

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM MANEJO FLORESTAL DE PRECISÃO

SIELITO MAURO ARNHOLD

**ANÁLISE DO DESEMPENHO OPERACIONAL DA COLHEITA FLORESTAL
ADOTANDO O SISTEMA DE MONITORAMENTO *TIMBERFLEET***

CURITIBA

2020

SIELITO MAURO ARNHOLD

**ANÁLISE DO DESEMPENHO OPERACIONAL DA COLHEITA FLORESTAL
ADOTANDO O SISTEMA DE MONITORAMENTO *TIMBERFLEET***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de MBA em Manejo Florestal de Precisão.

Orientador: Prof. Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert

CURITIBA

2020

RESUMO

Este estudo visa apresentar uma solução sistêmica desenvolvida para a colheita florestal de madeira em uma empresa Prestadora de Serviços. O objetivo principal do trabalho é solucionar a problemática de transmissão dos dados de produção e operação das máquinas florestais (*Harvester* e *Forwarder*), antes realizado de forma manual, integrando, de forma automática, estes dados ao Sistema de Gestão Empresarial da empresa. Para tal, foram aplicados os conceitos de floresta 4.0 suportados pelo IoT (internet das coisas), sistema de telemetria e comunicação via satélite, as análises foram realizadas através de cálculos no Excel e resultados observados em *dashboards* produzidos no software Power BI. Os resultados encontrados foram significativos, com um aumento de 5,66% na produtividade dos equipamentos, de 2,09% na eficiência operacional além da redução significativa de horas de digitação e ganhos qualitativos como o monitoramento online das máquinas. Com a produções obtidas demonstrasse os benefícios que o uso de mais tecnologia no setor florestal pode oferecer e também justificar seu investimento, de modo que é necessário a instalação dos equipamentos de recuperação e transmissão dos dados, treinamento e preparação da equipe envolvida, além do desenvolvimento de interfaces para o sistema receptor dos dados e implantação da solução em um ambiente de produção.

Palavras-chave: Colheita Florestal. Gestão Florestal. Monitoramento. Rastreamento. Telemetria. Transmissão de Dados. Floresta 4.0.

ABSTRACT

This study aims to present a systemic solution developed for the wood harvesting of the company Service provider. The main objective of the work is to solve the problem of transmission of production and operation data of forest machines (Harvester and Forwarder), previously done manually, automatically integrating this data to the company's Enterprise Management System. For that, we applied the concepts of forest 4.0 supported by IoT (internet of things), telemetry system and satellite communication, the analyzes were performed through excel calculations and results observed in Dashboards produced in Power BI software. The results were significant, with a 5,66% increase in equipment productivity, an 2,09% increase in operating efficiency, a significant reduction in typing hours, and qualitative gains such as online machine monitoring. With the results found it is expected to demonstrate the gains that the use of more technology in the field can offer and also justify the investment, so it is necessary to install the equipment of data recovery and transmission, training and preparation of the involved team, besides. developing interfaces to the data receiver system and deploying the solution in a production environment.

Keywords: Forest Harvest. Forest Management. Monitoring. Tracking. Telemetry. Data Transmission. Forest 4.0.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de Boletim de bordo preenchido pelo operador.....	20
Figura 2: Layout do software do Sistema de Gestão (responsável pelo lançamento de produção Harvester/Forwarder).....	21
Figura 3: Interface do Timberfleet para acesso de dados no equipamento.....	22
Figura 4: Tela de importação de dados do Timberfleet.....	24
Figura 5: Tela de importação/confirmação dados do Timberfleet.....	25
Figura 6:Tela de monitoramento dos equipamentos em tempo real.....	25
Figura 7: Portal de acompanhamento dos equipamentos em aplicativo para smartphone. ...	26
Figura 8: Dashboard equipamento sem telemetria.....	28
Figura 9: Dashboard equipamento com telemetria.....	29
Figura 10: Dashboard da produção de corte no equipamento com telemetria.....	29
Figura 11: Dashboard da produção de corte no equipamento sem telemetria.....	30
Figura 12: Ilustração gráfica de tempo de funcionamento do equipamento com telemetria..	32
Figura 13: Dashboard de indicadores Harvester.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios da produção do equipamento sem telemetria em relação ao equipamento com telemetria.	30
Tabela 2: Controle de funcionamento do equipamento com telemetria.	31
Tabela 3: Valores médios de tempo de funcionamento do equipamento com telemetria.....	32
Tabela 4: Horas trabalhadas em cada fase de coleta de dados no equipamento nos dois diferentes momentos (com e sem telemetria).....	Erro! Indicador não definido.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 A IMPORTÂNCIA DO SETOR FLORESTAL BRASILEIRO	10
2.2 A COLHEITA FLORESTAL.....	11
2.3 O USO DE SISTEMAS DE GESTÃO EMPRESARIAL NO SETOR FLORESTAL	13
2.3.1 Telemetria: definição e aplicações.....	14
2.3.2 A integração entre telemetria e os Sistemas de Gestão	15
2.3.3 <i>Internet of Things</i> - IoT (Internet das Coisas)	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 A EMPRESA.....	17
3.2 O PROCESSO FLORESTAL	17
3.3 SISTEMA DE GESTÃO	18
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	19
3.5 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	19
3.6 O PROJETO DE MONITORAMENTO E TELEMETRIA DA COLHEITA FLORESTAL.....	21
3.6.1 Instalação e operação do sistema do equipamento	22
3.6.2 Integração do <i>Timberfleet</i> com o Sistema de Gestão Florestal	23
3.7 RASTREAMENTO E MONITORAMENTO DAS OPERAÇÕES.....	25
3.8 EFICIÊNCIA OPERACIONAL.....	27
3.9 COLETA DE DADOS	27
4 RESULTADOS	28
4.1 AUMENTO DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL.....	28
4.2 AUMENTO DA PRODUTIVIDADE.....	29
4.3 REDUÇÃO NAS HORAS DE MOTOR LIGADO SEM OPERAÇÃO	31
4.4 GESTÃO DE INDICADORES.....	32
5 CONCLUSÕES	33
6 REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

As atividades de trabalho desempenhadas no ambiente florestal, em seu contexto histórico, geralmente apresentavam uma estrutura rústica, sem muitos recursos, incluindo assim, muito pouco ou nenhum uso de tecnologia no setor. O não investimento gera estagnação, o que, conseqüentemente, afeta a segurança e bem-estar do operador e também da equipe de trabalho, assim como a produtividade dos equipamentos.

Segundo Gonçalves (2008), devido à grande relação do setor florestal com as receitas brasileiras e sua forte inserção no contexto industrial global, atualmente o setor vive uma época de revolução através dos avanços tecnológicos. Todavia, vale ressaltar que inúmeros obstáculos ainda precisam ser superados no dia a dia das empresas que realizam operações florestal para que se alcance a excelência operacional. Nesse sentido, a aquisição dos dados de desempenho dos equipamentos com qualidade e agilidade se torna fundamental para tomada de decisões.

As inovações no setor de colheita florestal transcorrem em diferentes segmentos, desde o maquinário de corte, processamento e baldeio de madeira, até o setor administrativo e de apoio operacional (GONÇALVES, 2008), estando inserido neste último, a forma de obtenção e repasse dos dados de colheita obtidos em campo.

Poder receber em tempo real as informações dos equipamentos em campo possibilita ao gestor realizar controle nas diretrizes, melhor tomada de decisões e ainda a padronização dos dados por se disporem em grande quantidade, tudo isso com a vantagem de poder ser realizado em qualquer lugar que o gestor esteja.

Ter acesso aos dados de forma prática e com valores reais, sem erros ou possíveis alterações é fundamental para a gestão nas operações florestais. Nesse sentido, nota-se a tendência no uso de tecnologias envolvendo a obtenção e repasse dos dados da colheita florestal, tais ferramentas vem se tornando indispensáveis para o bom gerenciamento e ganho de produtividade nas operações de colheita.

Devido à falta de trabalhos que apontem a importância de investimentos para obtenção e análise de dados da colheita florestal e, principalmente, à adequação das condições de trabalho no ambiente de produção, é fundamental o desenvolvimento de trabalhos que abordem este tema, o que justifica a elaboração do presente estudo.

Dados da Indústria Brasileira de Árvores Plantadas (IBÁ), apontam o setor brasileiro de árvores plantadas como responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB Industrial no país, sendo a área de reflorestamento do Brasil de 7,84 milhões de hectares, com maioria dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Além disso, o setor florestal é um dos segmentos com maior capacidade de contribuição para a construção de uma economia verde.

Mesmo com bastante área de floresta, produtos e economia gerada, o setor florestal brasileiro ainda apresenta muitas carências, principalmente em relação à tecnologia de operação, Oliveira e Oliveira (2017) abordam a necessidade de formular estratégias e instrumentos que apoiem a atividade do setor para que seja mantida a vantagem competitiva do Brasil dentro do cenário mundial. Os autores tratam como fundamental a junção de informações sobre sustentabilidade e produção do setor, de forma a apoiar seu crescimento e de toda a cadeia produtiva da madeira.

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo apontar o impacto causado pela adoção de um sistema de monitoramento e rastreamento online em um módulo de colheita florestal, adotando como parâmetro o desempenho dos equipamentos. Para atingir o objetivo proposto, a pesquisa se baseou no caso de uma empresa prestadora de serviços na área de colheita florestal de médio porte, que implantou o sistema de telemetria para controle da frota. Os dados coletados foram extraídos da base de dados da empresa, os quais foram analisados de forma cronológica (antes e após a implantação do sistema de monitoramento operacional).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A IMPORTÂNCIA DO SETOR FLORESTAL BRASILEIRO

Com a aprovação da legislação de incentivos fiscais ao reflorestamento, em 1966 (lei nº 5.106, de set. 1966), o setor florestal passou a ocupar um lugar de destaque entre as indústrias brasileiras. Com o incentivo, foi possível abater até 50% do valor do imposto de renda devido e então aplicar este dinheiro em projetos da área florestal. Neste cenário, o crescimento da área reflorestada do país chegou a alcançar a marca de 100 a 250 mil hectares anuais em 1968 a 1973, chegando a 450 mil hectares anuais entre 1974 e 1982 (LEÃO, 2000).

O autor descreve ainda que, dez anos após a criação da lei nº 5.106, o Brasil já era listado entre os 4 países com mais ofereciam incentivos à produção florestal do mundo, estando atrás apenas da China, União Soviética e Estados Unidos. Entre os anos de 1967 a 1986 os projetos ligados à política de incentivos fiscais chegaram a, aproximadamente, 6,2 milhões de hectares.

Segundo Kengen (2001), no mesmo período, na década de 1960, houve considerável aumento no plantio de espécies florestais de rápido crescimento, principalmente os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, devido à lei dos incentivos fiscais. Assim, as florestas plantadas passaram, sozinhas, a suprir a necessidade de muitos segmentos importantes; inicialmente a indústria de celulose e papel e, posteriormente a siderurgia, secagem de grãos e produção de painéis e laminados.

Um dos aspectos que facilita o sucesso do setor florestal no Brasil e advém ao país vantagem comparativa em relação à atividade florestal com outros países, segundo Silva (2003) é a excelente condição de solo e clima para o cultivo da silvicultura, isso somado ainda à natural cobertura florestal do território nacional colocam o país em um patamar alto no cenário florestal.

Oliveira e Oliveira (2017) retratam ainda a grande diversidade de produtos relacionados ao setor florestal, desde a produção até a transformação da madeira em celulose, painéis de madeira, papel, madeira de serraria, carvão vegetal, até os produtos florestais não madeireiros, como a extração de óleos essenciais.

2.2 A COLHEITA FLORESTAL

Dentro do setor florestal existem diferentes atividades, Polzl et al. (2003) classificam o setor florestal em duas diferentes direções: transversal e longitudinal. A primeira, refere-se aos processos sucessivos de transformações que fazem a madeira deixar seu estado bruto e se tornar-se o produto final, sendo essa sequência a seguinte: silvicultura, colheita florestal, primeira transformação, segunda alteração, terceira alteração, consumidor final. Já a segunda direção (longitudinal) trata-se da cadeia produtiva da madeira, segmentada em função das distinções do uso da madeira bruta, sendo elas: energia, processamento mecânico e madeira industrial.

Entre as etapas do setor, a colheita de madeira trata-se de umas das atividades mais complexas, devido às muitas variáveis que influenciam na produtividade e também os seus custos operacionais (CANTO et al., 2006). Dentro da colheita segmentam-se as operações de derrubada, processamento e extração de madeira até as margens da estrada, também chamado de baldeio.

Machado (2002) define colheita florestal como um conjunto de operações que são efetuadas em áreas de plantios florestais, que visa preparar e extrair a madeira até o local de transporte, usando, para isso, as técnicas e padrões colocados, com o objetivo de transformá-la no produto final. O autor ainda acrescenta que a colheita é a parte mais importante do ponto de vista técnico-econômico, diferenciar pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento); descascamento, quando executado no campo; e extração e carregamento.

Historicamente, a extração de bens florestais, sejam madeireiros ou não-madeireiros, ocorre paralelamente ao desenvolvimento da humanidade, sendo a colheita florestal uma das atividades mais importantes desse contexto. Segundo Gonçalves (2008), quando começou a ser realizada, a colheita florestal fundamentava-se em trabalhos manuais, contando apenas com auxílio de força animal, como resultado, acidentes de trabalho eram frequentemente acontecidos. O autor relata ainda que devido às más condições de trabalho, como o uso de serras e motosserras sem equipamentos de proteção, a falta de higiene com alimentação e o transporte arriscado acabavam tornando a colheita florestal um ambiente estressante, inseguro e desconfortante de trabalho.

Com as necessidades impostas pelo mercado, a colheita manual tornou-se economicamente inviável ser mais realizada, com exceção de pequenas áreas, de baixo volume, ou situações pontuais onde a topografia não permite a entrada de máquinas, sendo usada nos outros casos, a colheita semimecanizada. Moreira et al. (2004) relataram o impulsionamento da colheita florestal mecanizada a partir da década de 1990, tendo em vista a liberação de importação que o governo brasileiro permitiu de máquinas e equipamentos de países mais tecnologicamente mais modernos. Entretanto, na extração e carregamento das toras, ainda hoje a prática de trabalho manual é muito comum, principalmente em áreas de fomento e de pequena extensão (MACHADO 2002).

As atividades mecanizadas são as realizadas com máquinas motoras, que apresentam mecanismos de movimento com acionamento direto e/ou quando são utilizados equipamentos adaptáveis a elas. Com a evolução da colheita florestal, o machado, motosserra, a extração, o carregamento e descarregamento manual foram substituídos por máquinas como *Harvester*, *Forwarder*, carregador florestal, *Feller-Buncher*, *Skidder*, entre outras, o que possibilitou o aumento da produtividade e a redução do esforço e trabalho físico (LIMA e LEITE, 2014).

Considerando essa mecanização e seu conseqüente investimento, considera-se que, mais da metade do custo final da madeira no local de uso seja representado pelos custos de colheita e transporte. Nesse sentido, Machado e Malinovski (1988) relatam a importância de se conhecer o custo operacional das máquinas e tecnologias envolvidas no processo produtivo. Esse conhecimento auxilia na tomada de decisão, auxiliando de forma eficiente o planejamento e controle das operações para a redução dos custos de produção.

As principais máquinas utilizadas na colheita florestal de madeira são:

- **Harvester**: Principal máquina utilizada na derrubada e processamento da tora (descascamento, desgalhamento e traçamento). Amabilini (1991) define o *Harvester* como uma máquina auto propelida, constituída por um conjunto motriz de alta mobilidade e boa estabilidade, dentro da floresta, acompanha ainda um braço hidráulico e um cabeçote processador. Segundo Machado et al. (2014) o *Harvester* dispõe da capacidade de execução simultânea, efetuando a derrubada, desgalhamento, descascamento, destopamento,

traçamento e empilhamento da madeira. Dentro do sistema de toras curtas ele é a principal máquina utilizada para o corte.

- **Forwarder:** Também conhecido como trator florestal é um auto carregável articulado que efetua a extração da madeira do interior do talhão através do baldeio (MACHADO et al. 2014). Lima e Leite (2014) classificam o *Forwarder* como uma máquina que acompanha uma grua hidráulica e telescópica, acoplada a uma garra, a qual realiza o carregamento e descarregamento da madeira. Os autores ainda descrevem o compartimento de carga, que é variável, adaptado com estruturas laterais, chamados de fueiros, que permitem o empilhamento das toras sobre uma plataforma.

Ao passo que a colheita se faz, nos dias de hoje, com a utilização de maquinários de alto valor, ela representa uma importante etapa no processo de produção florestal, dessa forma, ela deve ser considerada um instrumento de gestão específico e simultâneo ao empreendedorismo florestal (VASQUES, 2006). A medida que o processo de colheita implica em altos custos, ele é também o que mais traz retorno se utilizado com programas de qualidade e bons investimentos em tecnologia para garantir a produção esperada, obtendo-se resultados quase que de forma imediata (REZENDE et al., 2000).

2.3 O USO DE SISTEMAS DE GESTÃO EMPRESARIAL NO SETOR FLORESTAL

Sistemas integrados de Gestão empresarial são utilizados para atender às necessidades de informatização de diversas operações. Seu uso se dá através de um banco de dados único e centralizado, que intermedia diferentes informações recebidas, as quais são então processadas em módulos com processos incorporados entre as diversas áreas funcionais de uma instituição (SOUZA e ZWICKER, 2000). Nesse sentido, os Sistemas de Gestão caracterizam-se por favorecer empresas a atingirem suas metas e objetivos em função da gestão integrada e seus sistemas.

Stamford (2000) descreve o Sistema de Gestão como um sistema que viabiliza um fluxo de informação único, contínuo e consistente para toda a empresa sob uma única base de dados. O autor ainda classifica o referido sistema como um instrumento para a melhoria de processos do negócio, de forma que ele é utilizado para orientação dos processos e não pelas funções e departamentos da empresa,

fazendo-se através de informações on-line obtidas em tempo real, possibilitando a visualização completa das transações efetuadas pela empresa, desenhando o vasto cenário de seus processos.

Considerando o setor florestal e sua grande influência no contexto global devido à grande participação nas receitas brasileiras, é inegável a necessidade de inovações e avanços tecnológicos no setor, o que faz com que, atualmente, vivenciamos uma chamada “revolução florestal”, descrevem Dantas e Andreoli (2017). Os altos investimentos em máquinas para a colheita como *Harvester* e *Forwarder* exemplificam essa revolução, de modo que esses investimentos se justificam por apresentar vantagens econômicas e ambientais, além de possibilitarem muito mais conforto e segurança aos operadores. Todavia, no que se trata do acompanhamento de dados de forma remota, o setor florestal ainda vem se adaptando às tecnologias modernas.

Quando comparado aos sistemas industriais e administrativos, os sistemas de informação florestal não evoluíram no mesmo ritmo (NOBRE et al. 2003). Para que funcione, um sistema de gestão florestal deve abordar diferentes aspectos da produção e também comercialização dos produtos florestais, constituindo assim, a base para a definição de estratégias da tomada de decisões. Graça et al. (2002) descrevem o planejamento de um sistema de informações florestais como um conjunto de ações que visam elaborar a criação do sistema e a execução de um modelo que atenda os objetivos propostos pela empresa através da gestão florestal.

2.3.1 Telemetria: definição e aplicações

Conceitua-se por telemetria a transferência e utilização de dados oriundos de uma ou mais máquinas remotas, possibilitando assim, a comunicação instantânea, via rede de computadores fixa ou sem fio, conhecida como wireless. Um dos principais componentes do sistema de telemetria são os sensores, os quais monitoram e controlam a atividade que está sendo realizada (BONDE, 2009).

Teixeira et al. (2014) relatam que há alguns anos, entendia-se por telemetria apenas a operação com telêmetros, que são instrumentos ópticos usados para medir a distância de interesse de um analisador e transmitir seus dados para que uma

análise posterior pudesse ser feita. Todavia, ao passo que cada vez mais se faz uso de tecnologia, a telemetria passou também a ser entendida como uma forma de medir remotamente diferentes áreas de trabalho, como aviação, automobilismo, agricultura e também no setor florestal.

Segundo Souza e Oliveira Neto (2013) a integração entre tecnologia de informação e cadeia de suprimentos ocasiona melhorias significativas na qualidade do serviço e também na comunicação e acesso às informações, promovendo ainda os seguintes benefícios: “confiabilidade, credibilidade, responsividade, redução de custos, competência, flexibilidade”.

Atualmente, empresas que utilizam modal rodoviário têm se beneficiado da telemetria, visto sua eficiência, fácil manuseio, baixo custo e alta precisão, o que possibilita a definição de parâmetros reais para que seja efetuada uma boa gestão das frotas, ocasionando uma melhora do desempenho organizacional (BUENO, 2007).

Salles et al. (2016) relatam as vantagens de se fazer uso de telemetria, de modo que, por poder ser instalada e executada em locais de difícil acesso, seu uso possibilita o monitoramento constante dos sistemas de forma remota, compreendendo diferentes necessidades de distância e banda de transmissão. Segundo os autores, esses dados podem ser coletados de forma digital ou analógica, sendo a digital realizada através do barramento CAN (*Controller Area Network*) em veículos modernos e a analógica realizada via cabo através de sensores instalados nos veículos.

2.3.2 A integração entre telemetria e os Sistemas de Gestão

Cada vez mais os grandes setores empresariais têm investido em tecnologias de informação de forma a se tornarem mais competitivos no mercado corporativo. Nesse sentido, cada vez mais se investe em Sistemas de Informações Gerenciais (SIG), objetivando melhorias em seus processos de produção. De forma conceitual, os SIG's têm a função de auxiliar os gestores nas melhores tomadas de decisões, possibilitando a previsão de informações que dão suporte a diferentes setores, como operacional e administrativo (ALBERTÃO, 2005).

Segundo Souza e Saccol (2003), como Sistemas de Gestão são considerados sistemas adquiridos em forma de pacotes comerciais de software, eles permitem que dados dos sistemas de informação transacionais sejam integrados aos processos de negócios nos diferentes setores de uma organização. Podendo assim, se usados de forma correta, serem uma boa ferramenta para a obtenção dos dados de produção, de forma que esses sistemas apresentam a capacidade de integrar todos os processos informacionais básicos dos diferentes setores organizacionais, como: processos de operação, de produção, financeiros, de comercialização e também de recursos humanos (MONTEIRO, 2006).

Atualmente, a aplicação mais comum dos Sistemas de Gestão se dá através de sua integração com rastreadores de veículos e softwares de telemetria, que possibilita uma melhor gestão dos custos logísticos e também dos riscos da operação, assim como controle da jornada dos motoristas e a gestão das entregas aos clientes. Nesse contexto, vale ressaltar que como todo uso de tecnologia, o uso de telemetria integrada ao Sistema de Gestão surge como uma vantagem para o gestor na tomada de decisões. Deve se ressaltar que a troca de informações entre as máquinas em tempo real só é possível através de conexão, como GPRS (2G) ou *Wifi*, se não conectada, a máquina não transfere seus dados.

2.3.3 *Internet of Things* - IoT (Internet das Coisas)

Segundo Kurose e Ross (2013), a internet é, provavelmente, o maior sistema de engenharia já desenvolvido, possibilitando que centenas de milhares de computadores estejam conectados através de *smartphones*, *tablets*, *notebooks* e ainda com diversos dispositivos, como sensores, webcams e consoles para jogos. Nesse sentido, Ayres e Sales (2010) definiram a chamada Internet das Coisas como um sistema que tem a capacidade de ligar todas as “coisas” à conexão via internet, e formar assim, uma rede onde cada objeto, máquina ou “coisa” consiga se comunicar com outra máquina, através dos protocolos já existentes na internet, e assim gerar uma rede de informações que podem ser utilizadas de diferentes formas.

Tal tecnologia permite o controle de produtos e operações em toda a cadeia de suprimentos de uma empresa, possibilitando o seu rastreamento desde a fabricação até o destino final, sendo todo esse controle realizado remotamente,

facilitando o trabalho dos gestores (CRISTONI, 2004). Domingos et al. (2013) relatam como a IoT pode apresentar uma vantagem competitiva no setor empresarial, de modo que as informações de contexto podem ser utilizadas visando a otimização e adaptação em tempo real às alterações do ambiente.

A Internet das Coisas, conforme Lacerda (2015), dispõe diversos benefícios para a sociedade em diferentes setores, como meio ambiente, comunicação, segurança, saúde, áreas de lazer e urbanismo, de modo que a comunicação entre as informações de objetos pode acontecer quase que em um nível infinito de possibilidades, através da conexão via internet. Todavia, para que o uso da IoT seja possível é necessário o suporte de algumas tecnologias modernas, como a identificação de radiofrequência (RFID), sensores, atuadores, telefones celulares, arquitetura de redes, protocolos, interoperabilidade e conexão sem fio (ATZORI et al., 2010).

Em relação às suas aplicações, a tecnologia da Internet das Coisas encontra-se inserida em diferentes setores, desde o monitoramento remoto de pacientes a automação e fabricação industrial, em empresas de logística, gerenciamento de negócios e também em áreas de processo e transporte inteligente de pessoas e bens (RITZ e KNAACK, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 A EMPRESA

Prestadora de serviços na área florestal, que atua como provedor de grandes empresas do setor madeireiro. Especializada na colheita mecanizada dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, fazendo uso de alta tecnologia nas suas atividades, dispondo de uma frota de equipamentos de última geração, visando a garantia de serviços de qualidade, eficiência e alta produtividade.

3.2 O PROCESSO FLORESTAL

A empresa atua com o Sistema de Toras Curtas (*CUT-TO-LENGTH*), segundo conceito de Machado (2002), esse sistema caracteriza-se pelo processamento da

árvore no próprio local que é feito seu corte e derrubada, sendo as etapas desse processamento as seguintes: desganhamento, descascamento (quando houver a necessidade) e a o corte das árvores em toras com base em medidas previamente determinadas. A medida varia entre 1 e 7 metros, conforme sua finalidade na indústria, a capacidade e dimensão das máquinas de baldeio e ainda dos veículos de transporte.

Esse sistema é utilizado devido sua facilidade de deslocamento e menores danos ao meio ambiente, fazendo uso ainda, de um menor grau de mecanização em relação a outros sistemas. Sendo o mais antigo utilizado no Brasil, o sistema de colheita de toras curtas também é chamado de *Short-wood* e *Log-length*, porém a nomenclatura *Cut-to-length* é conhecida internacionalmente (MALINOVSKI e MALINOVSKI, 2002).

A Empresa faz uso de *Harvester* e *Forwarder*, sendo o primeiro responsável pelo corte, derrubada, desganhamento, descascamento, traçamento e feixes de toras, enquanto o segundo é responsável pela remoção das toras (baldeio) para as áreas de armazenamento antes do carregamento dos caminhões para o destino final, deixando as toras em pilhas, prontas para serem carregadas. Vale ressaltar que o *Forwarder* faz seu deslocamento sobre a camada de resíduos (galhos, cascas e folhas) deixadas pelo *Harvester*.

3.3 SISTEMA DE GESTÃO

O Sistema de Gestão é um software desenvolvido para controlar a produção de cada máquina envolvida no processo de colheita florestal, nesse caso, *Harvesters* e *Forwarders*, suas horas de serviço, horas de paradas e seus motivos, intervalos, as horas trabalhadas pelo operador, o faturamento por máquina, por horto e por talhão e ainda, análises de eficiência. O software ainda possibilita a emissão de relatórios gerenciais e analíticos detalhados.

Neste sentido, o Sistema de Gestão permite o gerenciamento das etapas da colheita florestal mecanizada, integrando todos os equipamentos envolvidos no processo, independente do seu fabricante ou modelo, podendo tudo ser feito de modo remoto, via *browser* por um celular, *tablet* ou *notebook*. Todavia, algumas tarefas podem ser feitas *off-line*, através de um aplicativo instalado em qualquer smartphone que utilize o sistema operacional *Android*, como o lançamento de produção de *Harvesters*.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

No processo de colheita florestal, as informações da operação são geradas pelos operadores durante a operação das máquinas. Estas máquinas são responsáveis por toda a produção da madeira, e, já vem de fábrica equipados com os mais diversos e modernos sensores capazes de controlar todos os seus movimentos, bem como coletar e armazenar dados como situação do motor, horímetro, consumo, modo de operação, entre outros.

O projeto teve como objeto principal as atividades de corte mecanizado que fazem uso das máquinas *Harvester*. A verificação abrangeu a um módulo de colheita observado em dois momentos diferentes, onde no primeiro foi observado o desempenho da operação sem monitoramento operacional com *Timberfleet* e no outro fazendo-se uso de tal tecnologia. A frente de trabalho está localizada em um raio de aproximadamente 80 km da fábrica, onde ocorrem as atividades florestais de colheita de madeira. A empresa atua com 18 máquinas florestais (12 *Harvesters* e 6 *Forwarders*) distribuídas em dois módulos, onde atuam 70 operadores destas máquinas, e os gestores administrativos responsáveis pelos lançamentos da produção das máquinas. No módulo 01, objeto de estudo do presente trabalho, encontram-se 8, do total de 18 máquinas florestais, sendo 5 *Harvesters* e 3 *Forwarders*.

3.5 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Os módulos nos quais são executadas as atividades de colheita florestal estão localizados em terrenos onde ainda são limitados os recursos que proveem o acesso à Internet, necessários para uma comunicação eficiente entre os computadores das máquinas e o sistema de gestão empresarial, que fica no *data center* da empresa, localizado em sua sede. A extração manual do arquivo que contém os dados direto dos computadores das máquinas sempre foi possível, mas não se tornou uma realidade devido às dificuldades de manuseio, distância entre o ponto de controle da operação e a fábrica, interferência manual no sistema do equipamento, que pode causar interrupção de alguma funcionalidade, entre outros fatores técnicos que limitam esta ação. Durante décadas, como é ilustrado na Figura 1, a seguir, foi

adotado o sistema de preenchimento de um formulário denominado internamente “diária bordo”, preenchido manualmente pelo operador a cada final de turno.

Figura 1: Exemplo de Boletim de bordo preenchido pelo operador.

Máquina: 295	Operador		
Data: 28.02.19	Horto: GUAJUBIRAJ	Talhão	12.4
Turno: D	Hora Início: 06.00	Hora Final:	18.00
Horímetro	Horim Início: 12325,6	Horim Final:	1330
Produção	Árvores: 480 + 36	Toras	
Terreno	Plano <input checked="" type="checkbox"/>	Inclinado <input type="checkbox"/>	Banhado <input type="checkbox"/>

Abastecimento Diesel e Lubrificantes		
Horímetro	Quant	Itens
	378	DIESEL
	09	HB
	30	AS

Descrição das Horas Paradas			
Hora Início	Hora Final	Código Parada	Código Causa
06:00	06:10	157	
07:00	07:10	234	
12:00	14:00	16	
16:15	16:30	215	
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		

Fonte: Autor, 2020.

A Empresa operava em um regime 6x2 (três turnos) e neste formulário constavam todas as informações necessárias para a gestão e controle operacional das atividades de colheita florestal do ponto de vista da produção.

Diariamente eram preenchidos, 48 boletins bordo gerados pelos operadores das máquinas durante a operação, e estas eram digitadas pelo responsável do módulo no aplicativo de colheita fornecido pelo Sistema de Gestão (Figura 2). Tal situação ocasionava perda de informações, transcrições erradas, atrasos na formação relatórios de produção e deficiência na gestão da operação, atraso na geração dos indicadores de colheita, custos elevados e desvio de função do encarregado.

Figura 2: Layout do software do Sistema de Gestão (responsável pelo lançamento de produção *Harvester/Forwarder*).

The screenshot shows a mobile application interface for 'Forest Harvesting'. The top bar is green with the 'ABDO' logo and the title 'Forest Harvesting'. Below this, there are several sections with labels and input fields:

- Máquina:** N°: 175-HARVESTER (with a right arrow)
- Hr. Inicial:** 2:45B (with a right arrow) and **Hr. Final:** 2:45B (with a right arrow)
- Tempo:** Trab.: 7:00 and Parada: 00:42 (with a right arrow)
- Turno:** Matutino - 06:00 até 14:00 (with a right arrow)
- Data:** 22/07 (with a right arrow), **Hr. Inicial:** 06:00 (with a right arrow), and **Hr. Final:** 14:00 (with a right arrow)
- Operador:** (with a right arrow)
- Brake-Idn:** (with a right arrow)

At the bottom of the screen, there are three buttons: 'Validar' (green), 'Excluir' (red), and 'Concluir' (green).

Fonte: Autor, 2020.

3.6 O PROJETO DE MONITORAMENTO E TELEMETRIA DA COLHEITA FLORESTAL.

O projeto que teve como objetivo solucionar este problema se pautou na construção de uma solução que reuniu recursos de sistema de informação para fazer a integração entre os dados das máquinas e o Sistema de Gestão Florestal, para tal, se fez uso de recursos de telemetria para recuperar os dados dos sensores das máquinas, recursos de infraestrutura e de rede para transmissão dos dados e de preparação de toda a equipe visando mudança de comportamentos, quebra de paradigmas e adequação às mudanças propostas.

O objetivo ao final deste trabalho foi coletar informações necessárias de forma a comparar o cenário atual (lançamentos manuais) com o cenário piloto, onde a telemetria é aplicada (utilizando o sistema *Timberfleet*), justificando assim, o investimento com a tecnologia e a possibilidade de seguir com projeto, evidenciando disponibilidades operacionais que se transformem em maior rendimento de m³/hora.

A Empresa possui em um módulo de colheita equipamentos já equipados com o sistema de rastreamento da *Timberfleet*, com os quais foi realizado a coleta de dados e verificação. Desse modo, em um primeiro momento foi analisado o rendimento da operação sem fazer uso do monitoramento operacional com *Timberfleet* e posteriormente utilizando tal sistema, tendo como parâmetro de pesquisa o mesmo módulo (Módulo 01) em duas situações distintas, chamadas de “Com telemetria” e “Sem telemetria”.

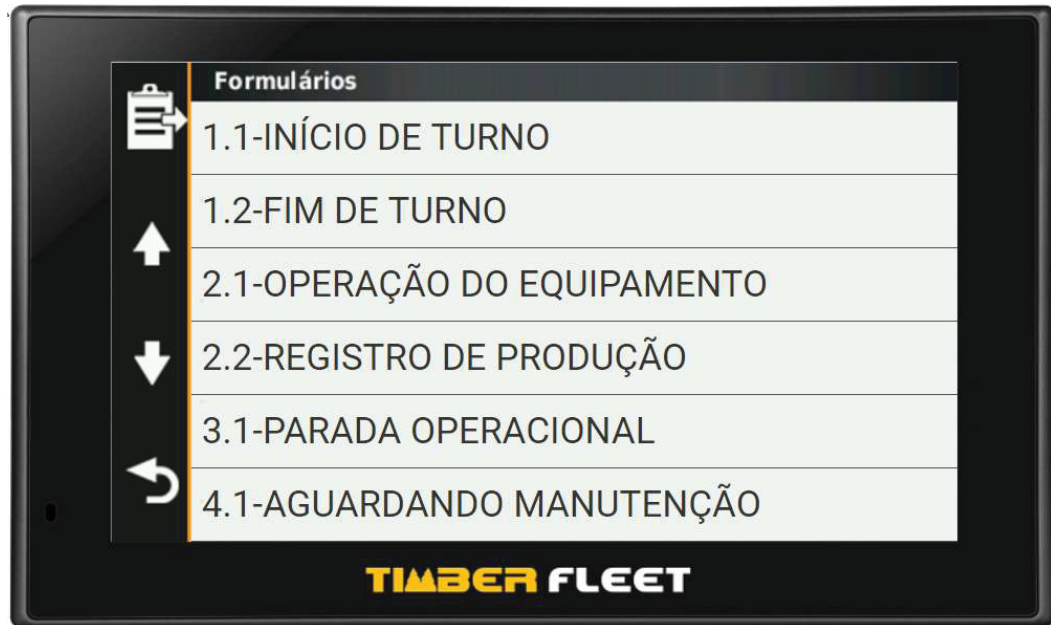
Para a coleta dos dados com uso de telemetria os passos adotados foram os seguintes:

- **Transmissão de dados online:** as informações recuperadas da telemetria das máquinas deveriam ser transmitidas online, o que funciona perfeitamente nos locais onde estas máquinas operam com transmissão via satélite;
- **Interface com Sistema de gestão:** os dados recuperados das máquinas têm interface com o Sistema de Gestão Florestal de forma automática.

3.6.1 Instalação e operação do sistema do equipamento

• **Display *Timberfleet*:** é uma tela, mais especificamente um teclado, sem muitos recursos, instalado na cabine do operador. Apresenta memória interna e possibilita que o mesmo realize os apontamentos manuais necessários, tais como sua identificação, motivo de parada, produto produzido, entre outros apontamentos, conforme mostra a Figura 4. Estes dados em conjunto com os dados de telemetria serão transmitidos a cada fim de operação da máquina.

Figura 3: Interface do *Timberfleet* para acesso de dados no equipamento.



Fonte: Autor, 2020.

- **Customização de interface de integração dos dados:** Consiste na interface de integração dos dados das máquinas, criado pela equipe para receber os dados do *Webservice*, preparando uma base no Sistema de Gestão para que a integração seja feita.

A interface funciona como um serviço no Sistema de Gestão, desenvolvido internamente pela equipe do Prestador de Serviços em conjunto com a Sistema de Gestão. A rotina é executada uma vez ao dia através do *Webservice* da solução *Timberfleet*, consumindo os dados e armazenando em uma tabela temporária, para na sequência consolidar estes dados, gerando assim os boletins de forma automática.

No Sistema de Gestão Florestal estão parametrizados os dados dos inventários de cada talhão onde são realizadas as operações de corte e baldeio de madeira. Os dados recebidos dos equipamentos são utilizados para formação de relatórios de rendimento e formação de estoques de produção.

3.6.2 Integração do *Timberfleet* com o Sistema de Gestão Florestal

Os dados de produção da operação de colheita, com a implantação do sistema *Timberfleet* são importadas uma vez ao dia para o Sistema de Gestão, pois com o recurso de telemetria e transmissão dos dados via Satélite a informação que antes era digitada no aplicativo da Sistema de Gestão pelo encarregado do setor,

agora são descarregados direto na central de monitoramento. Isto trouxe ganhos na redução da digitação dos dados por parte do operador, ganhos na redução de erros de dados por transcrição para o sistema florestal, agilidade nas rotinas de fechamento mensal, agilidade nas rotinas de geração dos relatórios gerenciais, disponibilização quase em tempo real do estoque de madeira para controle de produção, além de facilitar a tomada de decisão dos gestores.

Figura 4: Tela de importação de dados do *Timberfleet*.

Colheita Pesquisa Dados Timber Fleet

Home / Importação / Buscar Dados

Filtros de Pesquisa

AGUARDANDO 17/08/2019 17/08/2019 Sincronizar Timber Fleet Buscar

Total 7 registro(s) encontrado(s)

Máquina	Operador	Dt. Inicial	Dt. Final	Importar
		17/08/2019 07:03	17/08/2019 14:53	Importar
		17/08/2019 07:19	17/08/2019 14:53	Importar
		17/08/2019 07:19	17/08/2019 15:05	Importar
		17/08/2019 15:08	17/08/2019 22:47	Importar
		17/08/2019 15:12	17/08/2019 23:07	Importar
		17/08/2019 15:21	17/08/2019 22:51	Importar
		17/08/2019 15:32	17/08/2019 22:39	Importar

Fonte: Autor, 2020.

A interface ilustrada na Figura 5 faz consultas periódicas na base de dados temporária das máquinas através da interface de serviço do Sistema de Gestão e serviço Web (Webservice) do *Timberfleet*.

Na base temporária os dados são gravados conforme são consumidos os serviços do fornecedor, posteriormente os dados são analisados pelos técnicos administrativos, os quais realizam uma verificação prévia das informações que foram recuperadas automaticamente das atividades de colheita florestal, antes da geração efetiva dos registros de boletins no Sistema de Gestão Florestal. São então eliminados possíveis erros, deixando pronto o registro para armazenamento no banco de dados do Sistema de Gestão. A Figura 6 mostra a tela de confirmação de dados para salvamento no Sistema Operacional.

Figura 5: Tela de importação/confirmação dados do *Timberfleet*.

Importação Timber Fleet [1090] ✕

Produção: <input type="text" value="CORTE"/>	Operador: <input type="text"/>
Setor/Grupo: <input type="text" value="MODULO-01-Corte"/>	Turnos: <input type="text" value="Vespertino 8Hs 14 às 22 (14:00:00 22:00:00)"/>
Lat/Lng: <input type="text" value="-30.3791 , -51.1274"/>	Data Inicial: <input type="text" value="17/08/2019 15:08"/>
Fazenda: <input type="text"/>	Data Final: <input type="text" value="17/08/2019 22:47"/>
Talhão: <input type="text" value="433 - A"/>	Celulose: <input type="text" value="415"/> <input type="text" value="132,80"/> m³
Máquina: <input type="text" value="265-HARVESTER"/>	Toras: <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> m³
Horímetro: <input type="text" value="Ini 13.686,4"/> <input type="text" value="Fim 13.693,5"/> <input type="text" value="Total 7,1"/>	

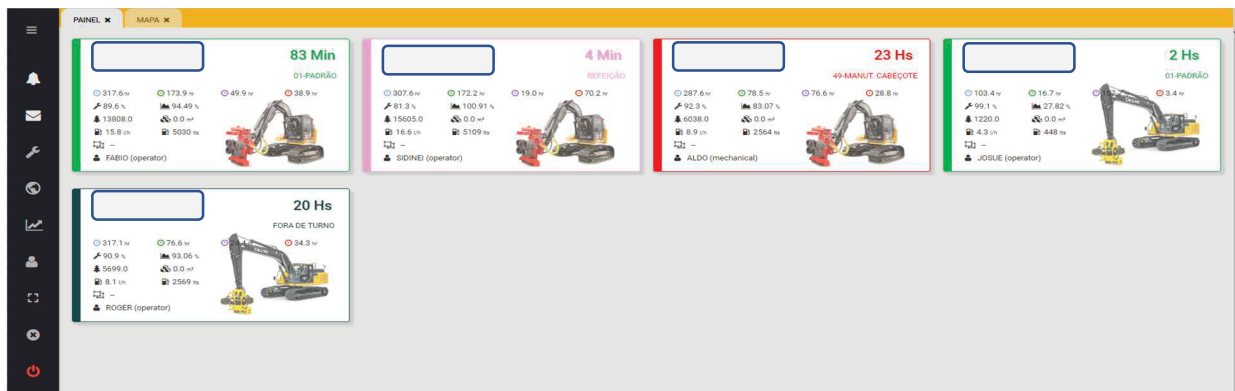
Motivo	Equivalência	Dt. Inicial	Dt. Final	Tempo
251-TROCA DE CORRENTE	251-TROCA DE CORRENTE	17/08/2019 17:53	17/08/2019 18:02	00:09
16-INTERVALO/REFEIÇÕES	16-INTERVALO/REFEIÇÕES	17/08/2019 22:36	17/08/2019 22:47	00:11
05-MANUT. ROTATOR	05-MANUT. ROTATOR	17/08/2019 15:08	17/08/2019 15:30	00:22

Fonte: Autor, 2020.

3.7 RASTREAMENTO E MONITORAMENTO DAS OPERAÇÕES

O monitoramento através do *Timberfleet*, oferece recursos de observação em tempo real das máquinas, a telemetria permite ainda identificar o comportamento da máquina para tomada de decisões, o que antes, de forma manual, não era possível, como por exemplos: registrar uma ordem de serviço e enviar um mecânico no local com informações georreferenciadas de localização da máquina. A Figura 7, a seguir, demonstra a tela de monitoramento em tempo real dos equipamentos.

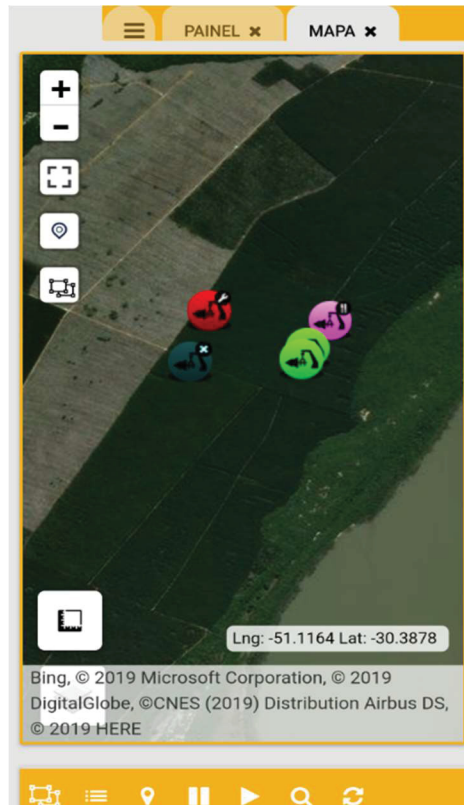
Figura 6: Tela de monitoramento dos equipamentos em tempo real.



Fonte: Autor, 2020.

É possível, através de um portal ou de um aplicativo *mobile*, acompanhar a situação de operação das máquinas, tais como: em operação, aguardando manutenção, ancorada em abastecimento e outros, tudo de forma online. A solução possibilita também localizar as máquinas dentro do talhão e ainda acompanhar o trajeto percorrido (Figura 8).

Figura 7: Portal de acompanhamento dos equipamentos em aplicativo para *smartphone*.



Fonte: Autor, 2020.

Através desta interface é possível acompanhar em tempo real uma série de indicadores de operação das máquinas, entre eles destacam-se:

- **Identificação da máquina:** utilizado para referenciar a máquina na frota da empresa;
- **Identificação do operador da máquina:** utilizado para referenciar a matrícula do operador da máquina;
- **Identificação do talhão:** utilizado para referenciar o talhão, ou seja, a menor parte do terreno onde a máquina está executando suas atividades;
- **Status da máquina:** refere-se à situação da máquina no momento, ou seja, em operação, em manutenção técnica, em abastecimento, em remoção, aguardando

abastecimento, em troca de turno e outros. O objetivo é que os envolvidos consigam acompanhar as máquinas em tempo real e tomar decisões caso necessário;

- **Tempo de atividade:** objetiva referenciar o tempo em que a máquina se encontra conforme status da mesma, ou seja, o tempo por exemplo aguardando manutenção, e, com isso avaliar o motivo e agilizar o envio do técnico para o local de realização da manutenção.

Todos os indicadores mencionados em conjunto, são de extrema importância para que os profissionais que estão envolvidos com a gestão das atividades de colheitas tomem decisões mais assertivas e no menor tempo possível, garantindo disponibilidade da operação sem perdas relevantes.

3.8 EFICIÊNCIA OPERACIONAL

A eficiência operacional (EO) refere-se à porcentagem do tempo efetivo de trabalho em relação ao tempo total programado para o trabalho, e foi determinada de acordo com a proposta de Birro (2002) através da equação 1, a seguir:

$$EO = \frac{Te}{(Te + Ti)} \times 100$$

Onde:

EO: é a eficiência operacional (%);

Te: é o tempo de trabalho efetivo (horas) e;

Ti: é o tempo de interrupções operacionais e não operacionais (horas).

3.9 COLETA DE DADOS

Devido à alta heterogeneidade nas características das florestas, tem se a necessidade de filtrar algumas características:

Volume Médio das árvores;

Mesmo clone a ser colhido;

Equipamento para ser realizado a operação ser sempre o mesmo;

Operadores ser os mesmos que realizaram a operação nos dois momentos;

Características de terreno serem muito parecidas;

Número de árvores por Hectare;

Idade da Floresta.

de maneira onde a operação realizada não influenciam diretamente nos valores observados.

4 RESULTADOS

A seguir os resultados esperados, mensurados e obtidos com a implantação da solução em todos os equipamentos e áreas de atuação da colheita florestal.

4.1 AUMENTO DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL

A EO foi analisada através de um comparativo da operação com o uso de telemetria e sem o uso da telemetria, tendo como objeto de estudo o Módulo 01.

Após análise dos dados foi verificado uma melhoria na EO de 2,09% no módulo com uso de telemetria (Figuras 9 e 10), o que representa uma estimativa e expectativa de ganho bastante significativa considerando os custos de produção da madeira.

Figura 8: *Dashboard* equipamento sem telemetria.



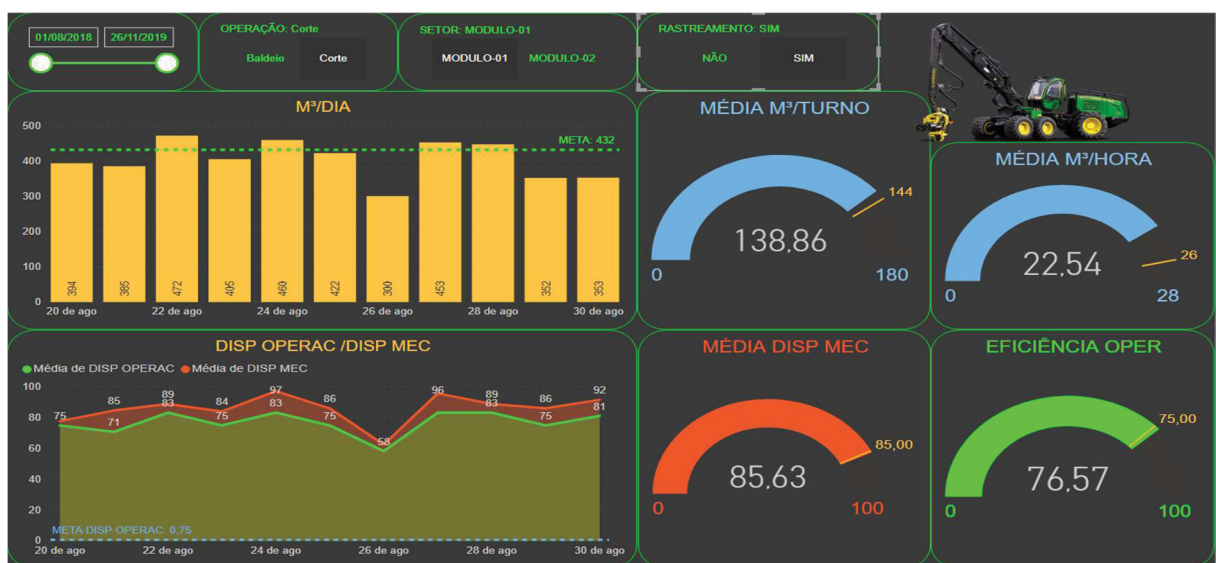
Fonte: Autor, 2019.

Figura 9: *Dashboard* equipamento com telemetria.

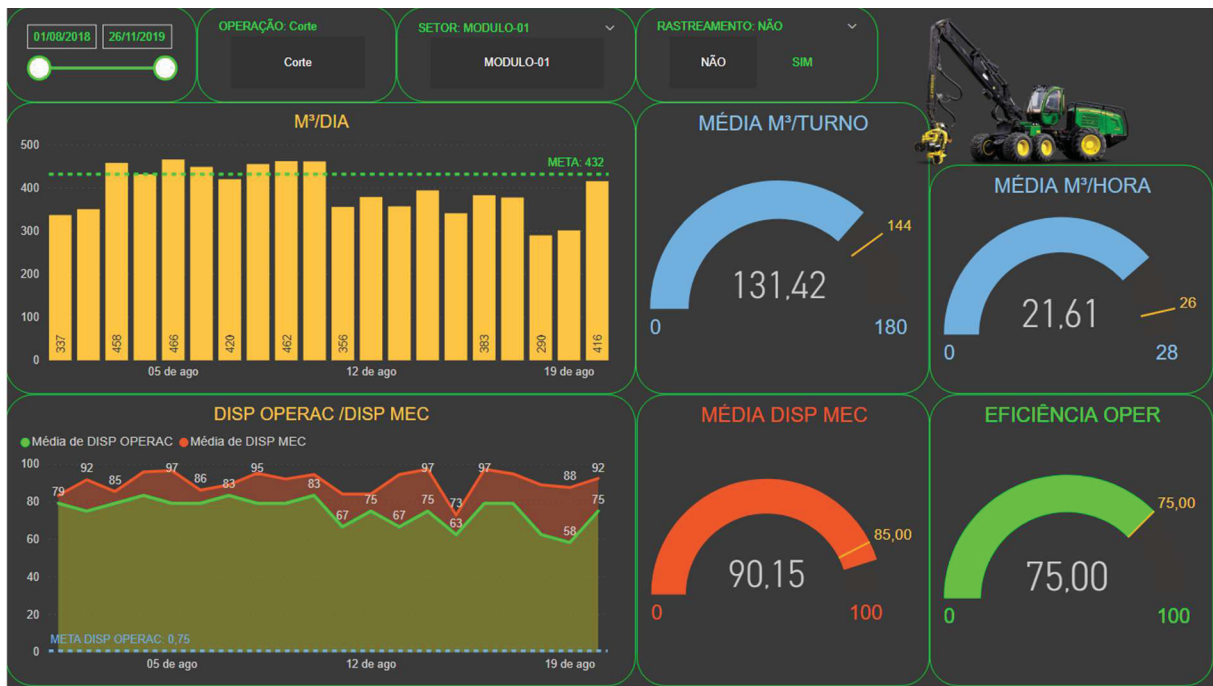
Fonte: Autor, 2019.

4.2 AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

Foi constatado uma produção superior de 0,93 m³/hora, que representa 4,29%, quando houve o uso da telemetria, esse valor nos mostra uma expectativa de ganho de 669,8 m³/mês. Este resultado teve sua eficácia comprovada na operação conforme as ilustrações dos *Dashboards* a seguir.

Figura 10: *Dashboard* da produção de corte no equipamento com telemetria.

Fonte: Autor, 2019.

Figura 11: *Dashboard* da produção de corte no equipamento sem telemetria.

Fonte: Autor, 2019.

Na Tabela 1 podemos observar de forma consolidada os ganhos médios obtidos através do uso de telemetria por meio do *Timberfleet*. Os resultados baseiam-se em horas efetivas de trabalho.

Tabela 1: Valores médios da produção do equipamento sem telemetria em relação ao equipamento com telemetria.

VALORES MÉDIOS	EQUIPAMENTO (S/ TELEMETRIA)	EQUIPAMENTO (C/ TELEMETRIA)	SALDO OPER.	SALDO OPER. (%)
Horas trabalhadas	6,0	6,06	0,06	0,98%
Produtividade m³/hora	21,61	22,54	0,93	4,29%
Produção m³/dia	131,42	138,86	7,44	5,66%
Eficiência Operacional	75,0%	76,57%	1,56%	2,09%

Fonte: Autor, 2020.

Resultados encontrados por ABREU et al. (2019) confirmam os dados obtidos na presente pesquisa. Apesar das duas pesquisas não utilizarem equipamentos com

a mesma configuração, e a operação ser realizada em florestas com sítios e volumes diferentes, as proporções de ganhos com a utilização do mesmo sistema de monitoramentos (*Timberfleet*) nos equipamentos são similares.

Ao passo que encontramos 5,66% de ganho operacional na produção de m³/dia com o uso de telemetria, os autores estimaram um ganho e 6,3% na mesma variável utilizando também telemetria. Os resultados observados em relação à eficiência operacional também são semelhantes: Abreu et al. (2019) encontraram aumento de 1% ao fazer uso de monitoramento com telemetria.

Mesmo que as pesquisas envolvam métodos de análises e Sistemas de Gestão diferentes, os dados obtidos se propõem com vantagens operacionais e de viabilidade econômica mesmo com aumento nas despesas em relação a investimento de equipamentos (rastreadores).

4.3 REDUÇÃO NAS HORAS DE MOTOR LIGADO SEM OPERAÇÃO

Foi observada uma redução significativa na quantidade de horas que o motor da máquina ficava ligado indevidamente. A imagem abaixo representa os eventos de paradas da máquina durante a operação onde foi possível comprovar de forma eficiente, por intermédio dos registros de telemetria, a os intervalos de tempos de início e fim das operações, conforme Tabelas 2 e 3 e Figura 13.

Tabela 2: Controle de funcionamento do equipamento com telemetria.

Data	HOR. TURNO	HOR. MOTOR LIG	HOR. MOTOR OCIOSO	HOR. MOTOR OCIOSO (%)
01/ago	7,53	5,88	0,32	5,4
04/ago	7,45	6,48	0,50	7,7
06/ago	7,60	6,50	0,30	4,6
07/ago	7,53	6,22	0,38	6,2
08/ago	7,28	6,40	0,38	6,0
12/ago	7,58	5,98	0,27	4,5
13/ago	7,57	4,35	0,77	17,6
14/ago	7,72	6,83	0,27	3,9
15/ago	7,62	6,78	0,48	7,1
16/ago	7,48	6,47	0,38	5,9
Total Geral	75,37	61,90	4,05	6,5

Fonte: Autor, 2020.

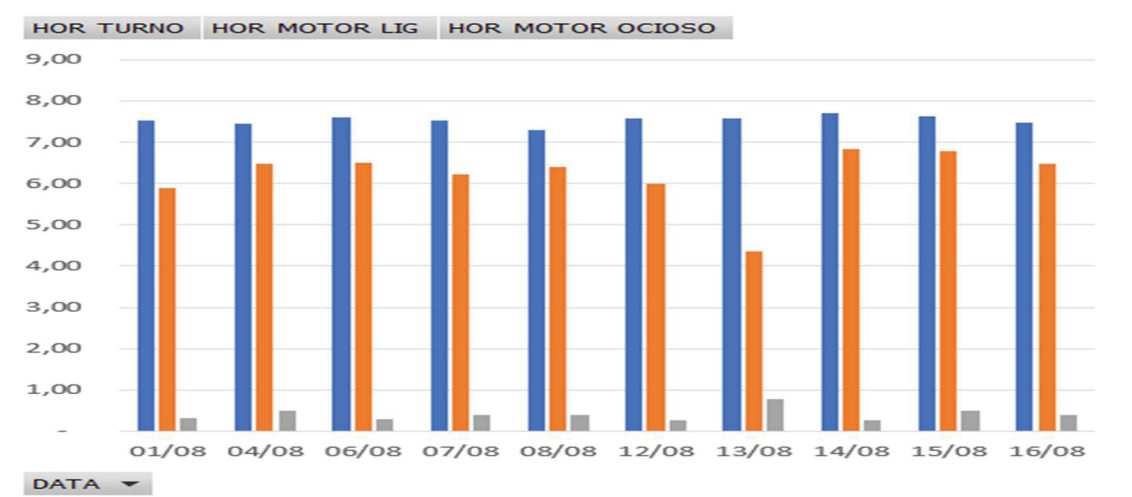
Tabela 3: Valores médios de tempo de funcionamento do equipamento com telemetria.

MÉD. HOR TURNO	7,54	
MÉD. MOTOR LIG.	6,19	
MÉD. MOTOR OCIOSO	0,41	6,54%

Fonte: Autor, 2019.

A Figura 13, a seguir, apresenta, através de um gráfico de barras, o comportamento de um *Harvester* trabalhando em situação normal por 10 turnos. É possível observar situações indevidas de motor ligado totalizando 4,05 horas (Tabela 2). Este monitoramento é a solução para gerar uma redução significativa dos custos hora máquina e consumo de combustível.

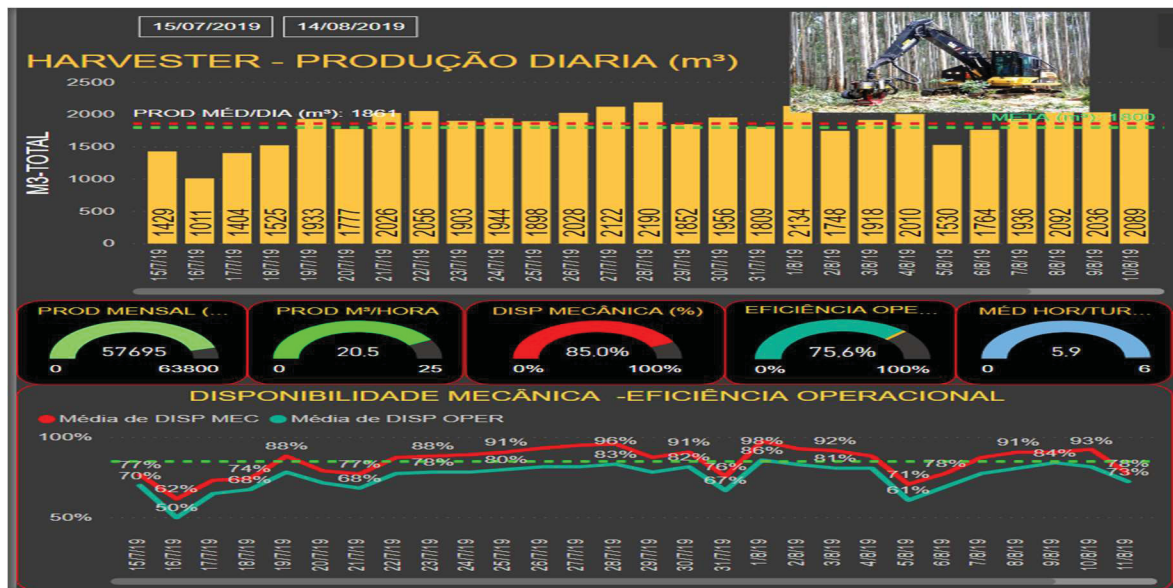
Figura 12: Ilustração gráfica de tempo de funcionamento do equipamento com telemetria.



Fonte: Autor, 2020.

4.4 GESTÃO DE INDICADORES

O monitoramento dos equipamentos com dados precisos e sem erros a transferência e digitação de dados possibilitou a geração de importantes indicadores de acompanhamento das operações de corte realizadas na colheita florestal. Estes são apresentados na Figura 14, a seguir.

Figura 13: *Dashboard* de indicadores *Harvester*.

Fonte: Autor, 2020.

No *dashboard* acima são apresentados os indicadores: produção de madeira acumulada (57.695 m³), produtividade (20,5 m³/h), produção por equipamento mensal (11539 m³/Harvesters), eficiência operacional (75,6 %).

5 CONCLUSÕES

A viabilidade econômica mostrou-se interessante quando o valor de retorno foi de 3,5 vezes maior que o valor do investimento realizado, e se une com a qualidade das informações, o que pode ser verificado quando se compararam projetos com o mesmo horizonte de planejamento, aumento de produção o qual superou os custos de investimento e manutenção do sistema, a distância dos hortos superada com rápida transferência de dados via satellite e qualidade nas informações foram observados.

O uso de tecnologias de monitoramento de operação na colheita florestal mostrou-se muito útil para a empresa objeto de estudo. O sucesso da operação florestal está profundamente ligado ao nível de gerenciamento, para atingir as metas e níveis elevados nas atividades de campo.

A operação apresentou um aumento de 5,66% na produção dos equipamentos quando foram utilizadas tecnologias de telemetria no monitoramento,

através do *timberfleet*, o controle das horas de motor ociosas foram um ponto que alavancaram a produção para gerar este aumento de produção.

Assim como a eficiência operacional do módulo analisado, que aumentou 2,09%, tendo um controle melhor nas paradas se conseguiu reduzir as paradas operacionais e aumentar a taxa de utilização.

Dentre as vantagens que a utilização do sistema *Timberfleet* apresentou, destaca-se a ausência de erros e inconsistência na obtenção dos dados da operação de colheita florestal. Anteriormente, estes erros eram comuns, de modo que os dados eram obtidos de forma manual através das planilhas preenchidas pelos operadores.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, A. D.; LANA, J. A. S.; RIBEIRA, R. N. **Floresta 4.0 - Integrando as Operações de Colheita Florestal com SAP ECC**. Impact Awards 2019. 2019.

ALBERTÃO, S. E. **ERP Sistemas de Gestão Empresarial: Metodologia para Avaliação, Seleção e Implantação**. 2ª. Edição. São Paulo: Iglu, 2005.

AMABILINI, V. D. Utilização do Harvester na exploração florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1., 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 1991.p.349-364.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.

AYRES, M.; SALES, H. **Internet das Coisas e Mobile Marketing: limites e possibilidades**. Publicidade Digital: formatos e tendências da nova fronteira publicitária, Bahia, n.1, 2010.

BIRRO, M. H.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; MINETTI, L. J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**: Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 207-217, 2004.

BONDE, I. (s.d.). **Telemetria**. Disponível em: <www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialmtelemetria/pagina_2.asp>. Acesso em: 03 nov. 2019.

BUENO, R.F. **Monitoramento por GPS, e deslocamento em estruturas com carga dinâmica**. 2007. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CANTO, J. L.; MACHADO, C.C.; GONTIJO, F.M.; JACOVINE, L.A.G. Colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo. **Revista Árvore**, v.30, n.6. 2006, p.989-998.

CRISTONI, I. Ferramenta sofisticada para otimizar toda a cadeia de suprimentos. **Revista Valor On-Line**. 2014. Disponível em: <www.valoronline.com.br>. Acesso em: 23 out. de 2019.

DANTAS, M. B.; ANDREOLI, C. V. **Código Florestal Anotado: Observações de ordem técnica e judicial**. Editora Lumen Juris, 2017.

DOMINGOS, D.; MARTINS, F.; CÂNDIDO, C. C. **Internet of Things Aware WS-BPEL Business Process**. Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS), 2013.

GONÇALVES, A. F. **A Colheita Florestal do Século XXI - Foco nas novas estruturas e tecnologias aplicadas à colheita mecanizada de corte raso de eucalipto**. 45 p. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Florestal) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

GRAÇA, L. R.; MENDES, J. B.; WIECHETECK, M. **Sistema de Informações Florestais e Ambientais**. Curitiba: MMA/PNF; 2002. 26 p. Pré-projeto.

Indústria Brasileira de Árvores. Anuário estatístico do IBÁ: ano base 2018. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2019.

KENGEN, S. **A política florestal brasileira: uma perspectiva histórica**. Porto Seguro: Série Técnica IPEF, n. 34, 2001. p. 18-34.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down** (6th ed.). São Paulo: Pearson. 2013.

LACERDA, F. **Arquitetura da informação pervasiva: projetos de ecossistemas de informação na internet das coisas**. 2015. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) Universidade de Brasília, Brasília).

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 448 p.

LIMA, J. S. S.; LEITE A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. (ed.) **Colheita Florestal**. 3 ed. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2014. p. 47 –73.

MACHADO, C.C. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 468 p.

MACHADO, C.C.; MALINOVSKI, J.R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 65p.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. Colheita. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 68, dez. 2002. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=262&subject=Colheita&title=Colheita>. Acesso em: 09 de set de 2019.

MONTEIRO, J. M. **Da organização vertical para a organização horizontal: aspectos da transição empresarial, tendo em vista um sistema ERP como elemento facilitador.** 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Organização e gestão) - Universidade Católica de Santos, Santos, 2006.

MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; MINETTI, L. J.; SILVA, K. R. Avaliação operacional e econômica do Feller-Buncher em dois sistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.199-205, 2004.

NOBRE, S. R.; RODRIGUEZ, L. C. E.; ASSIS, M. L. R.; AMARAI, T. M. Avaliação do uso da tecnologia da informação nos sistemas de administração da produção florestal. In: **Anais do 8º Congresso Florestal Brasileiro: Informações gerais e Trabalhos Voluntários**; 2003; São Paulo. São Paulo: SBEF, SBS; 2003. 12 p.

OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental.** Brasília, DF:Embrapa, 2017. Cap.1.

POLZL, W.B.; SANTOS A. J.; TIMOFEICZK, R. J.; POLZL, P. K. **Cadeia produtiva do processamento mecânico da madeira: Segmento da madeira serrada no estado do Paraná,** 2013. Disponível em: www.tropicalcongress.com.br/portugues/anais.html>. Acesso em: 16 de out. 2019.

REZENDE, J. L. P.; JACOVINE, L. A. G.; LEITE, H. G.; TRINDADE, C. Avaliação da qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 13-26, jun. 2000.

RITZ, J.; KNAACK, Z. Internet of Things. **Technology and engineering teacher**, v. 76, p. 6, 2017.

SALLES, C.; HERMOSILLA, J. L. G.; SILVA, E. C. C. **A influência da Informação (Telemetria) na Gestão de Frota: O Estudo de Caso em uma Empresa de Médio Porte do Interior do Estado de São Paulo.** XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil, João Pessoa, PB, p. 1–17, 2016.

SILVA, R. S.; FENNER, P. T.; CATANEO, A. Desempenho de máquinas florestais de colheita derrubador-processador Slingshot sobre as esteiras. Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal, 2003. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFV/SIF, 2003. p. 267-279.

SOUSA, W. C.; OLIVEIRA NETO, G. C. Análise da influência da tecnologia da informação na qualidade do serviço logístico. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos. Salvador, 2013. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2013. p. 1-16.

SOUZA, C. A.; SACCOL, A. Z. (Orgs.). **Sistemas ERP no Brasil: teoria e casos.** São Paulo: Atlas, 2003.

SOUZA, C. A.; ZWICKER, R. Ciclo de vida de sistemas ERP. **Caderno de pesquisas em administração**, São Paulo. v. 1, n. 11, 1º trim., 2000.

STAMFORD, P. P. **ERPs: prepare-se para esta mudança**. Artigo publicado pela KMPress. Disponível em: <http://www.kmpress.com.br/00set_02.htm> 2000. Acesso em: 13 nov. 2019.

TEIXEIRA, F.; OLIVEIRA, M. C.; HELLENO, A. L. Telemetria Automotiva via Internet Móvel. **Revista Unisal**, Americana, v. 16, n. 28-29, p. 1- 10, 2014.

VASQUES, A. G. **Gestão da colheita florestal**. Curitiba: UFPR, 2006. 1 CD-ROM. Vídeos-aula.