--	13.560,00	--	13.560,00
F-4000	Quilometragem	Km	--	--	3.500	--
	Custo Km	R\$/Km	--	--	2,94	--
	Total	R\$	--	--	10.290,00	--
Sub-Total		R\$	34.880,00	33.885,00	35.370,00	33.885,00
Óleo 15W40	Volume	Litro	3.200	3.200	3.200	3.200
	Custo Óleo	R\$	4,00	3,65	3,65	3,65
	Total	R\$	12.800,00	11.680,00	11.680,00	11.680,00
Custo Total		R\$	47.680,00	45.565,00	47.050,00	45.565,00

Observa-se que o sistema que apresentou maior custo contábil mensal foi o sistema “A”, devido à necessidade do caminhão comboio percorrer todas as frentes de operação para a realização dos reabastecimentos de óleo lubrificantes e das manutenções preventivas. Um outro fator que contribuiu para a elevação do custo desse sistema foi em relação ao custo do litro do óleo lubrificante (tipo 15W40), que nesse sistema é adquirido em tambores de 200 litros a um custo de R\$ 4,00 / litro. Já nos demais modelo à aquisição desse óleo lubrificante

será realizado por container de 1.000 litros a um custo de R\$ 3,65 / litro. Levando em consideração o consumo médio da empresa de 3.200 litros / mês do óleo mencionado, haverá uma economia mensal de R\$ 1.120,00.

Os sistemas “B e D” apresentaram o mesmo custo contábil mensal, pois nos dois sistemas os caminhões trabalham nas mesmas frentes de operação, percorrendo portanto, a mesma quilometragem no mês, diferindo apenas o investimento do sistema, que no caso do sistema “B” o investimento é maior devido a aquisição dum baú oficina volante.

4.8.2 Custo técnico

Na Tabela 11, analisamos o custo mensal técnico de cada sistema operacional de manutenção mecânica, de acordo com as mesmas premissas analisadas no custo contábil.

Tabela 11. Custo técnico

Conjuntos	Itens	Unidade	Sistema (A)	Sistema (B)	Sistema (C)	Sistema (D)
Caminhão (1118)	Quilometragem	Km	3.500	--	--	--
	Custo	R\$/Km	2,75	--	--	--
	Total	R\$	9.625,00	--	--	--
Caminhão (1145)	Quilometragem	Km	3.000	1.500	3.000	1.500
	Custo	R\$/Km	4,20	5,11	4,20	5,11
	Total	R\$	12.600,00	7.665,00	12.600,00	7.665,00
Caminhão (1013)	Quilometragem	Km	4.000	4.000	4.000	4.000
	Custo Km	R\$/Km	3,12	3,12	3,12	3,12
	Total	R\$	12.480,00	12.480,00	12.480,00	12.480,00
VW 13180	Quilometragem	Km	--	2.000	--	2.000
	Custo Km	R\$/Km	--	6,16	--	6,16
	Total	R\$	--	12.320,00	--	12.320,00
F-4000	Quilometragem	Km	--	--	3.500	--
	Custo Km	R\$/Km	--	--	2,73	--
	Total	R\$	--	--	9.555,00	--
Sub-Total		R\$	34.705,00	32.465,00	34.635,00	32.465,00
	Volume	Litro	3.200	3.200	3.200	3.200
Óleo 15W40	Custo Óleo	R\$	4,00	3,65	3,65	3,65
	Total	R\$	12.800,00	11.680,00	11.680,00	11.680,00
Custo Total		R\$	47.505,00	44.145,00	46.315,00	44.145,00

Observa-se novamente que o sistema “A” apresentou maior custo mensal técnico, devido aos mesmos fatores mencionados anteriormente no custo mensal contábil.

Vale a pena ressaltar que assim como no custo contábil, o sistema “A” sofre uma elevação do custo mensal devido a uma limitação na especificação técnica do caminhão, utilizando apenas o óleo lubrificante acondicionados em tambores de 200 litros. Essa limitação técnica implica num custo mensal de R\$ 1.120,00 decorrente do valor do litro do óleo

lubrificante ser de R\$ 4,00, ao passo que nos outros três sistemas o litro do óleo lubrificante é de R\$ 3,65.

4.9 Retorno do investimento

Analisando os investimentos e a possibilidade de ganho para cada sistema, na Tabela 12 podemos analisar o retorno do investimento entre o sistema “D” que apresentou o menor custo contábil e o sistema “A” que apresentou o menor investimento.

Tabela 12. Retorno do investimento (custo contábil).

Custo Contábil	Sistema (D)	Sistema (A)
Investimento Total	229.300,00	28.000,00
Diferença de Investimento		201.300,00
Custo Contábil	45.565,00	47.680,00
Diferença Mensal		2.115,00
Ganhos Operacionais		9.000,00
Total Mensal		11.115,00
Diferença Anual		133.380,00
Retorno do Investimento Anual		1,509

De acordo com os dados apresentados na Tabela 12, percebe-se que, diferentemente da decisão que teria sido tomada analisando apenas o investimento inicial, a análise do retorno do investimento evidencia que o sistema operacional “D” apresenta um retorno do investimento de 15,09% da vida útil do equipamento, ou seja, de 1,509 anos.

Portanto, o retorno do investimento encontrado é inferior a depreciação contábil que é de 48 meses, sendo que a vida útil dos equipamentos é de 10 anos.

Analisando agora a Tabela 13, o retorno do investimento sob o ponto de vista do custo técnico entre o mesmo sistema “D” que apresentou o menor custo contábil e o sistema “A” que apresentou o menor investimento.

Tabela 13. Retorno do investimento (custo técnico).

Custo Técnico	Sistema (D)	Sistema (A)
Investimento Total	229.300,00	28.000,00
Diferença de Investimento		201.300,00
Custo Técnico	44.145,00	47.505,00
Diferença Mensal		3.360,00
Ganhos Operacionais		9.000,00
Total Mensal		12.360,00
Diferença Anual		148.320,00
Retorno do Investimento Anual		1,357

O sistema “D” apresenta um retorno do investimento de 1,357 anos, representando menos de 20% da vida útil do conjunto, demonstrando um ganho econômico comparado do sistema “A”.

Os ganhos operacionais mencionados nas Tabela 12 e 13 são decorrentes da média da soma dos custos de deslocamento do caminhão oficina (R\$ 30,00/hora), mais a média do custo de máquina parada aguardando o recurso para atendimento (R\$ 150,00/hora), multiplicados pela estimativa mensal em horas de máquinas paradas aguardando oficina móvel (50 horas/mês).

4.10 Quadro de mão-de-obra

Na tabela 14, podemos observar a distribuição do número de colaboradores necessários para cada sistema operacional de manutenção mecânica, conforme logística e operacionalidade do mesmo.

Tabela 14. Quadro de mão-de-obra

Conjuntos	Itens	Sistema (A)	Sistema (B)	Sistema (C)	Sistema (D)
Comboio 1118	Comboísta	02	--	--	--
Comboio F-4000	Comboísta	--	--	02	--
Oficina VW	Mecânico	--	03	--	03
Oficina 1145	Mecânico	03	02	03	02
Oficina 1013	Mecânico	02	02	02	02
Total		07	07	07	07

Pode-se observar na Tabela 14, que o número total de colaboradores não difere de um sistema operacional de manutenção mecânica para outro.

Porém ocorre uma mudança na atribuição de responsabilidades, pois nos sistemas “A e C” utilizam-se à função comboísta, que é o colaborador responsável apenas pelas manutenções preventivas de todos os equipamentos das áreas de silvicultura e colheita. Nos sistemas “B e D” não haverá a função de comboísta, pois neste sistema o próprio mecânico será responsável pela realização das manutenções preventivas, bem como das manutenções corretivas e preditivas dos equipamentos que estarão alocados na sua frente de operação.

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi demonstrar para a empresa alvo de análise, qual o melhor sistema operacional de manutenção mecânica responsável pelas manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos, tendo como premissa analisar os investimentos necessários, os custos operacionais e a viabilidade econômica.

Depois de analisados e avaliados todos os fatores técnicos e econômicos, percebe-se que, diferentemente da decisão que teria sido tomada analisando apenas o investimento inicial, a análise do retorno do investimento evidencia que o sistema operacional “D” apresenta um retorno do investimento de 15,09% da vida útil do equipamento, ou seja, de 1,509 anos.

Outro fator relevante é a atribuição relativa de responsabilidades, pois em tese a equipe de manutenção torna-se responsável legítimo pelo conjunto de máquinas em determinada frente de operação.

Devido à associação das manutenções preventivas semanais em conjunto com as preventivas programadas, obtém-se ganhos em termos de qualidade das manutenções, observando que os recursos de oficina volante estão equipados com bombas de lavagem de alta pressão, filtros absolutos para os óleos lubrificantes, ar comprimido, etc.

6. REFERÊNCIAS

BURLA, Everson Ramos. **Mecanização de atividades silviculturais em relevo ondulado**. Belo Horizonte, MG, CENIBRA, 2001.144p.

CAIXETA, F.J.V. et al. **Gestão logística do transporte de cargas**. São Paulo, SP, Atlas, 2001.

GONÇALVES, J.L. de M. et al. **Conservação e Cultivo de Solos Para Plantações Florestais**. Piracicaba, SP, IPEF, 2002. 498p.

MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**, Viçosa, MG, UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468p.

MALINOVISKI, J.R. **A evolução dos sistemas de colheita de pinus na região sul do Brasil**, Curitiba, PR, FUPEF, 1998. 138p.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção preditiva: caminhos para zero defeitos**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991. 318p.

MOREIRA, M.F. O desenvolvimento da mecanização na exploração florestal sob ótica de custos. In: **SEMINARIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL**, 7., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: **FUPEF**, 1992. p. 161-170.

OLIVEIRA, et al. **Tecnologias Aplicadas ao Setor Madeireiro III**, Jerônimo Monteiro, ES, 2007. 291 p.