



**AUGUSTO RIBEIRO SILVA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO: COLHEITA FLORESTAL**

**LAVRAS – MG**

**2019**

**AUGUSTO RIBEIRO SILVA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO: COLHEITA FLORESTAL**

Relatório de estágio apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de bacharel.

Prof. Dr. Lucas Rezende Gomide

Orientador

MSc. Luciano Cavalcante de Jesus França

Co-orientador

**LAVRAS – MG**

**2019**

**AUGUSTO RIBEIRO SILVA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO: COLHEITA FLORESTAL**  
**INTERSHIP REPORT: FOREST HARVESTING**

Relatório de estágio apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de bacharel.

APROVADA em 28 de novembro de 2019.

MSc. Luciane Naimeke Schmidt

MSc. Luciano Cavalcante de Jesus França

MSc. Isáira Leite e Lopes

Prof. Dr. Lucas Rezende Gomide

Orientador

MSc. Luciano Cavalcante de Jesus França

Co-orientador

**LAVRAS – MG**

**2019**

*Dedico este trabalho ao meu filho,  
Bento Guimarães Ferreira Ribeiro Silva,  
Luz da minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha Família, pelo meu pai Altivo, minha mãe Maria Madalena e minha irmã Ana Laura, que estiveram sempre presentes me apoiando e dando forças para conseguir lutar pelos meus sonhos.

Aos meus tios Nivaldo e Eduardo pela assistência e suporte em todos os momentos que residi em Lavras-MG.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciências Florestais por oferecer ensino profissionalizante de alto nível.

À Eldorado Brasil Celulose S.A. pela oportunidade de realização do estágio supervisionado.

Ao professor Lucas Rezende Gomide e companheiro Luciano Cavalcante de Jesus França, pelas orientações e pelos conhecimentos compartilhados.

Por fim, agradeço a todos os companheiros e companheiras que convivi diariamente no ambiente da Universidade e me auxiliaram de forma direta ou indireta na realização deste projeto.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

Neste trabalho buscou-se relatar a experiência adquirida durante o cumprimento do estágio obrigatório supervisionado que foi realizado na empresa Eldorado Brasil Celulose S.A., no estado do Mato Grosso do Sul. As principais áreas de atuação do estagiário na empresa foram na colheita florestal e qualidade operacional, que compreendem parte do processo da extração de madeira no campo para fornecimento de matéria-prima na fabricação da polpa celulósica. Inicialmente, o estagiário realizou uma integração com o ambiente de trabalho, onde foram apresentados o ambiente social e as regras da empresa, também foram realizados treinamentos de segurança para trabalhos no campo e fábrica. No desenvolvimento das atividades previstas no plano de estágio, investigou-se a acurácia da medição dos resíduos comerciais deixados em campo pela colheita, que é realizada de forma mecanizada. Nesse sentido, foram avaliados três métodos de mensuração: (I) de forma manual medindo-se somente os resíduos da superfície da pilha, (II) de forma manual medindo-se todos os resíduos superficiais e subsuperficiais da pilha e (III) mensuração via imagens obtidas com veículo aéreo não tripulado. Na avaliação foram considerados o custo econômico do método, o tempo gasto para a medição, a eficiência operacional e a acurácia na medição do volume de madeira. Verificou-se que, entre os três métodos, o mais eficiente foi o método III, que utiliza imagens, com ressalva ao processamento da imagem, que deve ser constantemente melhorado e adaptado para identificar os resíduos em função de diferentes condições de iluminação.

**Palavras-chave:** Celulose, Qualidade operacional, VANT, Resíduo, Colheita Florestal.

## ABSTRACT

In this paper we sought to report the experience acquired during the accomplishment of the supervised compulsory internship that was carried out at Eldorado Brasil Celulose SA, in the state of Mato Grosso do Sul, which comprise part of the process of wood extraction in the field to supply raw material in the manufacture of cellulose pulp. Initially, the intern performed an integration with the work environment, where the social environment and the company rules were presented, safety training was also performed for work in the field and factory. In the development of the activities provided for in the internship plan, the accuracy of the measurement of commercial residues left in the field by harvesting, which is performed mechanically, was investigated. In this sense, three measurement methods were evaluated: (I) manually measuring only the surface residue of the pile, (II) manually measuring all surface and subsurface residue of the pile and (III) measuring via images taken with unmanned aerial vehicle. The evaluation considered the economic cost of the method, the time taken to measure, the operational efficiency and the accuracy in measuring wood volume. Among the three methods, it was found that the most efficient method was Method III, which uses images, with the exception of image processing, which must be constantly improved and adapted to identify residues due to different lighting conditions.

**Palavras-chave:** Cellulose Pulp, Operational quality, VANT, Residuals, Forest Harvesting.

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                       | <b>8</b>  |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVO GERAL</b> .....                                   | <b>9</b>  |
| 2.1      | Objetivo específico .....                                     | 10        |
| <b>3</b> | <b>ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</b> .....                         | <b>10</b> |
| 3.1      | Controle de qualidade operacional .....                       | 12        |
| 3.2      | Classificação dos resíduos .....                              | 12        |
| 3.3      | Caracterização da área monitorada .....                       | 15        |
| 3.4      | Mensuração manual dos resíduos – campo .....                  | 16        |
| 3.5      | Mensuração dos resíduos via veículo aéreo não tripulado ..... | 17        |
| 3.6      | Resultado das mensurações de resíduo .....                    | 18        |
| 3.7      | Avaliação da acurácia na mensuração de resíduos .....         | 20        |
| 3.8      | Conclusões sobre a mensuração de resíduos .....               | 21        |
| <b>4</b> | <b>CONCLUSÃO</b> .....  | <b>22</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                      | <b>22</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

As matérias-primas são cruciais para a economia mundial, por formarem uma forte base industrial, produzindo grande gama de produtos e aplicações utilizadas no cotidiano social e nas atuais tecnologias (FERRO & BONOLLO, 2019). Assim, o abastecimento de matéria-prima em linhas de produção de indústrias é o fator determinante que envolve o esforço desde a obtenção do material até o transporte para a fábrica (LOUREZAN & SILVA, 2004). Do mesmo modo, no setor florestal brasileiro as empresas atuam no manejo de povoamentos florestais com o intuito de fornecer madeira como matéria-prima, principalmente às indústrias de celulose, a qual pode ser proveniente de florestas plantadas e colhidas por frentes de operação próprias ou de terceiros (MACHADO, 2008).

O setor florestal de uma indústria de celulose é comumente estruturado e gerido pelas áreas de apoio como planejamento e controle florestal, alinhadas com as áreas operacionais, que são a colheita/transporte florestal, a silvicultura, entre outras. Uma extensa rede de comunicação e auxílio é montada para dar suporte às operações e cabe aos colaboradores a busca por soluções para as adversidades presentes em todo o processo. Assim, a necessidade de mão de obra especializada cria oportunidades para trabalhos como o estágio supervisionado acadêmico, que visa o amadurecimento e preparação para estudantes que buscam inserção mercadológica da carreira profissional.

A companhia Eldorado Brasil Celulose S.A, localizada estrategicamente no estado do Mato Grosso do Sul, região Centro-Oeste do Brasil, possui uma fábrica de celulose que está entre as mais produtivas do mundo e é abastecida por madeira proveniente de extensas áreas cultivadas com povoamentos de *Eucalyptus* spp., visando a produção de celulose. Atualmente o estado do Mato Grosso do Sul possui 900 mil hectares de florestas plantadas para fins comerciais (IBÁ, 2019). A empresa mencionada, realiza um planejamento florestal que contempla 21 anos de plantio, envolvendo 3 ciclos florestais, sendo todo o gerenciamento feito de forma devidamente planejada, para garantir o suprimento de madeira da fábrica (ELDORADO BRASIL S.A., 2019).

Economicamente, o produto florestal mais valioso da floresta plantada é a madeira do tronco ou fuste e, mais precisamente na colheita florestal utiliza-se quase que exclusivamente o fuste denominado comercial, que vai da base da tora até um diâmetro mínimo pré-estabelecido (PINCELLI et al., 2017). Entretanto, durante os processos de colheita, há algumas perdas de material lenhoso, por diversos fatores operacionais. Os maiores volumes de resíduos lenhosos estão contidos nos ponteiros, galhos grossos e árvores finas deixadas após a colheita. Esses

valores correspondem a 2 a 8% do volume sólido total da madeira comercial do povoamento. Essa ampla faixa varia em função da qualidade da floresta, das especificações do diâmetro mínimo a colher, do equipamento usado na colheita e das habilidades e cuidados dos operadores das máquinas (FOELKEL, 2007). O autor relata ainda que a madeira perdida na colheita florestal pode ser apresentada em forma de tocos altos das árvores colhidas, galhos grossos das copas das árvores colhidas (cerca de 3 m<sup>3</sup>/ha), ponteiros de fuste abaixo de um dado diâmetro pré-estabelecido (cerca de 9 m<sup>3</sup>/ha), árvores finas descartadas pelo operador da máquina de colheita (cerca de 5 m<sup>3</sup>/ha), toras perdidas, esquecidas ou largadas inadvertidamente no campo (1,6 m<sup>3</sup>/ha) ou serragem gerada no abate da árvore e corte das toras. Este volume pode ser destinado à geração de energia, por exemplo. No entanto, há situações em que é tão difícil retirar o resíduo, que o gerente florestal opta por deixá-lo no campo.

Durante o processo da colheita florestal, muitas perdas são, portanto, computadas. As perdas de madeira de difícil coleta ou recolhimento podem representar entre 0,5 a 1,5% do volume produzido pelo povoamento (PINCELLI et al., 2017). Já Jacovine (2000), cita que, além dos resíduos, cerca de 8 a 10% são avaliadas como perdas de madeira comercial durante as etapas de corte, extração e transporte, o que representa significativa parte do montante extraído de uma floresta.

Desta forma, são escassos os estudos que apresentam metodologias e resultados promissores utilizando como alternativa complementar, as imagens de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) nos processos de avaliação de resíduos lenhosos pós colheita florestal. Sendo, portanto, o que é relatado neste relatório de estágio, relativamente à distintos métodos com comparações entre os manuais e automatizado.

## **2 OBJETIVO GERAL**

O principal objetivo com a realização deste estágio, foi expandir além do espaço acadêmico, os conhecimentos sobre operações florestais e dinâmica do funcionamento de uma empresa real, buscando compreender os elos entre as diversas áreas florestais relacionadas a entrega de matéria-prima para a fábrica. Além disso, compreender em vivência prática, as formas de planejamento, aprimoramento e otimização das operações, ampliando assim, o exercício da criatividade acadêmico-profissional para auxiliar na resolução de questões relacionadas à qualidade dos processos.

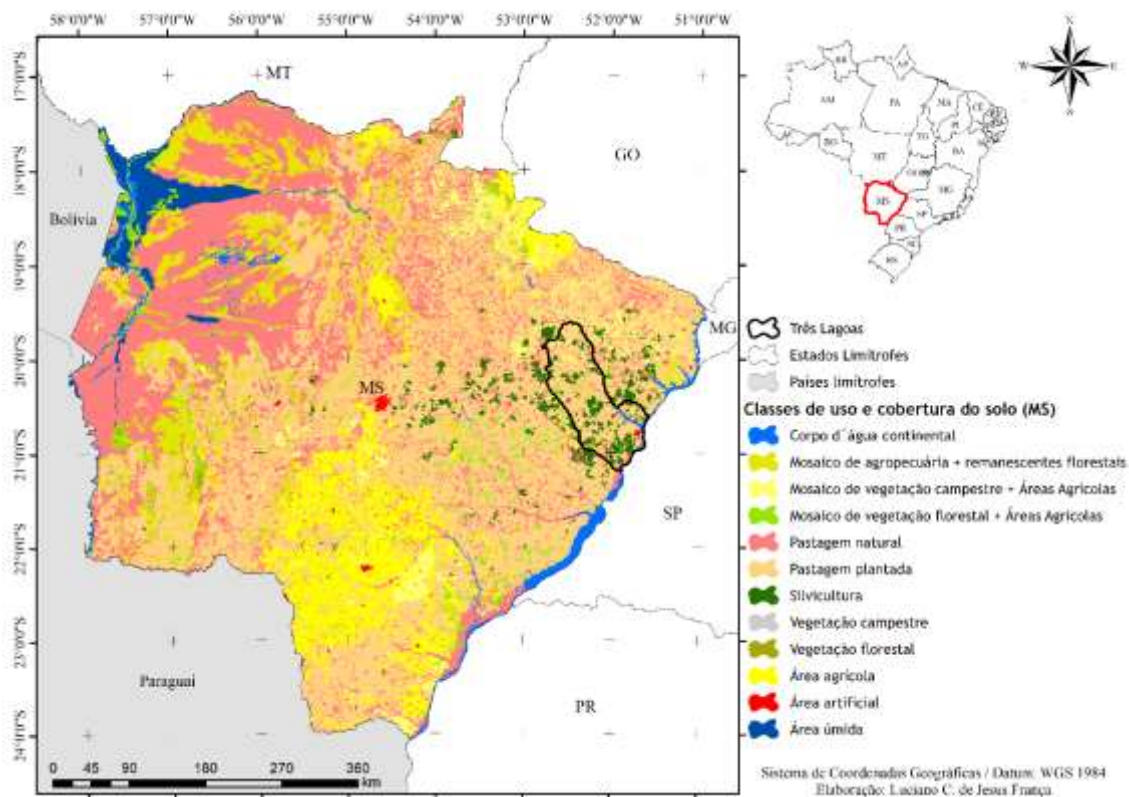
## 2.1 Objetivo específico

Trabalhar em conjunto em duas áreas distintas da empresa: (I) a colheita florestal e (II) a qualidade operacional, com a finalidade de identificar possibilidades de melhoria no processo de avaliação da qualidade dos processos, de forma que o resultado do trabalho sirva à empresa no seu plano de excelência operacional.

## 3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O estágio foi realizado nas dependências da companhia Eldorado Brasil Celulose S.A, localizada em Três Lagoas, no oeste do estado do Mato Grosso do Sul, nomeadamente em regiões com extensas áreas cultivadas com povoamentos de *Eucalyptus* spp., destinados a produção de celulose. A área de realização do estágio e da sede da empresa é apresentada no mapa de uso e cobertura do solo para o estado do Mato Grosso do Sul, na Figura 1.

Figura 1 – Mapa temático de uso e cobertura do solo, com localização da área de estudo e estágio realizado, município de Três Lagoas, Mato Grosso do Sul.



Fonte: Dados de uso e cobertura do solo referentes ao ano 2014 (IBGE, 2014).

Para suprir a demanda de madeira da fábrica, a Eldorado Brasil conta com cinco frentes de colheita que trabalham em três turnos colhendo aproximadamente 16.000 m<sup>3</sup> de madeira por

dia, abastecendo a fábrica no ritmo de um caminhão de madeira a cada 5 minutos (ELDORADO BRASIL S.A., 2019). Para que os processos sejam feitos de forma organizada e otimizada, as operações são administradas por um quadro de funcionários, incluindo operadores, líderes, supervisores, especialistas e administradores.

Surge assim a oportunidade para que estudantes participem do trabalho na forma de estágio com o intuito de obter experiência profissional, o estagiário deve buscar a compreensão mais ampla possível do processo auxiliando nas demandas que estão na sua competência.

A operação de colheita é influenciada por diversos fatores que impactam na produtividade e qualidade, por isso, uma enorme quantidade de dados é produzida a partir da operação, estes dados refletem a realidade de campo e necessitam ser processados e avaliados para que os gestores tomem as decisões corretas. No entanto, a análise de produtividade e qualidade da colheita formaram o escopo do trabalho de estágio, que se baseou em análise de dados históricos e experimentos realizados em campo durante as operações.

O desafio lançado pela empresa para o cumprimento do plano de trabalho de estágio foi acompanhar as operações de colheita florestal, com apoio de todo o grupo, o suprimento de madeira e frentes de operação, afim avaliar a produtividade e qualidade operacional, tanto no âmbito individual trabalhando diretamente com os operadores, quanto tratando os dados gerais da colheita florestal na empresa.

O estágio teve tempo de duração de 4 meses, entre 08 de abril de 2019 a 08 de agosto de 2019. No primeiro mês do estágio foram feitas diversas integrações e apresentação das instalações, da forma de trabalho, dos benefícios, dos manuais de segurança e de diversas outras questões ligadas à integração do estagiário com o ambiente interno da empresa. Além disso, foi apresentado o ambiente da linha de produção da fábrica com o objetivo de demonstrar como é processada a madeira para a produção da celulose, desde a transformação das toras para cavacos, passando pelas etapas do cozimento e branqueamento da polpa, bem como a dinâmica do processo realizado pelos colaboradores.

Já no setor florestal, houve integração com os módulos de colheita mecanizados que se fixam nas áreas das fazendas a serem colhidas, onde as operações são realizadas diariamente em três turnos. Toda a parte operacional tem o suporte do planejamento florestal na escolha da fazenda, sucessão de talhões que serão cortados e baldeados, que é realizado de forma estratégica.

O Núcleo de Apoio Florestal é responsável pelo suporte ao maquinário florestal, onde trabalham os profissionais mecânicos, planejadores de manutenção e supervisores, que se

dedicam para manter o maquinário sempre disponível para o trabalho e realizando treinamentos específicos com os operadores de máquinas.

Após a apresentação e integração das áreas, foram mostradas as adversidades e possíveis pontos de melhoria no processo da colheita florestal, direcionando a atenção do estagiário para a qualidade operacional da colheita.

### **3.1 Controle de qualidade operacional**

A avaliação da qualidade operacional da colheita é realizada pelo setor de qualidade florestal, sendo realizado no campo pelo técnico de qualidade, profissional treinado e capacitado para avaliar o resultado das operações de acordo com o padrão da empresa.

Na operação de colheita os itens avaliados são: altura da cepa (deve ser menor que 10 centímetros), ausência de ganchos no desgalhamento, destopamento da árvore na altura correta (diâmetro mínimo de 5 centímetros na última tora), traçamento da madeira nos comprimentos determinados (6,20 metros para toras comerciais e 3,50 metros para toras de aproveitamento), ausência de casca presas na madeira, ausência de sujidade nos feixes e nas pilhas de madeiras formadas na beira do talhão. As pilhas devem seguir os padrões de distância da bordadura, comprimento e altura máximos, encabeçamento correto na parte frontal e traseira, além disso não podem ser alocadas nas curvas e nas saídas de água, entre outros itens.

Todas as regras criadas pelo controle de qualidade têm a finalidade de cumprir medidas de segurança e auxiliar as etapas subsequentes da operação, por exemplo, o corte deve seguir os padrões de qualidade para facilitar a operação do baldeio, que por sua vez deve colaborar com a operação de transporte da madeira para a fábrica e a silvicultura que posteriormente fará a condução do plantio na área.

O trabalho do estagiário nesta etapa foi avaliar a mensuração de resíduos que ficam no campo após a operação de corte e baldeio, para isso foram analisados três métodos de medição de resíduos conforme apresentado nos itens 3.4 e 3.5 (métodos manuais e via imagens) com o objetivo de compará-los em relação à acurácia na estimativa do volume de madeira deixado no talhão que poderia ter sido levado para a fábrica.

### **3.2 Classificação dos resíduos**

Durante o processo de colheita mecanizada, a geração de resíduos comerciais e não comerciais são fatores que devem ser controlados, tanto pelos operadores, quanto pelos líderes de operação. Logo, trata-se da madeira deixada em campo que poderia ser destinada para a

fábrica, porém, a partir de falhas no processo de corte ou baldeio, uma quantidade de madeira é deixada no campo. Esse volume é classificado como comercial ou não comercial dependendo da origem do resíduo (corte ou baldeio), podendo pertencer às seguintes classes conforme a Tabela 1. Não são considerados resíduos, para este estudo, os galhos, folhas, tocos, árvores mortas e quaisquer outros que não se encaixam nas classes descritas na tabela acima, pois o objetivo é deste levantamento é inferir sobre a madeira que poderia ser levada para a fábrica e por motivos de falha na operação é deixada no campo.

Tabela 1 – Classificação dos resíduos conforme a sua origem.

| <b>ORIGEM</b>  | <b>CLASSIFICAÇÃO</b> | <b>RESÍDUO</b>                                 | <b>DESCRIÇÃO</b>   |
|----------------|----------------------|--|--|
| <b>Baldeio</b> | Comercial            | Tora comercial sem casca                       | Tora descascada com dimensões comerciais que são abandonadas ou caem da caixa de carga do trator.                            |
| <b>Baldeio</b> | Comercial            | Tora comercial com casca                       | Tora não descascada, com dimensões comerciais que são abandonadas ou caem da caixa de carga do trator.                       |
| <b>Corte</b>   | Não Comercial        | Tora processada quebrada                       | Tora que possui ou não dimensões comerciais, quebrada durante o processo de traçamento.                                      |
| <b>Corte</b>   | Não Comercial        | Ponteira quebrada                              | Parte final da árvore que por falha no tombamento ou por fragilidade do material genético quebra quando a árvore é derrubada |
| <b>Corte</b>   | Não Comercial        | Tora processada sem comprimento de pilha       | Tora proveniente do erro no traçamento da árvore.  |
| <b>Corte</b>   | Não Comercial        | Ponteira descartada com diâmetro maior que 5cm | Tora proveniente do erro no destopamento da árvore.  |

Fonte: Eldorado Brasil S.A. (2019).

Na referida empresa onde foi realizado o estágio, aplica-se um controle de qualidade operacional da colheita, conforme destacado por Terezan et al. (2016), onde cita que com um sistema de colheita de toras curtas por Harvester + Forwarder e um volume mensal de corte e baldeio de aproximadamente 440.000 m<sup>3</sup> (2014) na empresa. Atualmente a Eldorado Brasil conta com 5 módulos espalhados no estado do Mato Grosso do Sul e São Paulo, entre áreas

próprias e terceiras. As atividades de colheita foram iniciadas em maio de 2012, simultaneamente com as avaliações de qualidade operacional, realizadas nas etapas de corte, processamento e extração da madeira, com adoção do princípio de autocontrole. No processo de corte são avaliados a existência e altura de danos às cepas, a qualidade do desgalhamento, destopamento, descascamento e traçamento. Os resultados das avaliações são processados e transmitidos nos próprios módulos de colheita, onde as avaliações foram realizadas (Figura 3). São geradas informações detalhadas sobre o desempenho de cada um dos operadores e acompanhamentos diários das atividades. Este processo, de rápida geração e transmissão das informações, acelera tomadas de decisão e permite aos operadores das máquinas de colheita realizar ações corretivas e preventivas mais rápidas, minimizando perdas. A qualidade operacional das atividades é uma das exigências da Eldorado Brasil e ajuda a compor o prêmio de produção oferecido aos trabalhadores da área.

Terezan et al. (2016), destaca ainda que, na colheita, assim como na silvicultura, também são realizados monitoramentos. Nestes são feitas avaliações por amostragem aleatória das atividades para representar o módulo de colheita. O monitoramento é feito semanalmente em cada módulo de colheita, sendo avaliados todos os módulos ao final de um mês. No relatório, os itens avaliados são apresentados de maneira gráfica, com informações quantitativas dos itens avaliados (altura das cepas, diâmetro mínimo, traçamento comercial e toras de aproveitamento e madeira remanescente nos talhões). São apresentados também os resultados de não conformidade para desgalhamento, descascamento (casca aderente e casca solta) e pilhas de madeira. As informações são apresentadas em escala de 0 a 10, de acordo com o grau de conformidade, relativo ao procedimento operacional da atividade.

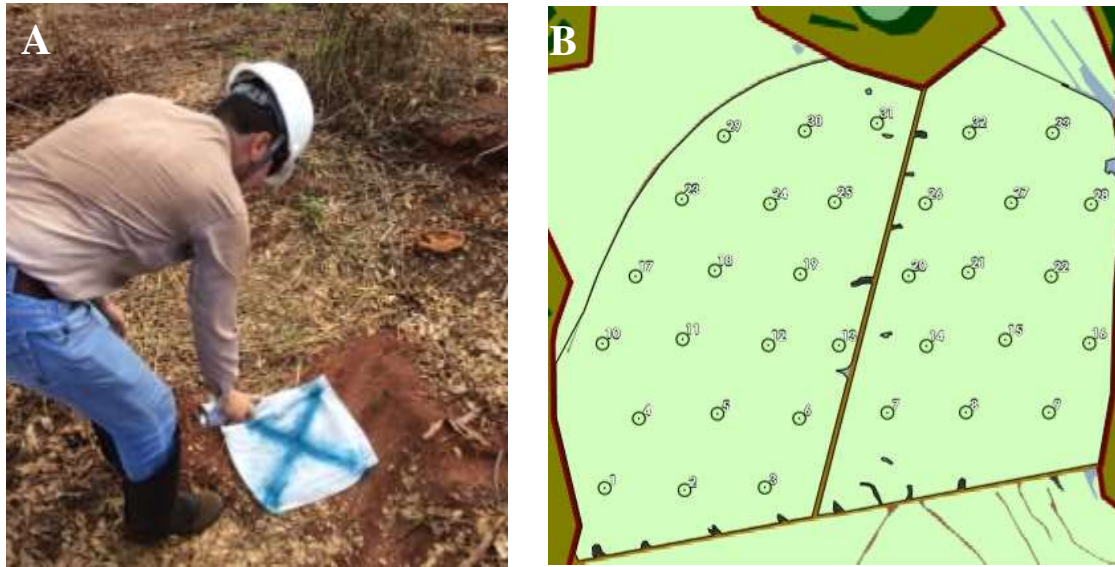
O monitoramento é, portanto, amplamente utilizado na empresa como referência ao atendimento das normas estipuladas e para tomadas de decisões operacionais.

### **3.3 Caracterização da área monitorada**

Para realização do teste de medição com o uso das imagens de VANT, foi selecionado uma área de aproximadamente 70 hectares, onde foi instalado um experimento com o objetivo de avaliar a acurácia da medição de resíduos pela imagem. Comparando-o com a medição manual. Esta área contém partes de dois talhões adjacentes em que as árvores já haviam sido colhidas e os feixes de madeira baldeados para a borda do talhão. O croqui da área foi apresentado na Figura 1. A intensidade amostral utilizada no experimento foi de 1 parcela a cada 2 hectares, lançadas sistematicamente na área conforme marcação no croqui.



Figura 2 – Procedimento técnico para demarcação do centroide das parcelas e o esboço área experimental. (A) Centro da parcela e (B) Localização das parcelas



Fonte: Eldorado Brasil S.A. (2019).

### 3.4 Mensuração manual dos resíduos – campo

A mensuração manual do volume de resíduos foi realizada por meio de amostragem realizada em uma das fazendas da empresa, onde os dois talhões selecionados, foram cortados e baldeados recentemente. Sequencialmente, com o auxílio de um aplicativo GPS, as parcelas foram localizadas no campo. O tamanho padrão dessas parcelas foi de 400m<sup>2</sup>, dentro delas foram medidos todos os resíduos que se enquadraram nos critérios da Tabela 1. Os resíduos encontrados foram medidos de acordo como padrão proposto pela qualidade operacional, e o volume das toras foi calculado a partir da área seccional média multiplicado pelo comprimento da tora. O método foi proposto para ser adequado ao nível de dificuldade da operação e ao tempo gasto no procedimento, já que é realizado semanalmente pela equipe que avalia também outros itens da operação de colheita. Um dos impasses do método manual é a segurança operacional, sobretudo, pois uma das causas mais frequentes de acidentes e incidentes no campo é a torção de membros inferiores ao locomover-se pelo talhão, além do risco de animais peçonhentos no momento de medição da pilha de resíduos.

Figura 3 – Procedimento técnicos para mensuração das toras de resíduo.



Fonte: Eldorado Brasil S.A. (2019).

### 3.4 Mensuração dos resíduos via veículo aéreo não tripulado

O método de mensuração via imagens é realizado a partir de um sensor RGB a bordo de um VANT (Figura 3), que sobrevoou a área obtendo as imagens de alta resolução espacial (2 centímetros de pixel). O processamento da imagem para a obtenção do volume é feito pela equipe de geoprocessamento da empresa. Durante esse período foi realizado um teste para comparar a medição automática ou manual na imagem das parcelas medidas em campo.

Figura 4 – Drone Hexacóptero utilizado na empresa para mapeamento



Fonte: XFLY Tecnologia (2019).

O Drone X800 pode fazer a coleta de fotos de aproximadamente 150 hectares por voo com GSD de 3cm (120m de altura, sobreposição de 60X40 e velocidade de 13m/s), sendo todas as fotos georreferenciadas e com qualidade superior às fotos de asas fixas, pois a gimbal faz a

correção automática do ângulo deixando a câmera sempre ortogonal ao solo (XFLY, 2019). O Quadro 1 apresenta especificações técnicas referentes ao equipamento utilizado.

Quadro 1 – Especificações técnicas do VANT utilizado na avaliação

|  |   |
|--|---|
| <b>Modelo:</b>                             | X800 - Hexacóptero com controle manual e voo totalmente autônomo programável.   |
| <b>Autonomia aproximada:</b>               | 30 minutos  |
| <b>Velocidade:</b>                         | programável de até 60 km/h  |
| <b>Capacidade de carga:</b>                | 1500g   |
| <b>Área necessária para decolagem:</b>     | Círculo com 1 metro de raio   |
| <b>Peso total de decolagem:</b>            | 5 kg (já com câmera)  |
| <b>Câmera embarcada:</b>                   | Sony A6000 RGB de 24.1MP  |
| <b>Suporte de câmera:</b>                  | Gimbal Xfly com nivelamento automático e sistema de encaixe rápido "easy lock". |
| <b>Controladora:</b>                       | Pixhawk com GPS (software opensource)   |
| <b>Telemetria:</b>                         | 915MHZ  |
| <b>Distância entre eixos:</b>              | 800mm   |
| <b>Circunferência total:</b>               | 1.200mm   |
| <b>Alimentação:</b>                        | 1 bateria 16.000mAh - 6S  |
| <b>Tempo de recarga da bateria:</b>        | 1 hora  |
| <b>Tempo de preparação para decolagem:</b> | 10 minutos (com programação de voo)   |

Fonte: XFLY Tecnologia (2019).

Antes do sobrevoo, o centro das parcelas foi demarcado com faixas de tecido branco pintados com tinta azul para que pudessem ser localizados na imagem e, também para que a medição manual fosse efetuada exatamente nas mesmas parcelas (Figura 1). Após o sobrevoo para obtenção das imagens dos talhões, foram impressos os mapas de cada parcela e levados para o campo como material de auxílio na identificação das toras visíveis e invisíveis na imagem, criando duas classes de resíduos, os (i) resíduos superficiais e (ii) os resíduos subsuperficiais.

### 3.6 Resultado das mensurações de resíduo

A partir da classificação dos resíduos, foi possível definir o resultado dos três métodos de avaliação, a (i) medição dos resíduos subsuperficiais e superficiais é o método mais rigoroso de mensuração. Na prática, este método não é utilizado devido às adversidades como risco à

segurança dos colaboradores durante a operação. Esse também apresenta elevado tempo de medição, visto que seria necessário desenterrar algumas toras. Deste ponto surge também outras dificuldades, pois existem outras partes da operação que também devem ser avaliados pela equipe preferencialmente no mesmo dia.

A (ii) mensuração dos resíduos superficiais é o método mais utilizado pela equipe de campo, em que se mede somente os resíduos que estão na superfície e os que estão fáceis de serem desenterrados. Apesar de ser mais prático medir desta forma, a estimativa do volume do talhão fica abaixo do volume real necessitando assim de um fator de conversão que é difícil de ser calculado devido ao caráter aleatório da disposição dos resíduos no campo.

Já o resultado da (iii) mensuração via imagem de VANT, retornou um valor de volume estimado ainda menor que o da mensuração superficial, o que pode ser justificado devido às variações na iluminação do ambiente durante a obtenção das imagens, e conseqüentemente ter interferido no processamento

Nas parcelas em que a iluminação foi suficientemente boa, o volume observado foi semelhante ao volume encontrado na medição manual dos resíduos superficiais. O resultado das medições pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 – Resultados das medições realizadas de acordo os métodos avaliados.

|                                | <b>Método I</b>                     | <b>Método II</b>   | <b>Método III</b> |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| <b>Dados</b>                   | <b>Subsuperficial + Superficial</b> | <b>Superficial</b> | <b>Imagem</b>     |
| Nº de parcelas                 | 33                                  | 33                 | 33                |
| Volume médio (m <sup>3</sup> ) | 0,18296                             | 0,12862            | 0,09361           |
| Variância                      | 0,00465                             | 0,00432            | 0,00413           |
| Desvio Padrão                  | 0,06820                             | 0,06574            | 0,06426           |
| CV (%)                         | 37,00                               | 51,00              | 69,00             |

Fonte: Eldorado Brasil (2019).

De acordo com o resultado do teste t de Student a 95% de significância, o método III com o uso do VANT mostrou-se significativo em relação aos demais métodos, conforme observado Tabela 2.

Tabela 2 – Resultado do teste t de Student para análise de médias.

|                                | <b>Análise Superficial</b> | <b>Análise Superficial</b> |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Média                          | 0,128                      | 0,093                      |
| Variância                      | 0,004                      | 0,004                      |
| Observações                    | 33                         | 33                         |
| Hipótese da diferença de média | 0                          |                            |
| Graus de Liberdade             | 64                         |                            |
| Valor t                        | 2,187                      |                            |
| P(T<=t)                        | 0,032                      |                            |
| t crítico                      | 1,997                      |                            |

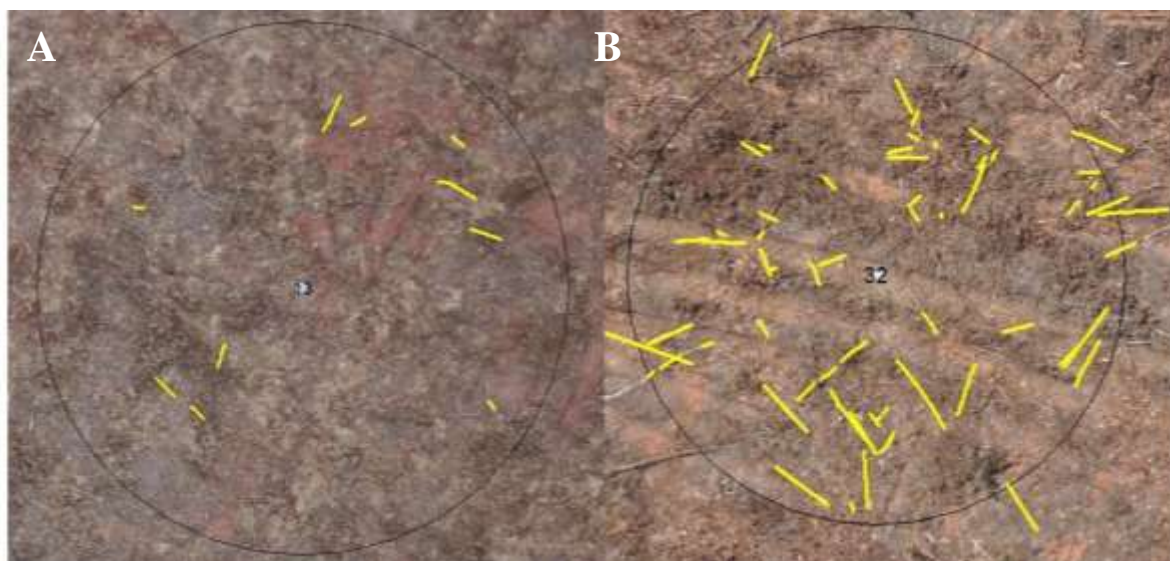
Fonte: O autor (2019).

### 3.7 Avaliação da acurácia na mensuração de resíduos

A partir da comparação dos resultados obtidos nas mensurações, foi possível analisar que, em algumas parcelas, devido às condições ruins de iluminação, o processamento das imagens não conseguiu identificar com precisão as toras de resíduo, o que resultou em um volume abaixo do mensurado manualmente. Porém, nas parcelas em que houve boa condição de iluminação, o processamento foi bastante efetivo e chegou muito próximo ao obtido na mensuração manual, o que viabiliza a sua utilização desde que se procure de forma paralela a otimização do algoritmo de processamento de imagens. Estudo realizado por Sobrinho et al., (2018), obteve resultados satisfatórios com o uso de VANT para quantificação do estoque de resíduos lenhosos em campo, demonstrando ser um potencial aliado aos métodos convencionais utilizados.

O resultado do processamento de duas parcelas representativas pode ser verificado na Figura 3 (A-B). Na Figura 3-A, observa-se um exemplo de falha na iluminação, gerando um volume subestimado, já na Figura 3-B, verifica-se uma parcela em que a iluminação foi satisfatória e o volume estimado chegou muito próximo da mensuração manual.

Figura 4 – Ilustração dos resultados espectrais das parcelas.



Legenda: (A) Sob iluminação não satisfatória; (B) Com melhor qualidade de iluminação Fonte: Eldorado Brasil Celulose S.A. (2019).

### 3.8 Conclusões sobre a mensuração de resíduos

Após a obtenção dos resultados do experimento, notou-se que o volume encontrado em cada método corresponde à realidade. A divergência entre os números encontrados já era esperada, devido às peculiaridades de cada método. Cabe, portanto, aos gestores tomarem a decisão pelo método mais conveniente a partir de análises econômicas e levando em consideração o quão rigoroso deve ser o processo de avaliação da qualidade. O método com a utilização das imagens de VANT, demonstra ser bastante eficaz, mas, sobretudo se for utilizado inicialmente, como mecanismo de auxílio às demais formas de avaliação, considerando-se sempre a necessidade de parcelas em campo, como garantia da fidedignidade relacionada ao método automatizado.

Quanto a destinação dos resíduos florestais, uma potencial alternativa seria a sua utilização como matéria-prima para geração de energia, servindo como, por exemplo, combustível às caldeiras de fábricas de celulose, como destaca Vatrás & Borges (2019) e, considerando-se que a empresa aqui referida, tem destinação de biomassa florestal para geração de energia termoelétrica. Outras destinações devem ser consideradas pelos gestores responsáveis pelo setor, no entanto, a falta de valor agregado de forma eficiente a este material condiciona a significativos impedimentos ao desenvolvimento de uma nova cadeia de produção



ou efetivas destinações, visto que o volume de resíduos florestais gerados é considerável (BRAZ et al., 2014).

## 4 CONCLUSÃO

Com a realização do estágio o estudante aprendeu sobre o ambiente profissional em uma empresa do setor florestal, onde obteve noções sobre as operações mecanizadas de extração de madeira e, pôde contribuir aplicando conhecimentos sobre pesquisa operacional adquiridos na Universidade. Além disso, o estudante obteve conhecimento sobre a ligação entre as diferentes áreas da empresa aprendendo sobre as diferentes formas de atuação do profissional formado em Engenharia Florestal. Todavia, as tarefas realizadas é somente o início de um trabalho que deve ser feito de forma cuidadosa para que se possa avançar no entendimento geral da operação aliando a qualidade operacional com a produtividade, gerando assim cada vez menos resíduos em uma operação altamente produtiva e conseqüentemente aumentando a lucratividade da empresa.

Quanto aos aspectos gerais observados com a realização do estágio, constatou-se que o Controle de Qualidade é, efetivamente, fundamental para melhoria contínua dos processos na busca por excelência na empresa e, tendo em vista a versatilidade e adaptabilidade, as ferramentas de controle de qualidade podem ser implantadas na área florestal sem maiores impactos, demandando, entretanto, da necessidade de tornar o controle de qualidade parte essência da rotina diária operacional.

## REFERÊNCIAS

BRAZ, L. R.; NUTTO, L.; BRUNSMEIER, M.; BECKER, G.; SILVA, D. A. da. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia - uma análise da cadeia produtiva. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 5, n. 2, p. 168-181, 2014.

ELDORADO BRASIL S.A, **Tecnologia e Inovação: Manejo Florestal**. Três Lagoas, 2019. Disponível em: <<http://www.eldoradobrasil.com.br/Tecnologia-e-Inovacao/Producao-Florestal/Manejo-Florestal>>. Acesso em 10 nov. 2019.

FERRO, P.; BONOLLO, F. Material selection in a critical raw materials perspective. **Materials & Design**, v.177, 2019.

FOELKEL, C. Gestão ecoeficiente dos resíduos florestais lenhosos da eucaliptocultura. *Eucalyptus OnLine Book*, 2007. Disponível em: [http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07\\_residuoslenhosos.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf). Acesso em: 04/12/2019

IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores). **Relatório Anual 2019**. São Paulo, 2019. Disponível em: < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em 10 nov. 2019.

LOUREZAN, A. E. B. S.; SILVA, A. L. Um estudo da competitividade dos diferentes canais de distribuição de hortaliças. **Gestão e Produção**, v.11, n3, 2004.

MACHADO C.C. **Colheita Florestal**: 2ª edição. Viçosa – MG, UFV, 2008. 500p.

PINCELLI, A. L. S. M.; MOURA, L. F.; BRITO, J. O. Quantificação dos resíduos da colheita em florestas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, v.45, n. 115, p. 519-526, 2017.

SOBRINHO, M. F. O.; CORTE, A. P. D.; VASCONCELLOS, B. N.; SANQUETTA, C. R.; REX, F. E. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) para mensuração de processos florestais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 117-129, 2018.

TEREZAN, L. H.; BERNARDI, M.; SILVA, A. I. G. Controle de Qualidade Florestal na Eldorado Brasil S.A. **Série Técnica, IPEF**, v. 24, n.45, 2016.

VATRAZ, S.; BORGES, F. Q. Análise de resíduos florestais após colheita semimecanizada em um plantio de Coníferas no Paraná. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n.1, p. 65-80, 2019.

XFLY Tecnologia. Página da Internet: Especificações técnicas do Drone X800 GEO. Disponível em: <https://www.xflybrasil.com/copia-x800-geo>. Acesso em: 04/12/2019.