

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VAGNER LUIZ RIBEIRO

**SISTEMA ELETRÔNICO PARA APONTAMENTO DO DESEMPENHO
OPERACIONAL DE MÁQUINAS FLORESTAIS EM UMA EMPRESA DE MINAS
GERAIS**

CURITIBA

2021

VAGNER LUIZ RIBEIRO

SISTEMA ELETRÔNICO PARA APONTAMENTO DO DESEMPENHO
OPERACIONAL DE MÁQUINAS FLORESTAIS EM UMA EMPRESA DE MINAS
GERAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de MBA em Manejo Florestal de Precisão, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Krulikowski Rodrigues Pelissari

CURITIBA

2021

AGRADECIMENTOS

À toda coordenação do Curso de Especialização em Manejo Florestal de Precisão, vinculado ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias (PECCA), em especial ao Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta e equipe de monitores, pelo apoio recebido.

À empresa, por confiar o desenvolvimento deste trabalho e ceder informações.

Aos professores e colegas de turma.

Um agradecimento especial a Profa. Dra. Carla Krulikowski Rodrigues Pelissari por suas orientações, solicitude e paciência na elaboração deste trabalho.

A todos que contribuíram de alguma forma.

RESUMO

O setor florestal brasileiro tem grande expressividade econômica, social e ambiental para o país. Logo, inovações e avanços tecnológicos são fundamentais para garantir o desenvolvimento sustentável desse setor. Conseqüentemente, diversas empresas, atentas à essa demanda, estão lançando produtos criativos e inovadores, dentre eles, o apontamento eletrônico. Essa ferramenta consiste em um *software* instalado em um dispositivo móvel que permite aos operadores de máquinas registrarem a rotina diária de suas atividades. Os dados coletados, uma vez processados, geram informações que subsidiam a tomada de decisão. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou apresentar a tecnologia através da experiência de sua implantação em uma empresa de Minas Gerais. Para isso, descreveu-se o processo de implantação e suas aplicações nas operações de colheita e carregamento florestal no âmbito da empresa. Paralelamente, explorou-se a utilização de *Business Intelligence* na construção de relatórios a partir de dados gerados. Diante disso, observou-se que o planejamento da implantação e o treinamento motivador dos usuários são tão importantes quanto a própria tecnologia. Além disso, as métricas de desempenho e indicadores gerados contribuíram para a eficiência e a segurança das operações. Portanto, concluiu-se que o sistema de apontamento eletrônico foi adequado para a aplicação nas operações florestais estudadas como alternativa ao método de apontamento manual. Entretanto, o sucesso de sua implementação e operação depende do envolvimento participativo dos colaboradores e métodos automatizados para a produção de relatórios.

Palavras-chave: Carregamento Florestal, Colheita florestal, Floresta de Precisão, Gestão Florestal.

ABSTRACT

The Brazilian forestry sector has great economic, social, and environmental expressiveness for the country. Therefore, innovations and technological advances are essential to ensure the sustainable development of this sector. Consequently, several companies, attentive to this demand, are launching creative and innovative products, among them, the electronic note. This tool consists of software installed in a mobile device that allows machine operators to record the daily routine of their activities. The data collected, once processed, generate information that subsidizes decision making. In this context, the present study aimed to present the technology through the experience of its implementation in a company in Minas Gerais. To this end, the implementation process and its applications in forest harvesting and loading operations within the company were described. In parallel, the use of Business Intelligence in the construction of reports from the generated data was explored. In this sense, it was observed that the implementation planning and the motivating training of the users are as important as the technology itself. In addition, the performance metrics and indicators generated contributed to the efficiency and security of operations. Therefore, it was concluded that the electronic scheduling system was suitable for application in the forest operations studied as an alternative to the manual scheduling method. However, the success of its implementation and operation depends on the participative involvement of employees and automated methods for report production.

Key words: Wood loading, Forest Harvesting, Precision Forestry, Forest Management.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVO	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 Colheita Florestal	11
3.2 Carregamento Florestal.....	11
3.3 Abastecimento de Máquinas Florestais.....	12
3.4 Produtividade e Custos	12
3.5 Apontamento das Operações em Campo	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 Caracterização da empresa e área de atuação.....	14
4.2 Caracterização do Sistema de Colheita de Madeira e Carregamento Florestal	15
4.3 Identificação do Problema.....	16
4.4 Caracterização do Sistema Eletrônico para Apontamento do Desempenho Operacional.....	16
4.5 Interface do Sistema	18
4.5.1 Interface do Computador de Bordo	18
4.5.2 Interface <i>Web</i>	19
4.6 Implantação do Sistema e Divulgação das Informações.....	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 O Processo de Implantação	20
5.1.1 Instalação dos Equipamentos	20
5.1.2 Treinamento	20

5.1.3 Dificuldades de implementação.....	21
5.2 Monitoramento de Equipamentos.....	23
5.3 Gestão de Indicadores	26
5.3.1 Monitoramento da produção.....	27
5.3.2 Monitoramento de paradas.....	28
5.3.3 Monitoramento do consumo de combustível	29
5.3.4 Indicadores de desempenho operacional escolhidos.....	30
5.3.5 Relatórios	31
5.3.6 <i>Key Performance Indicators</i> (KPI).....	35
5.4 Planejamento e Segurança	35
5.4.1 Mapa de Bordo e Microplanejamento.....	36
5.4.2 <i>Check-list</i>	36
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	38
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais e grande parte de seu território é composto por florestas, sejam naturais, dos diferentes biomas, como a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica, ou plantadas, como os cultivos de eucalipto e pinus, predominantemente localizados nas regiões Sudeste e Sul (IBÁ, 2020). Quanto às áreas plantadas, em 2019, as mesmas chegaram a ocupar aproximadamente 9 milhões de hectares, com um aumento de 2,4% em relação ao ano anterior (IBÁ, 2020). Esse setor se destaca por sua produtividade, em termos de incremento médio anual e por seus impactos positivos nos indicadores sociais, econômicos e ambientais. Além disso, as boas condições edafoclimáticas naturais, o melhoramento genético e a adoção de boas práticas silviculturais e de manejo explicam grande parte do bom desempenho das culturas florestais no país.

Por estar inserido em um contexto global e possuir uma boa participação na economia, gerando divisas e postos de trabalho, é imprescindível que haja modernização, avanços tecnológicos e inovações tanto no campo quanto no escritório. Logo, os investimentos em maquinários modernos, se justificam por assegurarem maior produtividade, eficiência na utilização de insumos e segurança aos operadores. Além disso, a estrutura administrativa e de apoio operacional devem ser capazes de acompanhar, instruir e otimizar as operações, se valendo dos recursos computacionais e de telecomunicação.

A significativa redução dos custos de dispositivos eletrônicos e serviços de transmissão de dados e a popularização do GNSS (*Global Navigation Satellite System*) possibilitaram aplicações que até então eram inviáveis. Atualmente, aplicativos para smartphone e tablets auxiliam em uma multiplicidade de tarefas na área florestal. Nesse contexto, é comum encontrar máquinas florestais com computadores de bordo associados à sensores que coletam importantes informações, como o consumo de combustível, rotação e temperatura do motor e até produtividade, como no caso dos *harvesters*. Além disso, o georreferenciamento dos dados é uma prática bastante usual no meio florestal.

Os dados gerados na operação podem ser incorporados em bancos de diversos softwares, por exemplo, sistemas de informação geográficas (SIG), que possuem ferramentas para análises avançadas, gerando informações e mapas. A

transformação dos dados em informação é o que de fato gera valor para as empresas e organizações, pois possibilita a tomada de decisão. Afinal, quanto mais precisos e confiáveis os dados, melhores são as informações extraídas e, conseqüentemente, mais assertivas são as resoluções. Além disso, a alta velocidade de transmissão e processamento e a disponibilização das informações são interessantes para o planejamento tático e operacional, uma vez que são pensados a médio e curto prazo. Portanto, determinadas operações, como a colheita florestal mecanizada, que são de alto custo, necessitam de ferramentas que auxiliem nas decisões, pois têm efeito direto sobre a sustentabilidade financeira.

Paralelamente, empresas de softwares têm se atentado para a necessidade de digitalização de informações geradas em campo, tanto pelos equipamentos quanto pelos próprios colaboradores, e começam a oferecer soluções criativas e inovadoras. Uma ferramenta utilizada nesse processo, consiste basicamente de um software instalado em algum dispositivo móvel que permite o registro das atividades. Assim, o dia a dia operacional pode ser informado pelos colaboradores que estão em serviço, com detalhes, permitindo um acompanhamento quase em tempo real dos indicadores.

Entretanto, quando embarcado em máquinas, difere da telemetria, pois não exige sensores específicos instalados e pessoal capacitado para análise de parâmetros, bem como apresenta baixo custo de implantação. Isso é possível por meio do uso de dispositivos móveis, como *tablets* e *smartphones*, e de tecnologias incorporadas nesses eletrônicos, como o sistema de posicionamento global, acelerômetro e dados móveis. A facilidade de implementação e operação, a simplicidade dos equipamentos utilizados e a possibilidade de aplicação em máquinas utilizadas em várias etapas do processo produtivo, tornam a tecnologia atrativa para a área florestal. No entanto, essa ferramenta é algo recente para grande parte das empresas florestais e possui limitações e espaço para melhorias. Nesse sentido, o trabalho se justifica por trazer um caso prático da implantação do sistema em uma empresa florestal e realizar uma discussão sobre suas aplicações associadas a um sistema de *Business Intelligence*.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Apresentar a tecnologia de apontamento eletrônico de máquinas no contexto da área florestal, em especial as atividades de colheita e carregamento.

2.2 Objetivos específicos

- a) Descrever o processo de implantação e operação de um sistema de apontamento eletrônico no contexto de uma empresa florestal;
- b) Demonstrar as aplicações do sistema na área de colheita e carregamento florestal; e,
- c) Explorar as maneiras de transformar os dados em informações usando *Business Intelligence* para subsidiar a tomada de decisões.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Colheita Florestal

No contexto da produção florestal madeireira, a colheita é uma das etapas finais e indispensáveis do processo produtivo. Para Tanaka (1986), conceitua-se colheita de madeira como o conjunto de operações realizadas no maciço florestal que empregam técnicas e padrões pré-estabelecidos visando preparar e transportar a madeira para o seu local de utilização. Enquanto Machado et al. (2014) define que a colheita é composta pelas etapas de corte, extração e carregamento. Além disso, Lima e Leite (2014) mencionam que a colheita florestal mecanizada pode ser entendida como um conjunto de operações realizadas no interior do talhão com máquinas motoras dotadas de mecanismos de acionamento direto, onde os operadores não têm contato físico com as árvores.

De acordo com a FAO (1977), existem diferentes tipos de sistemas de colheita de madeira e sua escolha varia em relação ao relevo, padrão e produção da floresta, sortimento e uso final da madeira. Dentre eles, o *cut-to-length*, também chamado de toras curtas, é um sistema bastante utilizado no Brasil, principalmente por empresas de celulose e papel, e caracteriza-se pelo corte e processamento das árvores no mesmo local de abate e a madeira, em forma de toras, é transportada até as margens das estradas ou pátios intermediários (MACHADO, 1985). Esse sistema quando realizado de maneira mecanizada, comumente utiliza *harvesters* e *forwarders*. As suas principais vantagens são: maior facilidade de retirada da madeira da área e menor exportação de nutrientes (MALINOVSKI et al., 2014).

3.2 Carregamento Florestal

O carregamento florestal refere-se à operação de colocação e acomodação da madeira em determinado veículo de transporte. É, portanto, o elo entre a extração e o transporte principal para a indústria. Essa atividade pode ser realizada de maneira manual ou mecanizada, sendo esta última é mais comum por sua eficiência operacional elevada (MINETTE et al., 2002).

Os carregadores florestais e escavadeiras hidráulicas equipadas com garra, são as máquinas mais adequadas para a função, que consistem em movimentar as toras de madeira das pilhas para os veículos de transporte. Entretanto, apesar da

sua simplicidade, a eficiência da operação de carregamento tem impacto direto no transporte, pois a redução no tempo de carregamento incorre em um número de horas efetivo de trabalho maior nos veículos de transporte. Conseqüentemente, o número de viagens realizadas e o volume total de madeira transportada em determinada unidade de tempo aumentam, influenciando diretamente nos custos de transporte (COSTA et al., 2003).

3.3 Abastecimento de Máquinas Florestais

A operação de abastecimento é rotineira no contexto da colheita florestal mecanizada e, devido aos seus impactos no processo produtivo, deve se buscar a sua otimização. Em uma primeira análise, o combustível e os lubrificantes têm alto peso sobre os custos de produção. Por exemplo, Vieira *et al.* (2016), analisando os custos operacionais e de produção da colheita de florestas de eucalipto, observou que os valores gastos com esses insumos representaram 31,91% do custo total de produção do *harvester*. Além disso, segundo Oliveira *et al.* (2019) as organizações do ramo florestal focam na qualidade dos produtos e negligenciam a qualidade dos processos, o que não contribui para a redução de desperdícios e conseqüentemente dos custos. Por isso, os valores que deveriam ser investidos em prevenção e monitoramento, são gastos na remediação de falhas. Portanto, inovações que enfoquem na quantificação mais precisa dos insumos aplicados e racionalização da atividade podem contribuir com uma gestão mais eficiente.

3.4 Produtividade e Custos

Um fator que deve ser observado e controlado nas operações florestais, em especial na colheita mecanizada, é a produtividade. Nas máquinas florestais, esse fator pode ser influenciado pelas características das mesmas, da floresta, de manejo e até mesmo do operador. Avaliando a produtividade de máquinas de colheita de eucalipto, Malinovski et al. (2006) identificaram 37 variáveis de influência, sendo em relação ao terreno, povoamento e planejamento da operação. Algumas variáveis têm um maior destaque, como o volume médio individual na produtividade das máquinas de corte (SIMÕES et al., 2014) e a distância de extração para máquinas de baldeio (SANTOS et al., 2013).

O sucesso das operações florestais também depende de uma boa mensuração e gestão de seus custos. Esses podem ser divididos em custos fixos e variáveis. Enquanto o primeiro não varia em relação ao nível de produção, o segundo é proporcional a quantidade produzida. Portanto, quanto maior o aproveitamento do fator de produção, por exemplo, a máquina florestal, se aproximar de 100%, menores os custos produtivos devido à diluição dos custos fixos (POKORNY et al., 2011). Portanto, a produtividade e os custos das operações florestais estão intrinsecamente conectados. Conseqüentemente, tecnologias que permitam o levantamento e interpretação das informações de maneira confiável e rápida podem contribuir para um melhor desempenho.

3.5 Apontamento das Operações em Campo

Diante da importância de operações mecanizadas serem realizadas com qualidade e dos seus custos elevados, fica evidente a necessidade de um monitoramento efetivo. Ao passo que, entre as formas de gerenciamento das informações de campo estão os apontamentos manuais, por meio de fichas, comumente conhecidos como BDPs (Boletins Diários de Produção). Em suma, consistem em documentos preenchidos manualmente com informações de interesse, tais como o horímetro inicial e final da operação, paradas operacionais e mecânicas, produção entre outras. Tal alternativa para a coleta de dados vem sendo utilizada pelas empresas florestais há vários anos, porém incorre em erros, pouca precisão nos dados e gera informações bastante limitadas, além de demoras na digitalização e processamento (GONÇALVES, 2008).

Com o avanço da tecnologia embarcada nas máquinas e equipamentos, os dados passaram a ser coletados automaticamente com maior riqueza de detalhes pelos computadores de bordo. Por exemplo, Scorupski et al. (2017) analisaram dados coletados e armazenados nesses dispositivos em um período de 12 meses para estudar a produtividade de máquinas com cabeçote *harvester* em sistemas *full-tree* e *cut-to-length*. Os autores associaram variáveis como horas trabalhadas, número de árvores derrubadas e produção de cada turno com o volume médio individual (VMI) das áreas colhidas, trazendo o comportamento da produtividade de acordo com as classes de VMI.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho utilizou-se a metodologia definida por Yin (2005) como estudo de caso único. Foi conduzida uma investigação empírica de um fenômeno complexo e contemporâneo inserido no contexto de uma situação real em que não há muito controle sobre os eventos e situações em foco.

4.1 Caracterização da empresa e área de atuação

O estudo foi estabelecido em um grupo empresarial localizado no estado de Minas Gerais, Brasil, que atua em diversos seguimentos do setor florestal (CNAE: 02.10-1), como: viveiros, silvicultura, colheita e transporte de madeira e produção de carvão (Figura 1). Logo, a filial escolhida para a implantação do sistema de apontamento eletrônico avaliado presta serviços de colheita mecanizada e transporte de madeira, compreendendo as operações de corte, baldeio e carregamento em povoamentos de *Eucaliptus spp.*, com idades entre 7 a 10 anos, sendo os produtos destinados a indústrias de celulose e empresas produtoras de biorredutor para siderúrgicas.

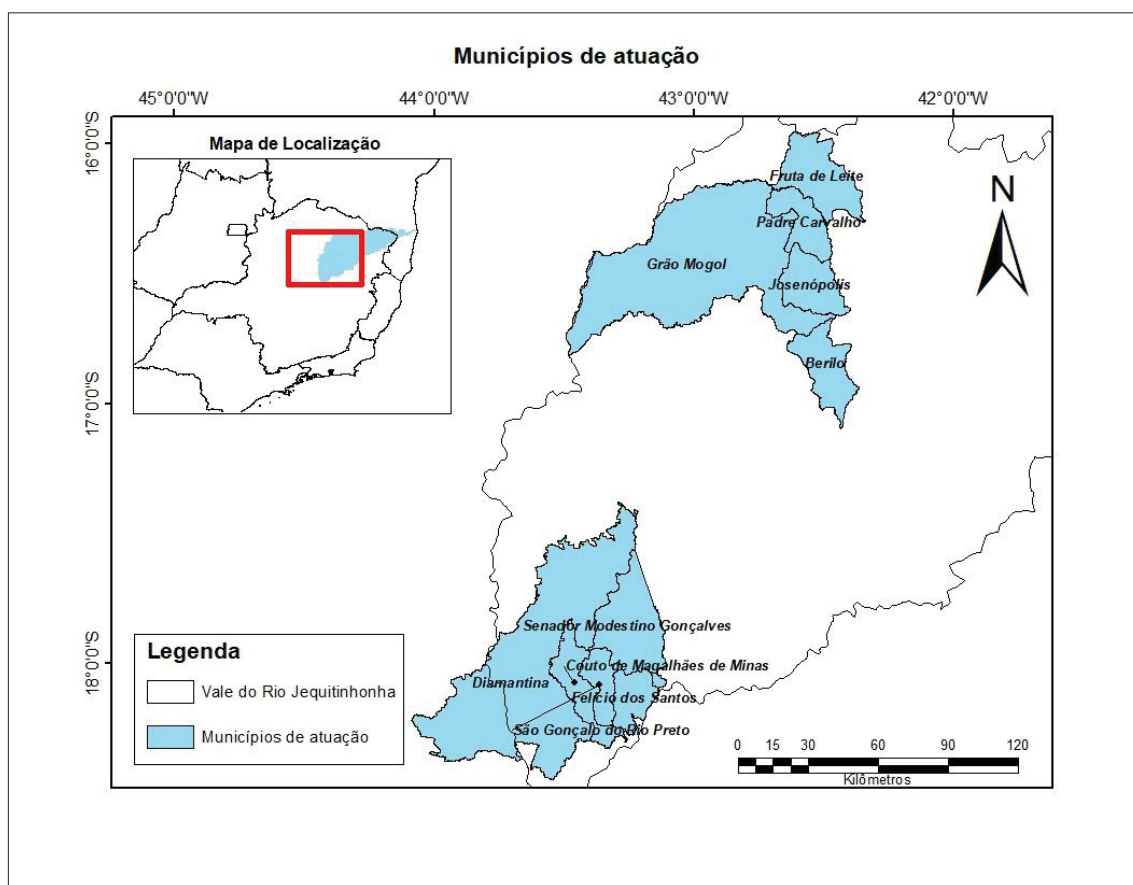


Figura 1. Mapa dos municípios de atuação.

O estudo foi conduzido entre janeiro de 2018 e dezembro de 2020. Nesse período o sistema de apontamento eletrônico foi implantado como principal meio de coleta de dados e monitoramento das operações. Os contratos de prestação de serviço na época foram executados em diferentes propriedades rurais em cidades inseridas total ou parcialmente na bacia do rio Jequitinhonha, Minas Gerais (Figura 1).

4.2 Caracterização do Sistema de Colheita de Madeira e Carregamento Florestal

O sistema de colheita adotado foi o de toras curtas (*cut-to-length*). Nesse sistema, as árvores foram processadas no local de derrubada e a madeira, na forma de toras, baldeada para a borda do talhão ou pátio intermediário para posterior acondicionamento em veículos de transporte. As máquinas utilizadas na operação de corte foram escavadeiras hidráulicas adaptadas com cabeçote *harvester*, que eram responsáveis pelo abate, desganhamento, descascamento e seccionamento das árvores em toras com comprimentos variáveis e definidos pelo cliente. Enquanto a operação de baldeio foi realizada com tratores agrícolas e florestais adaptados com guas hidráulicas e caçamba, carregando e transportando as toras para a borda do talhão. Posteriormente, o carregamento, assim como a operação de corte, também utilizou escavadeiras hidráulicas, porém adaptadas com guas de diferentes capacidades.

A empresa realizou testes com várias marcas e modelos de equipamentos e implementos nas três operações executadas dentro do período de estudo. Ao final de um determinado tempo, a mesma consolidou sua preferência com base no desempenho, custos de manutenção, ergonomia entre outros fatores. As operações ocorriam durante todo o ano. O número de máquinas utilizadas variou conforme as demandas de contrato. Em alguns casos, havia a conversão de máquinas para outras operações, por exemplo, o cabeçote *harvester* que era substituído por garra de carregamento, caso a demanda de madeira cortada diminuísse por razões contratuais. Outra situação, a transferência de máquinas para filiais de outros seguimentos, como produção de carvão e silvicultura, também ocorria com frequência. No entanto, em média, eram empregados de quatro a seis *harvesters*, de dois a quatro autocarregáveis e duas a quatro guas nas operações.

4.3 Identificação do Problema

Inicialmente, o procedimento para obtenção dos dados de colheita e carregamento era o preenchimento de um BDM (Boletim Diário de Máquina). O BDM consistia em uma folha de papel, com campos pré-definidos, que operador utilizava para registrar informações importantes para a gestão, como os horímetros iniciais e finais da operação, tempos de paradas operacionais e de manutenção, abastecimentos realizados entre outros. Ao final de cada turno, essas folhas eram entregues aos responsáveis por supervisionar a operação que as levavam para um auxiliar administrativo que fazia a tabulação dos dados em planilhas de Excel e eram divulgados aos gestores. O procedimento, apesar de funcional, tinha problemas e limitações, como perdas das folhas e consumo elevado de tempo para tabular os dados, gerando atrasos nas informações.

4.4 Caracterização do Sistema Eletrônico para Apontamento do Desempenho Operacional

O processo de digitalização dos dados gerados ocorreu por meio de uma empresa chilena que possui sede em Belo Horizonte, MG. O foco do produto foi realizar o monitoramento de máquinas de uma maneira abrangente. Essa empresa, na época, tinha maior experiência na área de mineração e estava expandindo para o setor florestal. Por isso, inicialmente houve a necessidade de adaptação das funcionalidades à realidade da colheita de madeira e carregamento.

O *hardware* utilizado nas máquinas foi composto por um *tablet* instalado no interior da máquina que funcionou como computador de bordo (Figura 2a). O equipamento foi pouco invasivo, pois ficava acoplado à cabine por um suporte e foi alimentado por uma fonte de 12/24V ligado à parte elétrica da máquina. Uma vez instalado, o dispositivo foi vinculado ao sistema e permitiu que o operador entrasse com um *login* e senha para realizar os apontamentos. A interface permitiu que o operador indicasse o horímetro da máquina, as operações que estavam sendo realizadas, o talhão e a produção. Recursos adicionais também foram disponibilizados, como *check-list* de inspeção, criação de ordens de manutenção e envio de mensagens. Além disso, o usuário podia acessar informações

cadastradas, como microplanejamento, mapa geral do local e textos com orientações sobre determinada tarefa ou talhão.



Figura 2a. Computador de bordo instalado no interior da máquina florestal.



Figura 2b. Caixa de abastecimento instalada no caminhão-comboio

Informações de abastecimento de combustível foram coletadas por um módulo específico instalado nos comboios que atendem as operações. Esse módulo foi composto pelo mesmo modelo de computador de bordo utilizado nas máquinas e uma caixa de abastecimento (Figura 2b). O módulo possui sensores para medição do volume de óleo diesel abastecido e leitor para cartões RFID (*Radio-Frequency Identification*). O responsável pelo abastecimento e a máquina foram identificados com a aproximação de cartões únicos, cadastrados previamente, no leitor. A caixa possuía ainda um teclado que permitia entrar com o horímetro atual da máquina.

A comunicação entre o computador de bordo e os servidores do sistema foi feita principalmente por rede de internet móvel 3G. Em locais onde o sinal estava disponível, os dados produzidos pelo operador foram enviados em intervalos curtos (em torno de 1 minuto) possibilitando o monitoramento em tempo real. Porém, em áreas afastadas, onde não havia cobertura, os dados foram armazenados na memória do dispositivo e enviados posteriormente quando a máquina retornou a um local com conexão adequada.

A comunicação podia ainda ser intermediada por um segundo computador de bordo caso o local fosse remoto, por meio de uma antena que amplificava um sinal *Wi-fi* por ele gerado. Assim, o computador de bordo instalado na máquina se conectava ao segundo dispositivo, que poderia estar instalado em um equipamento que visitava regularmente a área e locais com cobertura, descarregando os dados armazenados que eram transmitidos deste para o servidor do sistema. Por este

método havia, portanto, um atraso no envio dos dados, dependendo da frequência com que o veículo de apoio transitava pela área da operação.

A maior parte das áreas onde as máquinas operaram no período de estudo, dispunham de cobertura das operadoras de celular e todas eram abastecidas por veículo de apoio específico para a finalidade. Por isso, optou-se por instalar nos comboios de abastecimento as antenas amplificadoras de sinal *Wi-fi*, se tornando assim, o meio alternativo de transmissão de dados.

4.5 Interface do Sistema

4.5.1 Interface do Computador de Bordo

A interação do operador com o *software* do computador de bordo foi projetada para ser intuitiva, de fácil interpretação e possuir o menor número de passos nos procedimentos realizados. As funções foram configuradas para cada modelo de máquina, por exemplo, enquanto que o apontamento de produção de um *harvester* era o número de árvores colhidas (geralmente inserido ao final do turno), para o autocarregável era o número de viagens (geralmente inserido a cada viagem durante o turno). Apesar das configurações diferenciadas, e obviamente necessárias, os apontamentos seguiram um passo-a-passo comum.

Ao iniciar a jornada de trabalho, o operador inseria sua matrícula individual e o horímetro inicial. Então o operador escolhia uma tarefa, que poderia ser a derrubada, baldeio ou carregamento dependendo do modelo da máquina. Cada tarefa estava vinculada a determinada frente de serviço, fazenda e talhão. A qualquer momento, ele podia alternar entre tarefas de acordo com o que fosse realizado. Além disso, as produções, seja em número de árvores ou viagens, também eram inseridas e ficavam vinculadas às tarefas.

O sistema permitiu detalhar o que estava sendo realizado no momento, para isso, o operador escolhia entre estados produtivos, de paradas operacionais ou de manutenção em que a máquina se encontrava. Por exemplo, no caso do colhedor florestal, ao iniciar o turno o operador fazia uma inspeção na máquina e indicava no computador de bordo que estava fazendo essa atividade. Ao contrário dos apontamentos manuais, esse procedimento não foi feito através de códigos, mas com a escolha das atividades previamente definidas e disponibilizadas em menu.

Ao final da jornada de trabalho o operador informava o horímetro final e fazia o *logout*. Durante o turno, o software coletava informações de localização da máquina e contabilizava o tempo que foi utilizado em cada estado e tarefa, bem como havia a possibilidade de ser registrado o *check-list* de inspeção da máquina e a abertura de ordens de serviço de manutenção.

No caso dos comboios de abastecimento, a interação com o computador de bordo diferenciou-se das máquinas somente por não possuir apontamentos de produção. O controle das saídas de combustível era feito por um módulo de abastecimento instalado próximo ao medidor. Para realizar um abastecimento, o motorista utilizava o seu cartão RFID para liberação (pois, somente colaboradores autorizados podiam abastecer), utilizava o cartão RFID da máquina para identificá-la e digitava o seu horímetro. O sistema possuía um sensor que registrava o volume abastecido e ao final transmitia todas as informações para o computador de bordo por tecnologia *Bluetooth*.

4.5.2 Interface Web

O acesso ao sistema foi realizado através do site da empresa fornecedora. O usuário entrava com o seu *login* e senha e era encaminhado para uma tela com um mapa, onde estavam plotadas todas as máquinas, e menus com ferramentas e relatórios. Os operadores do sistema faziam os cadastros e acompanhavam os lançamentos, com a possibilidade de correção de informações inseridas no sistema. Os gestores também monitoraram as atividades das máquinas e seus respectivos desempenhos.

4.6 Implantação do Sistema e Divulgação das Informações

A implantação do sistema ocorreu gradualmente com adaptação de suas ferramentas e treinamento das equipes envolvidas. A empresa parceira, responsável pelo sistema, inicialmente não dispunha de relatórios adequados às necessidades. Por isso, optou-se por utilizar uma plataforma de *Business Intelligence* para gerenciar os dados do sistema, criando e divulgando relatórios e painéis de indicadores.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 O Processo de Implantação

5.1.1 Instalação dos Equipamentos

A instalação dos equipamentos foi inicialmente realizada pelos técnicos da empresa fornecedora. Posteriormente, dada a simplicidade do processo, foram disponibilizados alguns materiais, como tutoriais e vídeos, além da realização de treinamento com alguns colaboradores da empresa para que se tornassem aptos à realização dos procedimentos. Tal estratégia, possibilitou a diminuição do custo de instalação à medida que a frota de máquinas foi sendo ampliada e, conseqüentemente, demandava a instalação de novos equipamentos, pois evitava o deslocamento de pessoal da empresa responsável pelo sistema e gastos com diárias e hospedagem. As manutenções realizadas nos aparelhos, em sua maioria, eram problemas de *software* que podiam ser tratados remotamente. As falhas de *hardware* eram solucionadas com a substituição dos equipamentos para se evitar reparos específicos em campo, sendo os defeituosos enviados para a fornecedora. Porém, tais situações eram raras, dada a robustez e simplicidade das peças.

Inicialmente, foram instalados computadores de bordo somente nos equipamentos *harvester* e comboios de abastecimento. Essa decisão foi tomada para que se pudesse validar o sistema em máquinas que já possuíam um acompanhamento manual consolidado. Esta fase foi importante no processo, uma vez que permitiu a ambientação dos operadores e usuários do sistema, além da configuração e pequenas customizações do *software*. Não foi criada, no âmbito da empresa, uma central de monitoramento das operações, porém, foram definidos setores e pessoas responsáveis pelo acompanhamento do sistema, treinamentos e contato com o serviço de suporte ao cliente. Desse modo, à medida que os processos internos foram organizados e a experiência com a ferramenta crescia, expandiu-se o projeto aos autocarregáveis e guas de carregamento.

5.1.2 Treinamento

Assim como a instalação dos equipamentos, o treinamento das equipes foi realizado pela empresa responsável pelo sistema. Considerando a distância que a

frente de serviço se encontrava da cidade sede da empresa de tecnologia e do escritório, organizou-se os treinamentos de maneira a favorecer o auto aprendizado. Para isso, foram realizadas algumas reuniões demonstrativas com todos os envolvidos nas atividades de colheita para divulgar informações e tirar dúvidas sobre o sistema. Em seguida, os treinamentos foram realizados com os operadores e motoristas de comboio, bem como, com os supervisores e encarregados de campo. Também foram disponibilizados vídeos e material escrito para todos, além da criação de um canal de comunicação para que pudessem sanar eventuais dificuldades. A ideia ao final era que cada colaborador envolvido se tornasse um multiplicador dos conhecimentos práticos sobre o sistema.

Para direcionar melhor os apontamentos, o sistema possuía alguns alarmes. Caso a máquina começasse a se movimentar sem que o operador tivesse realizado o *login*, um sinal sonoro era emitido. O mesmo também ocorria caso ele tivesse apontado algum estado em que a máquina deveria estar parada e na verdade estava se movimentando e vice-versa. A sequência dos apontamentos e condicionantes fazia com que se evitasse esquecimentos e minimizava erros. Por exemplo, uma vez alocada determinada lista de tarefas para uma máquina, o operador poderia seguir apontando informações somente quando optasse por uma delas. Outra funcionalidade interessante eram as cercas eletrônicas, se, por meio do GPS, era identificado que a máquina estava fora de sua área de trabalho, o operador era advertido por mensagem e sinal sonoro. Essas características aumentaram a confiabilidade dos dados informados.

É fundamental o envolvimento de todas as partes que utilizam o sistema de apontamento eletrônico nas discussões e decisões. Isso permite que todos tenham um mesmo entendimento dos objetivos e das ações que são tomadas para atingi-los. Além disso, uma abordagem colaborativa contribui para que o sistema seja percebido como algo que contribui para a melhoria dos resultados e não algo impositivo e desnecessário.

5.1.3 Dificuldades de implementação

Dentre as dificuldades encontradas, as principais foram a confiabilidade e tempo para a disponibilização das informações. O processo mostrava-se pouco valorizado pelo pessoal de campo, que o considerava, muitas vezes, inútil e sem

sentido. Além disso, não existia padronização, cada gestor adotava o modelo que lhe parecia mais conveniente. Por isso, os BDMs vinham de campo muitas vezes incompletos, com erros ou rasurados. Como o procedimento era pouco valorizado, era comum o preenchimento do formulário somente ao final do turno, o que acarretava na anotação de dados imprecisos, uma vez que o operador contava somente com sua memória. Atrasos na entrega e eventuais perdas dos boletins incorriam em demora na divulgação das informações. A situação, além de gerar desconforto entre os colaboradores, interferia negativamente no desempenho das operações.

Desde o início, ficou muito claro que o principal desafio para que obtivesse êxito na adoção deste modelo de apontamento das atividades não eram limitações da tecnologia em si, mas o fator humano. O tempo do operador foi otimizado com a substituição das fichas em papel e padronização dos procedimentos, porém inicialmente houve resistência. Alguns colaboradores alegaram ter dificuldade para interagir com o computador de bordo ou que o apontamento eletrônico demandava mais tempo que o manual. Por isso, a divulgação de mais informações sobre as vantagens do sistema, estímulo por parte dos gestores e tratamento individualizado das dificuldades enfrentadas por cada colaborador foi decisivo para a aceitação. Ao contrário da telemetria, que lança mão de sensores para a mensuração de variáveis, destaca-se que o apontamento eletrônico depende da colaboração dos operadores para que os dados sejam colhidos.

A transmissão dos dados também era um desafio, a conexão 3G em áreas florestais ainda é dificultada, pois muitas delas não possuem a cobertura adequada para a transmissão de dados. Embora a fornecedora do sistema disponibilizasse a opção de comunicação via satélite, a empresa contratante optou por não instalar esse módulo, uma vez que os dois métodos principais traziam resultados dentro das expectativas. Além do mais, a transmissão via satélite possui um custo mais elevado e deve ser utilizada para o envio de dados que consumam menos da franquia. No caso, a empresa oferecia a possibilidade de transmitir informações de localização e horímetro, porém as paradas operacionais, mapas e outras, não eram realizadas por esta via.

O procedimento, também possuía limitações, especialmente por ser uma empresa prestadora de serviços. Quanto maior o número de máquinas envolvidas

na operação, maior era o número de boletins gerados e maior a exigência de tempo para tabulação dos dados, tempo esse muitas vezes limitado dentro das rotinas administrativas. Outro problema, era quanto à localização das sedes administrativas, a empresa possuía frentes de serviço distantes e em locais de difícil comunicação. Além da dificuldade de envio e recebimento dos BDMs, o contato entre as equipes de campo e escritório era prejudicado, diminuindo a sensibilidade sobre a veracidade das informações. Portanto, surgiu a necessidade da substituição do procedimento por outra técnica mais eficaz, como o apontamento eletrônico.

5.2 Monitoramento de Equipamentos

O sistema de apontamento eletrônico adotado pela empresa possuía diversas ferramentas que auxiliavam no monitoramento das operações de colheita e carregamento. A maior parte dos dados foram trabalhados em plataforma de *Business Intelligence* dada a maior facilidade de criação e modificação dos relatórios, uma vez que não foi requerido aprofundamento em linguagens de programação, porém, algumas funcionalidades ofertadas pelo sistema merecem ser discutidas aqui.

Ao acessar a interface *web*, o usuário visualizava um mapa com imagens de satélite e a localização de todas as máquinas. Também era possível adicionar as delimitações das unidades operacionais fazendas e talhões, como observado na Figura 3. Quanto à atualização das informações, dependiam da conexão do computador de bordo, se estivesse em área com cobertura de sinal de celular era realizada a cada minuto. Caso não estivesse, dependia da regularidade com que o veículo equipado com equipamento adaptado à coleta de dados visitava as áreas. No caso da empresa, as operações de colheita e carregamento eram assistidas diariamente pelo comboio de abastecimento, fazendo com que as informações não atrasassem mais que dois ou três dias, o que foi considerado aceitável.



Figura 3. Exemplo de mapa operacional.

Ao dar um clique sobre qualquer equipamento presente no mapa, o gestor tinha acesso a informações rápidas sobre o mesmo. Por exemplo, a tarefa sendo executada, nome do operador, a atividade sendo realizada naquele momento, a data e hora da última atualização, o histórico de estados entre outras. As cores, também auxiliavam na interpretação das informações, verde para equipamentos que estão em estado produtivo, amarelo para paradas operacionais e vermelho para manutenção. Deste modo, o gestor tinha um panorama geral de onde estavam ocorrendo as operações, o que estava sendo realizado e qual era o *status* de cada máquina. Isso é algo completamente novo em relação ao apontamento manual, que dependia de uma análise mais completa dos relatórios para se obter essa visão ampla das operações.

O mapa histórico, era outra funcionalidade diferencial do sistema. Através dela, o gestor podia visualizar o deslocamento da máquina, bem como as informações básicas dos equipamentos em determinado período (Figura 4).

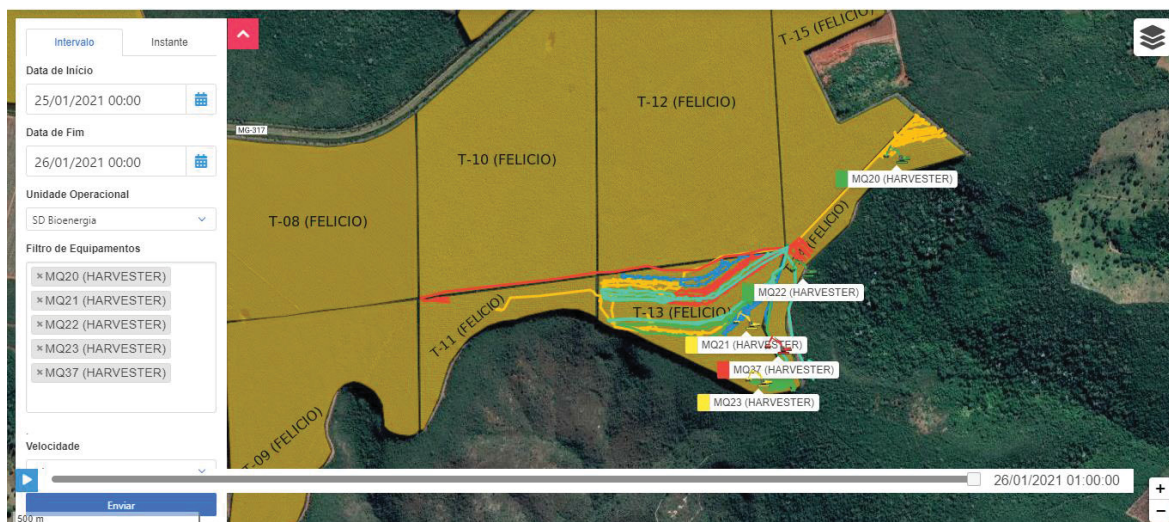


Figura 4. Exemplo de mapa histórico

Essa funcionalidade permitia ao gestor monitorar e corrigir eventuais falhas na operação, como deslocamento excessivo de máquinas e distribuição inadequada dentro das áreas. Esse histórico permitiu, por exemplo, identificar se os operadores estavam mantendo o distanciamento adequado entre as máquinas dentro do talhão, de modo a ter maior segurança. Outro ponto interessante, foi no monitoramento de qualidade, ao identificar uma falha, como comprimento de tora fora do padrão na operação de derrubada ou toras deixadas em campo no baldeio, era possível identificar a máquina e o operador que trabalhou naquela área. Isso permitiu que adequações mais direcionadas fossem realizadas, como a manutenção em equipamento específico e treinamentos de reciclagem para os operadores.

A funcionalidade denominada de “linha do tempo” permitia ao gestor acessar e comparar o histórico de estados das máquinas em cada turno (Figura 5). A ferramenta permitiu, por exemplo, acompanhar se o horário de refeições estava adequado, se houveram atrasos no transporte dos operadores ou se as inspeções estavam sendo realizadas antes de iniciar as operações como orientado.

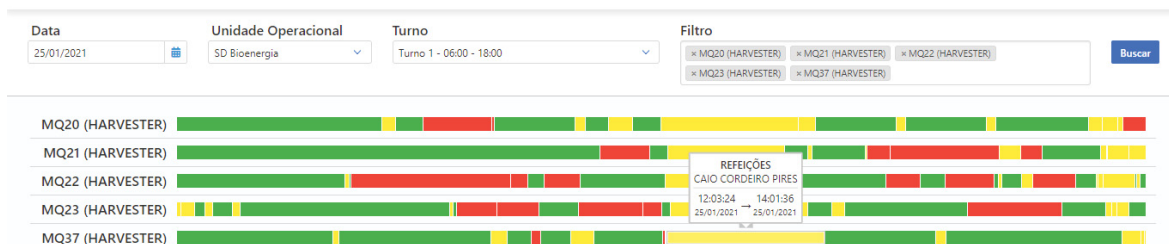


Figura 5. Exemplo de linha do tempo

Os comboios de abastecimento, assim como as máquinas também podiam ser monitorados com as ferramentas acima apresentadas, pois possuíam computador de bordo que funciona de maneira semelhante às máquinas. Para o gerenciamento de combustíveis, o sistema possuía ferramenta para controlar o estoque nos comboios e histórico de abastecimentos. Era possível gerar também relatório de consumo em litros por hora para as máquinas. Isso permitiu que pudessem ser melhor planejadas as demandas para as frentes de trabalho, evitando panes secas e identificando eventuais desvios.

O sistema oferecia ainda alguns relatórios em tabelas padrão. No entanto, os mesmos eram bem simples e fragmentados. Era necessário acessar várias tabelas para se conseguir as informações necessárias. Eventuais customizações desses relatórios eram demoradas, uma vez que dependiam do suporte técnico do sistema.

5.3 Gestão de Indicadores

Para extrair e processar os dados com o objetivo de gerar informações de valor para a empresa, foi criada uma conexão entre o banco de dados do sistema e uma plataforma de *Business Intelligence (BI)*. A partir desses dados então foi criado um relatório que ficou disponível dentro da plataforma *Web*. As atualizações das informações eram realizadas automaticamente quatro vezes ao dia, o que permitia que ao final de cada turno pudesse ser feita a análise de desempenho. Em suma, o *BI* permitia utilizar os dados em cálculos de indicadores, como disponibilidade mecânica, eficiência operacional e eficiência energética. Com os dados trabalhados, era possível gerar diferentes visualizações em tabelas, gráficos e painéis.

O relatório, de maneira geral, focou em quatro pontos: (1) o monitoramento de produção, seja no corte, baldeio ou carregamento; (2) o monitoramento dos tempos de paradas operacionais e de manutenção mecânica; (3) o monitoramento de consumo de combustível; e, (4) os indicadores de desempenho. Várias formas de visualização das informações foram criadas a propósito de atender diferentes públicos, como tabelas detalhadas por turno para os gestores operacionais e *dashboards* com informações mais generalistas para atender à diretoria.

5.3.1 Monitoramento da produção

Utilizando-se as funções de cálculo disponíveis no *software* de interpretação e análise de dados foi possível gerar métricas essenciais. Talvez uma das mais importantes para os setores de planejamento e controle da produção (PCP) e financeiro da empresa são os volumes de madeira colhidos e transportados, pois permite avaliar se os custos estão condizentes com o que foi gerado e projetar as receitas.

Para o cálculo do volume produzido no corte mecanizado com *harvester* multiplicou-se o número de árvores colhidas pelo volume médio individual sem casca (VMlsc) em metros cúbicos por árvore. Assim, se obteve o volume total em metros cúbicos de madeira processada. As informações de VMlsc eram obtidas do inventário pré-corte, a nível de talhão, disponibilizado pelas empresas clientes.

No caso do baldeio com autocarregável, a produção era computada através da soma dos volumes por viagem. No momento do apontamento o operador selecionava entre opções de volumetria para aquela viagem. A seleção foi disponibilizada de acordo com os volumes médios das caixas de carga dos diferentes modelos de máquina utilizados e frações destes, caso a viagem não fosse completa. Por exemplo, para um determinado modelo, a média transportada era de 16 m³, então, além de opções com o valor total, havia também viagens de 12 m³ e 8 m³.

Os volumes carregados pelas guias, de maneira similar ao baldeio, também eram obtidos pela soma dos apontamentos de volume para cada carreta carregada. Médias volumétricas foram determinadas para os diferentes conjuntos de semireboques (bitrem, tritrem ou rodotrem), utilizados no transporte, e disponibilizados para seleção no computador de bordo.

A mensuração precisa da produção das máquinas florestais é possível em alguns casos, mas ainda é um desafio. Os *harvesters* modernos são equipados com computador de bordo e sistema GNSS de precisão. Esses equipamentos são capazes de mensurar, com auxílio de sensores no cabeçote, os troncos das árvores colhidas e relacionar com a sua localização, permitindo, inclusive, gerar mapas de produtividade (OLIVERA e VISSER, 2016). Em contraste, a determinação dos volumes baldeados ou carregados é complexa de se realizar, mesmo com a utilização de sensores. No âmbito da empresa onde este trabalho foi desenvolvido,

por exemplo, a quantidade real de madeira carregada era conhecido somente após a medição na fábrica.

Levando em consideração as limitações do método de obtenção dos volumes, era realizada a auditoria dos dados. O objetivo era identificar possíveis erros de apontamento. Sempre que era encontrado algo incomum, as informações eram repassadas para o gestor das operações de campo que realizava a verificação do ocorrido, e os devidos ajustes e correções eram feitos se necessários. Os números estimados se aproximavam bastante da realidade e atenderam às expectativas da empresa. Por isso, tornaram-se importantes no acompanhamento do cumprimento das metas.

5.3.2 Monitoramento de paradas

O monitoramento de paradas é um fator importante, pois influencia diretamente na produção das máquinas. A empresa escolheu separar os tipos de paradas em dois grupos: (1) paradas operacionais e (2) paradas mecânicas. O primeiro se trata de paradas relacionadas a motivos diversos em que a máquina está disponível, mas não está produzindo. Por exemplo: atrasos no transporte das equipes para campo, refeições, deslocamento, entre outros. O segundo, se trata do tempo em que a máquina não está disponível por estar recebendo algum tipo de manutenção ou abastecimento. É importante destacar que não existe um padrão para se definir o que são paradas operacionais e paradas mecânicas, cada empresa as classifica e as avalia de acordo com seus critérios.

A princípio, houve uma separação entre operadores e mecânicos quanto à responsabilidade de detalhamento das paradas operacionais e mecânicas. Os operadores aprofundariam as informações de paradas operacionais através do apontamento de estados. Também apontariam as paradas mecânicas de maneira mais genérica. Os mecânicos, por sua vez, com o auxílio de ordens de serviço, informariam sobre o que foi executado em cada intervenção realizada na máquina. Muitas vezes, por se tratarem de manutenções mais longas, nem sempre o operador estava presente, não sendo possível para ele informar quais peças foram trocadas ou quais procedimentos foram realizados.

Em relação ao monitoramento de paradas operacionais, a implantação foi concluída. No entanto, a ferramenta para geração de ordens de serviço apresentou

problemas e não foi implantado em sua totalidade até o final da data de estudo. Por isso, não foi possível gerar informações sobre as manutenções como se esperava, somente contabilizando de forma geral as horas utilizadas na manutenção. A expectativa era que, uma vez sanados os problemas, se conseguisse obter informações de manutenção em níveis diversos. Por exemplo, o tipo de manutenção (preditiva, preventiva ou corretiva), local (máquina base ou implemento) e até mesmo quais os reparos realizados e peças aplicadas ou substituídas.

5.3.3 Monitoramento do consumo de combustível

O combustível é um dos insumos mais importantes para a colheita florestal mecanizada por ser essencial e representar uma grande parte dos custos de produção. Por esta razão, especial atenção foi dada ao monitoramento de seu consumo. Os principais objetivos são garantir o fornecimento adequado de combustível nas diversas frentes de serviço e acompanhar a eficiência de consumo pelas máquinas. Para isto, foram criados relatórios de histórico de abastecimento e de consumo. Isso possibilitou fazer previsões de demandas diárias e mensais e avaliar se há desvios, que podem ter diversas razões, como a necessidade de manutenção da máquina ou mesmo se houve perdas de insumos.

O consumo de combustível (l/h) das máquinas foi obtido dividindo-se o volume abastecido em litros pelo número de horas de funcionamento do motor em determinado período conforme a equação 1. O número de horas de funcionamento do motor era obtido através da subtração do horímetro atual pelo anterior. Era possível determinar o consumo a cada abastecimento ou para um determinado período.

$$CC = \frac{Va}{h} \quad (1)$$

Em que: CC é o Consumo de Combustível (l/h); Va é o Volume Abastecido (l); e h é Tempo de Funcionamento do Motor (horas).

O sistema demonstrou vantagens em relação ao método anterior. A confiabilidade no volume de combustível aplicado aumentou, pois este é mensurado automaticamente pelo sistema, evitando erros de leitura ou anotação por parte do motorista. O fato de as informações de abastecimento estarem

centralizadas em um só local e serem continuamente atualizadas também contribuiu para a efetividade do suprimento de insumos. O sistema também visava o controle eletrônico de óleos lubrificantes e graxas, porém esse módulo estava vinculado às ordens de manutenção, e ficaram para um próximo passo de desenvolvimento.

5.3.4 Indicadores de desempenho operacional escolhidos

Com base nos valores de produção e de horas trabalhadas e paradas foram criados indicadores que auxiliam na interpretação das informações por trazê-las mais resumidas e padronizadas. A produtividade, é um dos principais para as operações florestais. Adotou-se a unidade metros cúbicos por hora para todas as máquinas de colheita e, no intuito de levar uma referência mais próxima à equipe de campo, adotou-se também árvores por hora para o *harvester* e viagens por hora para o autocarregável. O cálculo é simples e consiste em dividir a produção (em metros cúbicos) pelo tempo efetivo trabalhado (em horas) como na fórmula apresentada abaixo.

$$Pr = \frac{Pd}{TE} \quad (2)$$

Em que: Pr é Produtividade (m³/h); Pd é Produção (m³); e TE é Tempo Efetivo (horas) durante a jornada de trabalho.

Para a operação de carregamento, o indicador de produtividade empregado foi o tempo médio de carregamento. Quanto menor é o tempo médio de carregamento, melhor o desempenho da operação, pois evita a formação de filas e diminui o tempo total da viagem no transporte. Dividindo-se o tempo efetivo de trabalho pelo número de veículos carregados, como na equação abaixo, obtém-se o mesmo.

$$TMC = \frac{TE}{NC} \quad (3)$$

Em que: TMC é o Tempo Médio de Carregamento (horas/viagem); TE é o Tempo Efetivo (horas); e NC é o Número de Veículos Carregados.

A disponibilidade mecânica (equação 4), disponibilidade técnica (equação 5) e a eficiência operacional (equação 6) compõem os principais indicadores desempenho das máquinas. A partir deles foi possível determinar se a utilização

estava sendo eficiente e onde intervir para a melhoria. Para isso, utilizou-se as seguintes equações:

$$DM = \frac{(TP - TM)}{TP} \times 100 \quad (4)$$

Em que: DM é Disponibilidade Mecânica (%); TP é Tempo Programado (horas); e TM é Tempo consumido com Manutenção (horas)

$$DT = \frac{TE}{(TP - TM)} \times 100 \quad (5)$$

Em que: DT é Disponibilidade Técnica (%); TE é Tempo Efetivo (horas); TP é Tempo Programado (horas); e TM = Tempo consumido com Manutenção (horas).

$$EO = \frac{TE}{TP} \times 100 \quad (6)$$

Em que: EO é Eficiência Operacional (%); TE é Tempo Efetivo (horas); e TP é Tempo Programado (horas).

A eficiência energética é uma relação entre o volume de combustível utilizado e o volume de madeira produzido. Para o cálculo deste indicador utilizou-se a equação abaixo:

$$EE = \frac{CB}{VP} \quad (7)$$

Em que: EE é Eficiência Energética (l/m³); CB = Combustível utilizado (l); e VP é Volume Produzido (m³).

Deve-se notar que existem diferentes indicadores e a empresa deve eleger os que mais se aplicam à sua realidade. Na escolha, é importante levar em consideração a simplicidade. Uma vez definidos, devem ser de fácil entendimento pelos gestores e demais profissionais que os manipulam. Além disso, o sistema deve ser capaz de coletar dados confiáveis e de maneira constante para que os indicadores forneçam uma informação consistente.

5.3.5 Relatórios

O produto final gerado pelo sistema de apontamento eletrônico foi o relatório gerencial. Através dele foi possível integrar, padronizar e automatizar diversos controles adotados pela empresa, assim como foram gerados diversos painéis com informações apresentadas em vários formatos para atender as demandas de

gestores com atribuições e interesses distintos, sendo apresentados os mais relevantes.

O relatório, disponível para a visualização dos gestores dentro da própria plataforma *web*, foi composto de painéis organizados em um menu conforme a Figura 6.



Figura 6. Menu principal do relatório.

Para cada operação foram criados blocos de relatórios com uma visualização mais abrangente, os *dashboards*, e tabelas com temáticas variadas. Da mesma forma, foi criado um bloco que trata especificamente do comboio e abastecimento. Para o acompanhamento da produção, foram produzidas a tabela de estoque de madeira e a de acompanhamento de projetos. O período que se tratam as informações pode ser alterado através dos filtros, no entanto, os painéis foram pensados para serem visualizados de maneira mensal. Por isso, a exemplificação foi realizada tomando como base o mês de setembro de 2020.

A figura 7 demonstra o painel visual que representa de maneira centralizada os dados do corte mecanizado com o *harvester*. Neste tipo painel, foram inclusas informações mais resumidas e visuais das operações. Inclui-se o volume produzido total, em todas as frentes de serviço, e um ritmo, que é o que se esperava produzir até o final daquele mês se a produtividade se mantivesse. Também foram incluídos

gráficos com informações de produção diária e por cliente. A produtividade e consumo, bem como os indicadores de desempenho para o período também foram adicionados.

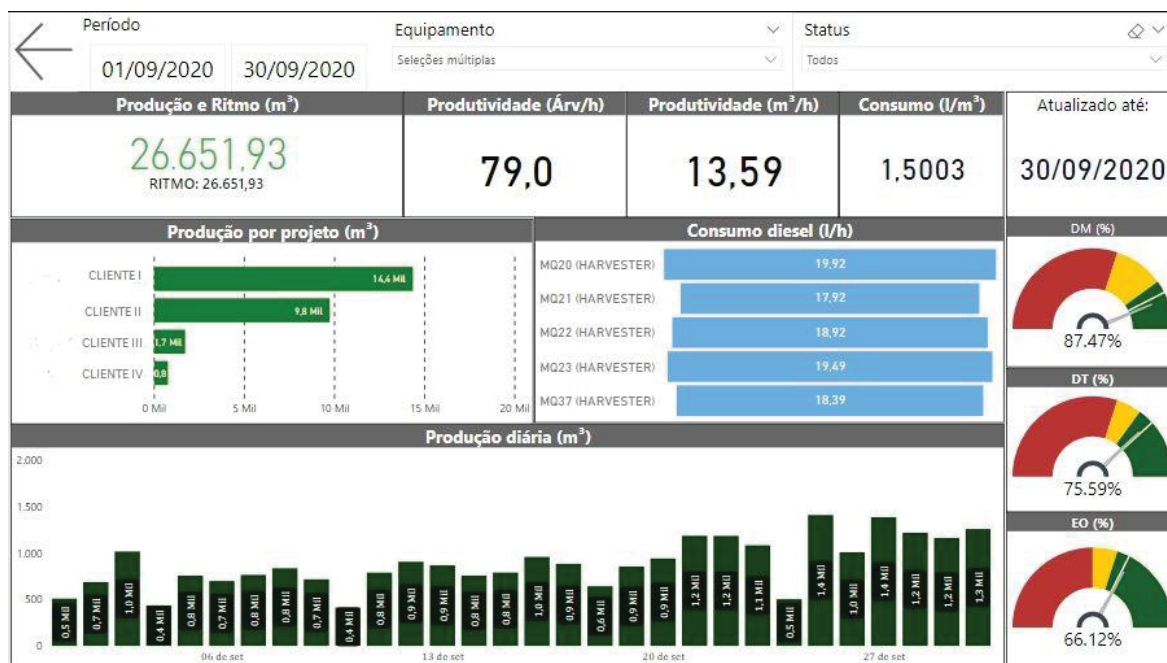


Figura 7 - Exemplo de Dashboard.

Visualizações semelhantes foram montadas para as operações de baldeio e carregamento, além do abastecimento com o comboio, paradas e os estoques. É interessante notar que se concentra em uma só tela uma variedade de informações, estas auxiliam a identificar de maneira rápida e fácil os problemas na operação. Por exemplo, notou-se para as operações de corte e baldeio uma variação diária de produção muito grande, combinada com baixa disponibilidade mecânica. Isso permitiu ao gestor das operações demonstrar à gerência a necessidade de dedicar uma equipe com conhecimento mais especializado a compra de peças. Ficou ainda mais evidente, quando se analisou o painel de manutenção e observou-se que as máquinas ficavam paradas por muito tempo aguardando materiais, que deveriam estar em estoque, porém por falha no setor de compras tiveram que ser adquiridas com urgência a um custo maior e acarretando atrasos na manutenção.

O relatório de estoques, por sua vez, consolidou as informações de produção de todas as operações. Isso permitiu fazer estimativas de volume colhido a baldear e empilhado por talhão, considerando também o que estava sendo expedido pelo transporte. O gestor, com essas informações em mãos conseguiu planejar melhor a alocação das máquinas, além de orientar a equipe de transporte. O controle de

estoques é essencial para garantir um suprimento adequado nas frentes de transporte. É importante ter em mente se a madeira está em local com condições de acesso adequado e dentro das especificações de secagem e qualidade.

A figura 8 demonstra uma das tabelas mais voltadas para a equipe operacional. A ideia foi levar uma maior riqueza de detalhes sobre a operação para que o gestor das operações de campo fizesse avaliações mais assertivas. Em todas as tabelas foram adicionados vários filtros e habilitado recurso de “*drill down*”, que permite expandir a tabela. Por exemplo, na figura 8 podemos observar que os detalhes da operação com o *harvester* foram consolidadas por dia, e além dos filtros, podia ser expandida exibindo as informações por turno.

CONSOLIDADO POR DIA (HARVESTER)										
Dia Relativo	Horas Operacionais (h)	Horas Improdutivas (h)	Horas Manutenção (h)	Árvores (n)	Produção (m³)	Produtividade (árv/h)	Produtividade (m³/h)	DM (%)	EO (%)	DT (%)
01/09/2020	48,90	14,93	13,47	3620	509,67	74,03	10,42	82,56%	63,26%	76,61%
02/09/2020	66,53	18,65	10,82	5787	688,66	86,99	10,35	88,73%	69,30%	78,10%
03/09/2020	68,21	21,57	6,22	7446	1.017,50	109,16	14,92	93,52%	71,06%	75,98%
04/09/2020	53,85	26,39	15,50	3762	437,15	69,86	8,12	83,81%	56,25%	67,11%
05/09/2020	66,81	21,91	6,66	5544	757,04	82,98	11,33	93,00%	70,03%	75,30%
06/09/2020	57,74	20,79	16,68	4628	699,38	80,16	12,11	82,48%	60,65%	73,52%
07/09/2020	54,96	26,17	14,80	4238	765,48	77,12	13,93	84,57%	57,29%	67,74%
08/09/2020	58,78	21,30	4,43	4575	836,61	77,83	14,23	94,76%	69,56%	73,41%
09/09/2020	51,24	19,15	5,12	4001	717,89	78,09	14,01	93,22%	67,86%	72,80%
10/09/2020	35,66	14,57	8,83	2860	413,65	80,21	11,60	85,04%	60,38%	70,99%
11/09/2020	54,93	18,33	10,83	4274	789,72	77,81	14,38	87,12%	65,32%	74,98%
12/09/2020	63,34	15,62	5,22	4970	906,93	78,46	14,32	93,80%	75,24%	80,22%
13/09/2020	63,28	17,66	3,17	4820	868,44	76,17	13,72	96,23%	75,23%	78,18%
14/09/2020	55,06	13,57	15,64	4161	757,57	75,58	13,76	81,44%	65,33%	80,22%
15/09/2020	54,25	23,11	12,93	4487	790,42	82,70	14,57	85,68%	60,08%	70,12%
16/09/2020	67,74	20,43	7,83	5532	959,35	81,66	14,16	91,85%	70,57%	76,83%
Total	1.961,75	633,53	371,65	154942	26.651,93	78,98	13,59	87,47%	66,12%	75,59%

Figura 8 - Exemplo de tabela consolidada por dia.

As tabelas criadas utilizando-se o *software* representaram um avanço em relação ao que era praticado anteriormente. O Excel, programa do pacote *Microsoft Office*, era utilizado para consolidar as tabelas e gráficos, porém, além da necessidade de atualização diária manual, fazia com que o gestor de campo tivesse a necessidade de utilizar microcomputador. Com a utilização do sistema, bastava conexão à *internet* para que pudesse analisar as informações em campo. Além disso, diminui-se a necessidade da constante criação de novas planilhas, que devido ao volume de dados, ficavam lentas e pesadas para o envio dessas por e-mail. Portanto, o processo administrativo foi otimizado.

É importante notar que para que o sistema de apontamento eletrônico seja efetivo, é essencial que tenha métodos automatizados de geração de relatórios. O grande volume de dados e necessidade de atualização rápida e constante das informações demanda soluções mais robustas e menos dependentes de intervenção humana. *Softwares de Business Intelligence* atendem a esses requisitos uma vez que podem se conectar a vários tipos de banco de dados e possuir interface mais simples, que não exige conhecimentos de programação, para construção de visualizações interativas.

5.3.6 Key Performance Indicators (KPI)

Os indicadores-chave ou KPI foram implementados como um elo entre a avaliação realizada no escritório e a realizada rotineiramente pelos operadores. Os KPIs são métricas elegidas como essenciais para a avaliação de determinada atividade ou negócio. Geralmente são voltadas à gestores e diretores, mas nesse caso foram voltadas para os operadores de máquinas para que pudessem acompanhar a performance da máquina durante seu turno.

Foi disponibilizada uma tela com os KPIs de disponibilidade mecânica, disponibilidade técnica, eficiência operacional e produtividade que eram calculados em tempo real da mesma forma como no relatório no computador de bordo da máquina. Isso contribuiu para que os próprios colaboradores conhecessem e avaliassem o seu desempenho e tivesse a oportunidade de discutir com os seus pares. Operadores e gestores passaram a observar a operação sob uma mesma ótica e participar mais na proposição de solução de problemas e melhorias na execução das atividades.

5.4 Planejamento e Segurança

A segurança nas operações está associada a um bom planejamento, algo fundamental na área florestal. Nesse sentido, o sistema trouxe algumas funcionalidades que se somam ao trabalho já realizado pela empresa. As principais são: o acesso facilitado a mapas de bordo e microplanejamento por parte dos operadores e a digitalização do *check-list*.

5.4.1 Mapa de Bordo e Microplanejamento

O sistema disponibilizou uma tela no computador de bordo com um mapa da área, que deve ser previamente cadastrado. O mapa consistia na feição geral das fazendas ou talhões. Também foi exibido ícone indicando a posição da máquina dentro da área. Apesar de simples, foi essencial quando se trata de áreas florestais, que são geralmente extensas e algumas vezes de difícil orientação. Essa ferramenta contribuiu com a diminuição de papéis dentro da máquina, uma vez que não é mais necessário disponibilizar o mapa impresso.

Informações mais detalhadas sobre a área podem ser encontradas no microplanejamento. Este consiste em um mapa em extensão .pdf que é vinculado a cada tarefa. Assim como no mapa de bordo, a posição da máquina também é indicada, caso o arquivo seja georreferenciado. Informações específicas para a tarefa estão neste mapa, como, por exemplo, a localização das pilhas de madeira para a operação de carregamento de determinado talhão. O microplanejamento também é importante para a segurança, pois também é incluída a posição de obstáculos e riscos às máquinas, como caixas de contenção, mudanças de declividade e redes elétricas.

O microplanejamento, que ficava muitas vezes no quadro de gestão à vista, agora pode ser consultado com bastante facilidade dentro da cabine a qualquer momento pelo operador. Esse foi um detalhe importante pois nivelou as informações disponibilizadas e diminuiu o risco de acidentes do trabalho.

5.4.2 *Check-list*

O *check-list* de inspeção do equipamento também é realizado eletronicamente. O mesmo consiste em uma lista de verificação de itens a se inspecionar específico para cada modelo de maquinário, como nível do óleo do motor, condições das esteiras ou pneus entre outros. O operador pode reportar cada item como conforme ou não-conforme de acordo com suas observações. Os gestores e responsáveis pela segurança podem acessar as informações e propor a melhor maneira de corrigir falhas. Informações de data e hora e o nome do responsável pela inspeção também são registradas possibilitando acompanhar se a mesma está sendo realizada da maneira e ao tempo necessário. Antes, o mesmo era realizado em papel, que era facilmente perdido. Outra dificuldade, era o

arquivamento e a composição de histórico de inspeções. Agora, as informações são auditáveis.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O sistema de apontamento eletrônico se mostrou interessante como uma alternativa ao método tradicional de apontamento. O sucesso na implantação depende do estabelecimento de objetivos e do envolvimento de toda a equipe. A participação dos colaboradores no processo contribui para a aceitação e assimilação da tecnologia como algo que vem para dar mais dinâmica às operações.

A tecnologia se mostrou adequada às aplicações na colheita e carregamento florestal, trazendo maior facilidade na coleta e processamento de dados e melhorando a interação entre o escritório e o campo. Se mostrou eficiente em coletar informações com mais qualidade e detalhamento e facilitou o entendimento do planejamento das operações no campo. Ademais, contribuiu para o aumento da segurança.

A aplicação de *Business Intelligence* para a transformação dos dados em informação foi interessante por permitir uma maior flexibilidade na criação de relatórios. Isso permite que a empresa decida como os dados são interpretados sob a sua visão de gestão. É imprescindível que o sistema de apontamento eletrônico disponha de recursos para geração automática de relatórios para que seja efetivo.

Como sugestão para futuros trabalhos, sugere-se explorar como o sistema de apontamento eletrônico pode ser integrado com a telemetria. A utilização de sensores para propósitos específicos e a coleta de informações geradas diretamente pela máquina, pois podem diminuir a necessidade de apontamento por parte do operador e acrescentar informações novas para a análise. Outro estudo interessante seria a integração do sistema de apontamento com sistemas de gestão adotados pelas empresas conhecidos como *Enterprise Resource Planning* (ERPs). Por fim, como há um grande volume de dados sendo gerados, inclusive muitas vezes georreferenciados, trabalhos que utilizam inteligência artificial poderiam contribuir para análises mais aprofundadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARLOS, F., LOPES, S., CARDOSO, M., VILIOTTI, C. Utilização de sensores em máquinas florestais. 7º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL – SIF, vol 1. 2005, ES.

COSTA, F. A., SOUSA, R. A. T. M., LEITE, A. M. P. Transporte rodoviário de madeira: um estudo de caso na Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 6., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFV/SIF, 2003. p.349-363.

FARIAS, A. O.; VISSER, Rien. Using the harvester on-board computercapability to move towards precision forestry. **New Zealand Journal of Forestry**. Canterbury, p. 3-7. fev. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301469843_Using_the_harvester_on-board_computer_capability_to_move_towards_precision_forestry. Acesso em: 17jun. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Planning forest roads and harvesting systems**. Rome: FAO, 1977. 148 p.

GONÇALVES, A. F. **A Colheita Florestal do Século XXI**: “Foco nas novas estruturas e tecnologias aplicadas à colheita mecanizada de corte raso de eucalipto”. 2008. 58 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2020**. 66 p.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C (Editor.). **Colheita Florestal**. 3ed. Viçosa-MG: UFV, 2014. p. 46-73.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. 543 p.

MACHADO, C. C. **Exploração florestal**. 4 ed. Viçosa, MG: UFV. Impr. Univ., 1985. 60 p.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; CASTRO, G. P. Sistemas. In: MACHADO, C. C (Editor.). **Colheita Florestal**. 3 ed. Viçosa-MG: UFV, 2014. p. 178-205.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, v. 36, n. 2, p. 169-182, 2006.

OLIVEIRA, G. S. *et al.* Gestão da qualidade com ênfase no setor florestal. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 2, p. 97-105, abr. 2019. Disponível em:

<http://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/21023/14550>.
Acesso em: 05 ago. 2021.

POKORNY, B.; PALHETA, C.; STEINBRENNER, M. **Custos de operações florestais: noções e conceitos**. (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0513; 373). Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

SANTOS, P. H. A.; SOUZA, A. P.; MARZANO, F. L. C.; MINETTE, L. J. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com clambunck skidder. **Revista Árvore**, v. 37, n.3, p. 511-518, 2013.

SCORUPSKI, A. J.; OLIVEIRA, F. M.; DINIZ, C. C. C.; LOPES, E. S. Produtividade do processamento mecanizado da madeira de pinus nos sistemas full tree e cut to length em diferentes volumes individuais. **Biofix Scientific Journal**, v. 2, p. 6-22, 2017.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus* sp. com Harvester. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 745-753, 2010.

TANAKA, O. P. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, n. 141, p. 24-30, 1986.

VIEIRA, G.C. *et al.* Custos Operacionais e de Produção na Atividade Mecanizada de Corte Florestal. **Nativa**, v. 4, n. 5, p. 342-346, 2016. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n05a12>.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.