



PAOLA FREITAS GOMES

**INFLUÊNCIA DE METODOLOGIAS NO PROCESSO DE
DESCASCAMENTO DE TORAS NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DA COLHEITA**

**LAVRAS-MG
2021**

PAOLA FREITAS GOMES

**INFLUÊNCIA DE METODOLOGIAS NO PROCESSO DE DESCASCAMENTO DE
TORAS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA COLHEITA**

Relatório de estágio supervisionado
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
Victor Wildemberg Fiedler
Coorientador

**LAVRAS-MG
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Gomes, Paola Freitas.

Influência de metodologias no processo de descascamento de toras na produtividade e qualidade da colheita / Paola Freitas Gomes. - 2021.

48 p. : il.

Orientador(a): Lucas Rezende Rezende Gomide.

Coorientador(a): Victor Wildemberg Wildemberg Fiedler.

Relatório de Estágio (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Produtividade. 2. Qualidade. 3. Processamento de Toras. I. Gomide, Lucas Rezende. II. Fiedler, Victor Wildemberg. III. Título.

PAOLA FREITAS GOMES

**INFLUÊNCIA DE METODOLOGIAS NO PROCESSO DE DESCASCAMENTO DE
TORAS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA COLHEITA
INFLUENCE OF METHODOLOGIES IN THE PROCESS OF PEELING LOGS ON
PRODUCTIVITY AND QUALITY OF HARVEST**

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

APROVADO em 19 de novembro de 2021.

Prof. Dr. Lucas Rezende Gomide

Prof^a. Dr^a. Carolina Souza Jarochinski e Silva

Me. Luciano Cavalcante de Jesus França

Victor Wildemberg Fiedler

UFLA

UFLA

UFLA

SUZANO S/A

Prof. Dr. Lucas Rezende Gomide

Orientador

Victor Wildemberg Fiedler

Coorientador

LAVRAS-MG

2021

AGRADECIMENTOS

À Deus por me guiar e dar força durante toda essa trajetória.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciências Florestais juntamente com todos os excelentes professores pelo ensino de qualidade contribuindo para meu desenvolvimento pessoal e profissional, conhecimento e pela excelente formação.

Ao meu orientador, Lucas Rezende Gomide por toda atenção, orientação e apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coordenador de estágio e coorientador, Victor Wildemberg Fiedler, pela parceria, apoio e por ter confiado em meu trabalho.

À minha família, em especial a minha avó, Maria de Lourdes, por todo amor, incentivo e perseverança. A qual me ensinou a ser forte e jamais desistir dos meus sonhos, sempre com humildade, honestidade e respeito. Essa trajetória só foi possível por ter sido o meu porto seguro em todos os momentos, guiados pela sua fé e orações.

À minha mãe, Gilda Cristina, por todo amor, carinho, ensinamentos, companheirismo, que sempre me apoia nas minhas decisões, meu exemplo de força, aquela que é minha maior motivação.

As minhas incríveis irmãs Priscila e Gabriela e as minhas maravilhosas sobrinhas Ana Júlia, Larah e Ana Lívia pelo amor incondicional e leveza.

Ao meu noivo Salvador por todo companheirismo, cumplicidade, carinho, incentivo, paciência, respeito e amor, por sempre caminhar de mãos dadas em todos os momentos.

A todos os meus amigos de Lavras, em especial Marcela, Vinicius, Josiane, Luan, Mayck, Marcos Gabriel (*in memoriam*) e Rafaela. E a minha turma 2015/2 de Engenharia Florestal contribuíram com os melhores momentos e crescendo juntos nessa jornada.

A empresa pela confiança em conceder a grande oportunidade de estágio, e pela realização deste trabalho, contribuindo com a minha carreira profissional e pessoal. Pelos grandes amigos adquiridos durante essa caminhada e por tudo que me proporcionaram, em especial, Regineli Cazatti, Rafael Marçal, Adriano Pereira, Glodoaldo Ramiro.

Ao supervisor e técnicos do módulo de colheita SP3, em especial, João Paulo, Roberto, Bento e Ana Carolina, pela parceria, atenção e apoio dada durante todo o trabalho.

À empresa júnior, Floresta Jr., por despertar em mim o lado empreendedor e contribuir pela minha formação profissional. E a todos que contribuíram de alguma forma em minha jornada, sou imensamente grata! **Muito obrigada!**

“Pois nada é impossível para Deus” (Lucas 1:37)

RESUMO

A colheita florestal é considerada a etapa final do ciclo de operação florestal, sendo esta composta por uma série de operações que envolvem etapas como corte, descascamento, processamento, entre outros. Deste modo, é necessário a racionalização das atividades, de forma a garantir o aumento da produtividade e a redução dos custos. A colheita florestal é considerada uma das etapas mais importantes para o sucesso de uma empresa florestal, uma vez que, tratando-se de custo de produção, apresenta-se como o processo mais oneroso. O descascamento de toras é a etapa realizada no momento da colheita, através das máquinas florestais, onde tem por objetivo separar a casca do tronco, em razão das necessidades do produto. Alguns fatores influenciam na produtividade e qualidade do descascamento, como as florestas de baixo rendimento volumétrico; material genético; equipamento utilizado; regulagem do equipamento, operador entre outros. Contudo, visando obter maior produtividade e otimização dos processos da colheita florestal, objetivou-se com este estudo, avaliar diferentes metodologias no processo de descascamento de toras e a influência do material genético, em espécies florestais comerciais de eucalipto, de forma a melhorar a produtividade mantendo um padrão aceitável de qualidade. O estudo foi realizado em uma área de colheita de madeiras comerciais de eucalipto de uma empresa de base florestal no interior de São Paulo. Foram utilizadas cinco máquinas da marca Komatsu, máquina base, com cabeçote 370E. Foram testados dois tipos de material genético e duas metodologias diferentes de processamento de toras, com ênfase no descascamento, denominadas de (i) metodologia 2,5T e (ii) metodologia convencional. Sendo realizadas dezessete repetições por clone e metodologia, totalizando 68 repetições. Os dados foram coletados no período de 14 de agosto a 20 de agosto de 2021. Para as avaliações de produtividade (m^3/h), foram realizados estudo de tempos e movimentos (ETM) em campo e monitorados através de dados transmitidos via computador de bordo, por máquina e operador, onde foram coletados pela base de dados automatizada. As avaliações de qualidade foram coletadas em campo, com auxílio da equipe técnica de qualidade nível 1 e nível 2, onde foram realizadas uma avaliação a cada dez feixes, por clone, metodologia e máquina, totalizando vinte avaliações. Foram avaliados dois indicadores, a produtividade (m^3/h) e qualidade (%), para as metodologias e clones testados. Foram avaliados estatisticamente com o teste de média (Scott-Knott) e teste t (distribuição de dados). A interação entre clone e metodologia diferiram estatisticamente entre si, tendo em vista a variável resposta média de produtividade (m^3/h). Apesar disso, analisando cada variável separadamente, as metodologias diferiram estatisticamente entre si e os clones não diferiram estatisticamente entre si. Na qualidade (%) a metodologia 2,5T apresentou ganhos percentuais, em relação a metodologia convencional. Dessa forma, a metodologia 2,5T é a melhor metodologia a ser seguida quando comparada com a metodologia convencional, tendo em vista os ganhos em produtividade (m^3/h) e qualidade (%). Independente do clone, a interação com a metodologia 2,5T apresentou valores mais significativos, em relação a interação dos clones com a metodologia convencional, tendo em vista a média de produtividade (m^3/h).

Palavras-chave: Produtividade. Qualidade. Processamento de Toras. Otimização Florestal. Colheita Florestal.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Ilustração das máquinas Harvester e Forwarder. (a) Harvester. (b) Forwarder..... | 16 |
| Figura 2 – Base Geográfica SUZANO S/A..... | 20 |
| Figura 3 – Distribuição regional da estrutura operacional e fabril da SUZANO S/A - UNF SP..... | 21 |
| Figura 4 - Cálculo dos indicadores..... | 23 |
| Figura 5 – A) Localização do município da área de estudo. B) Localização das Unidades de Produção da Fazenda Pulador selecionadas para o estudo..... | 24 |
| Figura 6 – Climatologia do município de Pardinho SP..... | 25 |
| Figura 7 – Avaliação de Qualidade (Nível 1 e 2) da conformidade dos parâmetros casca solta, casca agregada e toco (a). Avaliação de conformidade do parâmetro altura de toco (b). Avaliação de conformidade do comprimento alvo (c)..... | 27 |
| Figura 8 – Fluxograma do processamento de toras do estudo no tratamento 1 ‘2,5 toras (1,5 ciclo) restante 1 passada’ (a); Fluxograma do processamento de toras do estudo no tratamento 2 ‘4 a 5 toras (1,5 ciclo)’ (b); Máquina de base Komatsu (esteira) selecionada para o estudo (c) e Cabeçote 370E utilizado no estudo (d)..... | 29 |
| Figura 9 – Identificação do teste em campo (a). Monitoramento das metodologias no campo (b)..... | 30 |
| Figura 10 – Cálculo da produção e produtividade na colheita florestal..... | 31 |
| Figura 11 – Comparativo produtividade (m ³ /h) por operador: metodologia convencional <i>versus</i> metodologia 2,5T..... | 36 |
| Figura 12 – Ganho de produtividade (%) por operador: metodologia convencional <i>versus</i> metodologia 2,5T..... | 37 |
| Figura 13 – Comparativo da média de nota conformidade metodologia convencional <i>versus</i> metodologia 2,5T..... | 38 |
| Figura 14 – Comparativo da média de nota de qualidade (%) metodologia convencional <i>versus</i> metodologia 2,5T..... | 38 |
| Figura 15 – Qualidade dos feixes na metodologia convencional (a). Qualidade dos feixes na metodologia 2,5T (b)..... | 39 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Atividades desenvolvidas no período de estágio na área de Excelência Operacional da SUZANO S/A – UNF SP..... | 22 |
| Tabela 2 – Descrição das metodologias testadas no estudo..... | 26 |
| Tabela 3 – Variáveis analisadas no teste..... | 33 |
| Tabela 4 - Valores relativos à produtividade média dos tratamentos em cada material genético..... | 34 |
| Tabela 5 - Teste de média (Scott-Knott)..... | 35 |
| Tabela 6 - Teste de média interação clone <i>versus</i> metodologia (Scott-Knott)..... | 35 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | IDENTIFICAÇÃO DO ESTÁGIO | 10 |
| 2 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 3 | OBJETIVOS..... | 12 |
| 3.1 | Objetivo geral..... | 12 |
| 3.2 | Objetivos específicos..... | 12 |
| 4 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 13 |
| 4.1 | Setor Florestal..... | 13 |
| 4.2 | Processo de Colheita..... | 14 |
| 4.3 | Máquinas Florestais | 15 |
| 4.4 | Planejamento Florestal | 16 |
| 4.5 | Condições Edafoclimáticas e Produtividade | 17 |
| 4.6 | Qualidade Florestal | 18 |
| 5 | MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 5.1 | Descrição geral da empresa | 19 |
| 5.2 | Área de Estudo..... | 23 |
| 5.3 | O problema da colheita florestal | 25 |
| 5.4 | Coleta de Dados | 26 |
| 5.5 | Indicadores Avaliados..... | 30 |
| 5.5.1 | Produtividade..... | 30 |
| 5.5.2 | Qualidade Florestal | 31 |
| 5.6 | Análise Estatística..... | 32 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 33 |
| 6.1 | Produtividade..... | 33 |
| 6.2 | Qualidade | 37 |
| 7 | CONCLUSÃO | 40 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 41 |
| | ANEXO A..... | 46 |
| | ANEXO B..... | 47 |

1 IDENTIFICAÇÃO DO ESTÁGIO

Estagiária: Paola Freitas Gomes

Área: Excelência Operacional Florestal

Empresa: SUZANO S/A

Endereço: Estrada do Lageado S/N, Lageado, CEP 13486-199, Limeira - SP

Supervisor: Victor Wildemberg Fiedler

Orientador: Lucas Rezende Gomide

Carga Horária: 1280 horas

Período: 01/02/2021 a 09/10/2021

2 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro vem investindo ao longo da sua história, cada vez mais, em tecnologia e investigação científica, para trazer soluções e produtos alinhados com a bioeconomia e baixa emissão de carbono (MEDEIROS et al., 2020). A indústria de base florestal fará da árvore cultivada uma fonte inesgotável de matéria-prima sustentável. O que era considerado como subproduto vem ganhando novos usos e protagonismo, na busca pela substituição de materiais de origem fóssil, de forma inovadora. A área total de árvores plantadas no Brasil, em 2019, totalizou 9,0 milhões de hectares, um aumento de 2,4% em relação a 2018. Desse total, o cultivo de eucalipto representa a maior parte com 6,97 milhões de hectares, correspondendo a 77% da área total (IBÁ, 2020).

Neste contexto, a colheita florestal é considerada uma das etapas mais importantes para o sucesso de uma empresa florestal, uma vez que, tratando-se de custo de produção, apresenta-se como o processo mais oneroso (SCHETTINO et al., 2019). Aproximadamente 60% a 70% do custo da madeira devem-se à colheita e ao transporte florestal (ANDRADE, 1998; MALINOVSKI et al., 2008). Por se tratar do item mais oneroso do custo de produção de madeira no Brasil, requer atenção quanto à otimização das suas operações, de forma que haja melhoria na qualidade com diminuição nas perdas e minimização de custos (SOUZA et al., 2004).

A colheita florestal é considerada a etapa final do ciclo de operação florestal, sendo esta composta por uma série de operações que envolvem etapas como corte, descascamento, processamento, remoção, transporte e descarregamento da madeira no processo fabril (SANTOS et al., 2018). As operações de colheita são realizadas por métodos mecanizados, com o uso de máquinas de elevada capacidade produtiva e alto valor agregado, semi-mecanizado ou manual. Deste modo, é necessário a otimização das atividades, de forma a garantir o aumento da produtividade e a redução dos custos, tendo em vista um planejamento preestabelecido (RODRIGUES et al., 2018).

A produtividade das máquinas florestais pode ser influenciada por diversos fatores, como o volume médio individual das árvores (SIMÕES et al., 2014), o espaçamento de plantio e a declividade do terreno (LEITE et al., 2014), a eficiência operacional das máquinas (ROCHA et al., 2009), entre outros. No Brasil, o sistema de colheita mais utilizado para corte de *Eucalyptus* é o sistema de toras curtas, onde todas as atividades complementares ao corte (desgalhamento, destopo, toragem e descascamento) são realizadas no local de derrubada das árvores. Neste

sistema, as toras com até 7 metros de comprimento, são dispostas em feixes e removidas para a margem do talhão formando as pilhas (LINHARES et al., 2012; MALINOVSKI et al., 2014).

Dentro deste contexto, descascamento de toras é a etapa realizada no momento da colheita, através das máquinas florestais, com a finalidade de separar a casca do tronco, em razão das necessidades do produto almejado. Existem equipamentos mecanizados capazes de descascar a tora imediatamente após o abate (BARBOSA, 2013). Alguns fatores influenciam na qualidade final do descascamento e na quantidade de resíduos no processo de colheita, como as florestas de baixo rendimento volumétrico; material genético; condição fisiológica da planta; equipamento utilizado; regulagem do equipamento e o operador (SILVA, 2014).

Contudo, visando obter maior produtividade e otimização dos processos da colheita florestal, faz-se necessário analisar os diferentes tipos de material genético, tendo em vista, metodologias de processamento de toras, com ênfase no processo de descascamento. Portanto, estratégias que visem racionalizar e dinamizar a operação de descascamento podem contribuir significativamente no rendimento e, conseqüentemente, para a redução nos custos (MIRANDA et al., 2009).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar o potencial de uso de uma nova metodologia no processo de descascamento de toras e a influência do material genético, em espécies florestais comerciais de eucalipto da Unidade Florestal de São Paulo (UNF SP), de forma a melhorar a produtividade mantendo um padrão aceitável de qualidade.

3.2 Objetivos específicos

1. Padronizar o conceito de operação, em específico o processamento de toras, tendo em vista os indicadores de qualidade e produtividade;
2. Reduzir o número de passadas dos rolos do cabeçote, no processo de descascamento de toras;
3. Analisar e executar uma nova metodologia de descascamento;
4. Analisar os indicadores produtividade *versus* qualidade.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Setor Florestal

Segundo os dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2020), as florestas plantadas no mundo apresentaram um aumento anual de aproximadamente 3,06 milhões de hectares para fins variados. Deste total, estima-se que 76% têm foco na produção florestal. No Brasil, o setor de árvores plantadas tem sido um importante indicador de desenvolvimento econômico, social e ambiental, uma vez que promove mudanças econômicas locais, oferecendo novas oportunidades de trabalho e gerando renda para a população, bem como contribuindo com a adaptação e mitigação das mudanças climáticas e na provisão de serviços ecossistêmicos (IBÁ, 2020).

O Brasil é o maior exportador de celulose no mercado mundial, tendo exportado em valor US\$ 1,7 bilhão, a mais do que o segundo colocado (Canadá) (IBÁ, 2020). O país segue como o maior produtor mundial de celulose de fibra curta, sendo a variável clima favorável ao desenvolvimento das diferentes espécies do gênero *Eucalyptus*. Nos demais países produtores, em especial de clima temperado, a produção de celulose de fibra longa é maior, favorecendo o desenvolvimento das plantações de *Pinus* (MOREIRA et al., 2017).

O conjunto de boas práticas de manejo, o melhoramento genético e as condições edafoclimáticas, levaram o Brasil ao reconhecimento mundial da alta produtividade, em relação aos demais países, considerando o volume de madeira produzido por área ao ano e por menores ciclos entre o plantio e a colheita. Em 2019, a produtividade média apresentada foi de 35,3m³/ha ao ano nos plantios de eucalipto (IBÁ, 2020).

O Brasil segue como referência mundial na produção de celulose, sendo o segundo maior produtor, atingindo 19,7 milhões de toneladas fabricadas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que se destacam com uma produção de 48,3 milhões de toneladas (FAO, 2019). Para que seja possível essa produção em grande escala, é necessário que a matéria prima chegue ao processo fabril. Deste modo, a colheita florestal, é uma das atividades do setor consideradas mais importante, uma vez que apresenta ser a mais onerosa em relação ao custo de produção (FREITAS, 2005).

4.2 Processo de Colheita

Colheita e transporte florestal compreendem todas as operações que têm por objetivo retirar a madeira de dentro da área de efetivo plantio e levá-la até seu local de transformação, com a maior produtividade, menor custo respeitando as leis ambientais (VOLPATO, 2019). Este processo envolve desde a preparação e extração da madeira até o local de transporte, mediante o uso de técnicas e padrões estabelecidos, com a finalidade de transformar essa mesma madeira em produto final. A colheita destaca-se como a fase mais importante do ponto de vista técnico-econômico e inclui as etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento); de descascamento, quando executado no campo; e de extração e carregamento (MACHADO; LOPES, 2002).

A mecanização da colheita florestal no Brasil, na maioria das vezes, utiliza máquinas com elevado custo de aquisição, exigindo o máximo de aproveitamento delas em todas as suas funções (FONTANA; SEIXAS, 2007), com objetivo de atingir maiores produtividades e reduzir os custos operacionais (BIRRO et al., 2002). A otimização dos recursos utilizados na colheita florestal pode manter a competitividade da empresa no mercado, sendo necessário aumentar a produtividade e reduzir custos, com isto a colheita representa uma parcela importante no custo da madeira (GONÇALVES, 2011).

O sistema colheita florestal é definido como sendo um conjunto de atividades que, integradas entre si, permitem o fluxo constante de madeira, levando os equipamentos à máxima utilização (MACHADO et al., 2008). Os sistemas de colheita mais utilizados no setor florestal são o de toras longas (*tree-length*) e o de toras curtas (*cut-to-length*). De acordo com as condições do povoamento florestal e a finalidade do processamento, define-se qual tipo de sistema de colheita florestal será utilizado, e consequentemente, os tipos de máquinas que devem ser empregadas no processo (NASCIMENTO et al., 2011).

Existem alguns sistemas de colheita de madeira: sistema de toras longas (*tree-length*), de toras curtas (*cut-to-length*), árvores inteiras (*full-tree*), sistema de árvores completas (*whole-tree*), e sistemas de cavaqueamento (*chipping*) (MACHADO, 2014a). Os modelos mais utilizados pelas empresas florestais para o sistema de toras longas é a combinação de “*Skidder* com *Feller-buncher*” sendo considerada bem representativa, enquanto o módulo “*Harvester* com *Forwarder*” trabalha em um sistema de colheita com processamento das árvores no local de abate, ou seja, utilizado no sistema de toras curtas (*cut-to-length*) (LIMA; LEITE, 2008).

Neste trabalho, a operação é realizada no sistema de toras curtas (*cut-to-length*), o equipamento de colheita utilizado para este sistema consiste num conjunto de duas máquinas: *harvester* (etapa de corte) e *forwarder* (etapa de baldeio). O *harvester* derruba, desgalha, mede os troncos e corta-os em combinações solicitadas pela fábrica, sendo esta etapa o foco deste trabalho. O *forwarder*, por sua vez, transporta as árvores para a beira da estrada (baldeio) e monta uma pilha separada para cada combinação. O transporte de longa distância até a fábrica é feito posteriormente por caminhões.

4.3 Máquinas Florestais

As máquinas utilizadas no corte florestal dependerão do objetivo da operação e principalmente da área de colheita, ressalta-se a forte inserção da mecanização no setor de colheita florestal, isso se dá devido a produção intensiva. Portanto, é importante ressaltar que o elevado custo de aquisição faz com que aumente a preocupação das empresas nos indicadores de disponibilidade mecânica e eficiência operacional (PAGNUSSAT et al., 2019).

O *Harvester* trata-se do trator florestal colhedor, com a função de realizar simultaneamente as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento, descascamento (quando necessário) e empilhamento da madeira. Constitui-se de uma máquina base e um implemento, podendo o material rodante ser de esteira ou pneus, e quando de pneus, com tração 4x4, 6x6 e 8x8. De acordo com Machado et al. (2014b) o cabeçote *harvester* possui um sistema informatizado de mensuração para o corte programado dos sortimentos utilizados, podendo ainda vir com configuração de descascar a madeira.

O *Forwarder* trata-se do trator florestal auto-carregável, possuindo um chassi articulado, rodados de pneus com tração 6x6, 8x8 e 10x10. Possui uma caixa de carga com capacidade de carga variando de 10 a 25 toneladas, grua hidráulica para realização do carregamento da madeira com abertura da garra variando de 0,35 a 1,00 m² e alcance de 6,85 a 7,8 m (MACHADO et al., 2014b).

Figura 1 – Ilustração das máquinas Harvester e Forwarder. (a) Harvester. (b) Forwarder.



(a) (b)

Fonte: Excelência Operacional Florestal, Suzano, 2021.

A realização de estudos que visem a conhecer a capacidade produtiva e as possíveis variáveis que interferem no rendimento de máquinas e equipamentos da colheita florestal tornou-se uma preocupação crescente das empresas florestais, visando ao desenvolvimento de técnicas que melhorem o desempenho operacional e a eficiência das máquinas, maximizando a produtividade e reduzindo os custos de produção (SILVA et al., 2003).

4.4 Planejamento Florestal

O planejamento conduz à preparação dos planos operacionais. Estes podem ser de longo, médio e curto prazo, porém, sempre atualizados durante o período de planejamento. Antes de começar a colheita de madeira uma empresa deve esclarecer a ideia básica de suas ações e o propósito de sua colheita. Para atingi-la, requerem-se objetivos formulados e ordenados numa sequência lógica de tempo. Nestas bases, pode ser formulada a estratégia de colheita de madeira, o que significa que as atividades vão conduzir ao cumprimento da meta (KANTOLA; HARSTELA, 1994). O planejamento da colheita florestal requer uma análise cuidadosa das variáveis que influenciam a produtividade da máquina, sendo essas informações cruciais para uma melhor tomada de decisão (LOPES et al., 2021).

Dependendo das condições edafoclimáticas em relação ao potencial genético de cada material, uma das ferramentas que ajuda no planejamento de atividades florestais constitui-se de modelos de crescimento, os quais estimam a produtividade dos plantios. O objetivo do uso destes modelos é auxiliar na tomada de decisão da implementação e da condução dos plantios, sendo, portanto, uma ferramenta útil na otimização dos processos produtivos (RAMIREZ, 2014).

Os investimentos em pesquisa e desenvolvimento, novos usos e inovação em produtos e processos são extremamente importantes para o setor desde a matéria-prima até o produto e a gestão de resíduos. Na parte florestal, o investimento em tecnologia está ligado aos programas de melhoramento genético, novas técnicas de manejo de campo e de viveiro, automatizações e aprimoramentos em cada processo da produção, compra de maquinários e implementos, entre outros. Novas tecnologias estão sendo projetadas para apoiar no processo de tomada de decisão, tendo em vista as tendências atuais de melhorias dos processos produtivos (LOPES et al., 2021).

4.5 Condições Edafoclimáticas e Produtividade

A influência de fatores internos (genéticos) e externos (ecológicos) a que está exposta a planta, também afeta diretamente o ritmo de crescimento através do tempo, sendo mais sensível ou resistente nos diferentes estados fisiológicos (ENCINAS et al., 2005). No caso brasileiro, o crescimento do eucalipto, está fortemente afetado pelo clima. Um exemplo consta da distribuição das chuvas que afeta a disponibilidade de água no solo, ou o déficit de pressão de vapor, que restringe o crescimento através do fechamento dos estômatos (STAPE et al., 2004, ALMEIDA et al., 2004 e ALMEIDA et al, 2007). As espécies do gênero *Eucalyptus* destacam-se devido à boa adaptação às condições edafoclimáticas das diversas regiões do Brasil, que juntamente com programas de melhoramento genético, tem potencializado ainda mais a produção madeireira.

De acordo com Moreira (2000) estudos realizados com sistemas de colheita mecanizados mostraram que a produtividade dos povoamentos apresentava influência direta sobre a eficiência de várias máquinas, sendo mais eficientes aquelas que atuavam em povoamentos de maior produtividade volumétrica por unidade de área.

A produtividade de uma máquina de colheita depende de várias condições, sendo as mais importantes: clima; escala de produção; capacidade de suporte do terreno; topografia;

características das árvores (tipo de casca, volume etc.); características da floresta (idade, rendimento, etc.) e do sistema de colheita e da capacidade do operador (SEIXAS, 1998). O desempenho dos *Harvesters* é também influenciado pela razão entre o número de árvores não-comerciais por hectare e o número de árvores comerciais por hectare e pela experiência do operador (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002).

Para manter a competitividade é necessário aumentar a produtividade e reduzir custos; com isto, a colheita, por ser o item que mais onera o custo de produção da madeira no Brasil (TANAKA, 1986, MACHADO, 1984, VALVERDE, 2000), precisa ter suas operações otimizadas, de forma que a qualidade seja melhorada, as perdas diminuídas e os custos minimizados. Portanto, a realização de estudos que visem conhecer a real capacidade produtiva e possíveis variáveis que interferem no rendimento das máquinas de colheita de madeira tornou-se uma preocupação crescente por parte das empresas florestais, com vistas ao desenvolvimento de técnicas que melhorem o desempenho operacional das máquinas, maximizando a produtividade e reduzindo os custos de produção (SILVA et al., 2003).

As principais variáveis externas que influenciam na produtividade das máquinas nas operações de colheita de madeira, e que complementam o trabalho de Wadouski (1987) são: a declividade do terreno, a espécie, o diâmetro da base, o diâmetro dos galhos, a altura e o volume individual das árvores, o volume por hectare, o espaçamento, o comprimento da madeira, a umidade do solo, a qualidade do planejamento das operações, a pluviosidade, entre outros. O planejamento e o acompanhamento das variáveis relacionadas à operacionalidade dos equipamentos são de suma importância para a obtenção de bons padrões de produtividade, bem como, a sua manutenção durante toda a vida útil da máquina.

4.6 Qualidade Florestal

No setor florestal, a preocupação com a qualidade é relativamente recente se comparado aos outros setores produtivos. Os primeiros trabalhos foram realizados na década de 1980. Toda atividade e processos de uma empresa necessitam de controle, e por isso, torna-se necessário o emprego de indicadores capazes de fornecer informações confiáveis para auxiliar na tomada de decisões. Braidotti Junior (2015) expõem que os indicadores de desempenho são definidos como uma combinação de fatores econômicos, organizacionais e técnicos na forma de índices e percentuais que permitem mostrar o desempenho dos serviços. A função dos indicadores de

desempenho é indicar as oportunidades de melhoria contínua dentro de cada processo produtivo, de modo a otimizar as operações.

Para Fortes et al. (2009), o principal objetivo das organizações da iniciativa privada é obter maior lucratividade, e deste modo, a forma mais simples e prática para alcançar tal objetivo é reduzindo desperdícios em todos os setores do processo produtivo. A preocupação com a qualidade dos processos é crescente, mas ainda há um longo caminho a percorrer até que seja desenvolvida uma cultura de qualidade. Os resultados evidenciam que vale o esforço empreendido e que os ganhos são sempre compensadores (TRINDADE et al., 2017).

5 MATERIAL E MÉTODOS

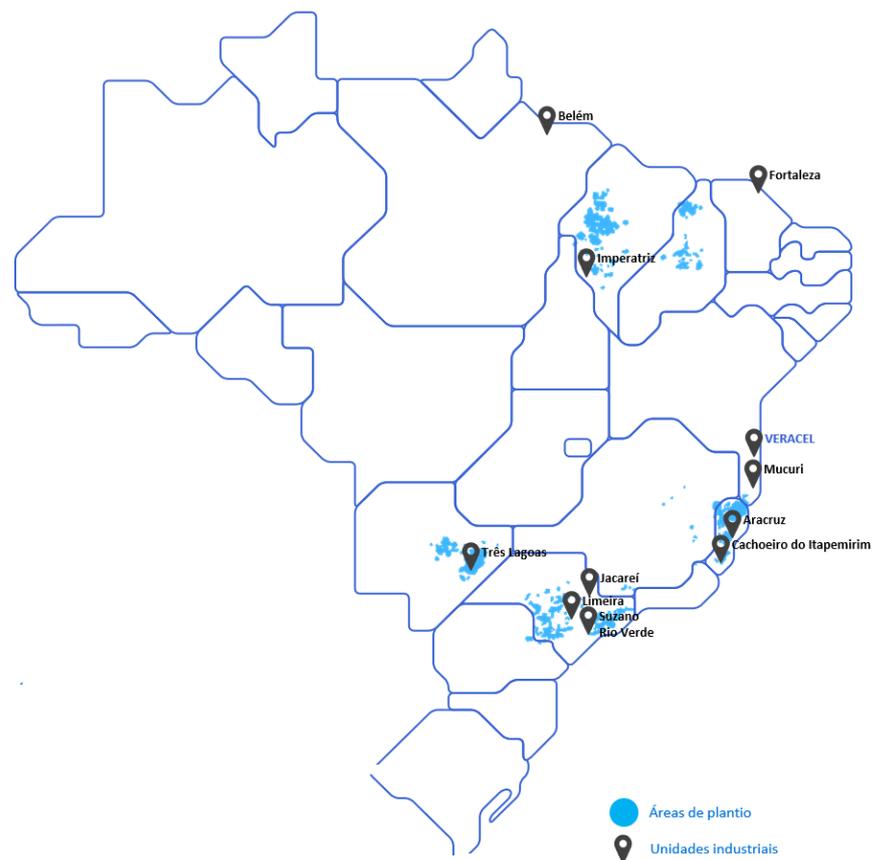
5.1 Descrição geral da empresa

A empresa SUZANO S/A, maior produtora mundial de celulose, é uma empresa multinacional brasileira. Fundada no ano de 1924, data que marca a criação da Suzano Papel e Celulose, dezessete anos depois, entra em operação sua primeira fábrica de papel, no Bairro do Ipiranga, em São Paulo (SP). Um marco importante na sua história foi a recente fusão com a Fibria, movimento que cria a SUZANO S/A. Hoje a empresa é constituída pela soma de mais de 35 mil colaboradores, diretos e indiretos, 11 unidades industriais localizadas por todo território brasileiro: Suzano, Limeira, Rio Verde, Jacareí, Aracruz, Mucuri, Três Lagoas, Imperatriz, Belém, Fortaleza e a *joint operation* Veracel. São 20 centros de distribuição no Brasil, 3 portos, 8 centros de tecnologia e 5 escritórios internacionais: China, Áustria, Suíça, Estados Unidos e Argentina. A Suzano S/A é uma empresa de base renovável. Os produtos são feitos a partir de eucalipto plantado especialmente para essa finalidade. A partir da biotecnologia, buscam melhorar os plantios florestais por meio do aumento da produtividade e da sanidade das árvores, de forma integrada com o melhoramento clássico e o manejo florestal sustentável (dados retirados do site oficial da SUZANO S/A).

A empresa possui 1,3 milhão de hectares de áreas plantadas, mais de 900 mil hectares de florestas conservadas, impactando mais de 2 bilhões de pessoas com seus produtos de bens de consumo. A capacidade de produção de celulose chega a 10,9 milhão de toneladas por ano, atendendo 35 mil clientes no segmento de papel. A capacidade de produção de papel chega a 1,3 milhão de toneladas por ano e de papel higiênico com capacidade de produção de 140 mil toneladas por ano (dados retirados do site oficial da SUZANO S/A).

A empresa é fragmentada nos cinco grandes estados, nos quais atuam as frentes industriais e unidades florestais: São Paulo, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Bahia e Espírito Santo (Figura 2). Em todas as áreas de plantios comerciais florestais são adotados o manejo sustentável, em forma de mosaicos que intercalam plantios e áreas de mata nativa, e que favorece a conservação do solo, das águas e da biodiversidade que habita essas áreas. A colheita florestal da SUZANO S/A, no Brasil, produz aproximadamente 38,2 milhões de m³ de madeira por ano. Sendo que deste valor 13,4 milhões de m³ (35%) vem da Bahia e Espírito Santo, 11,8 milhões de m³ (31%) de Três Lagoas (MS), 7,6 milhões de m³ (19%) de São Paulo e 5,8 milhões de m³ (15%) do Maranhão (dados retirados do site oficial da SUZANO S/A).

Figura 2 – Base Geográfica SUZANO S/A.



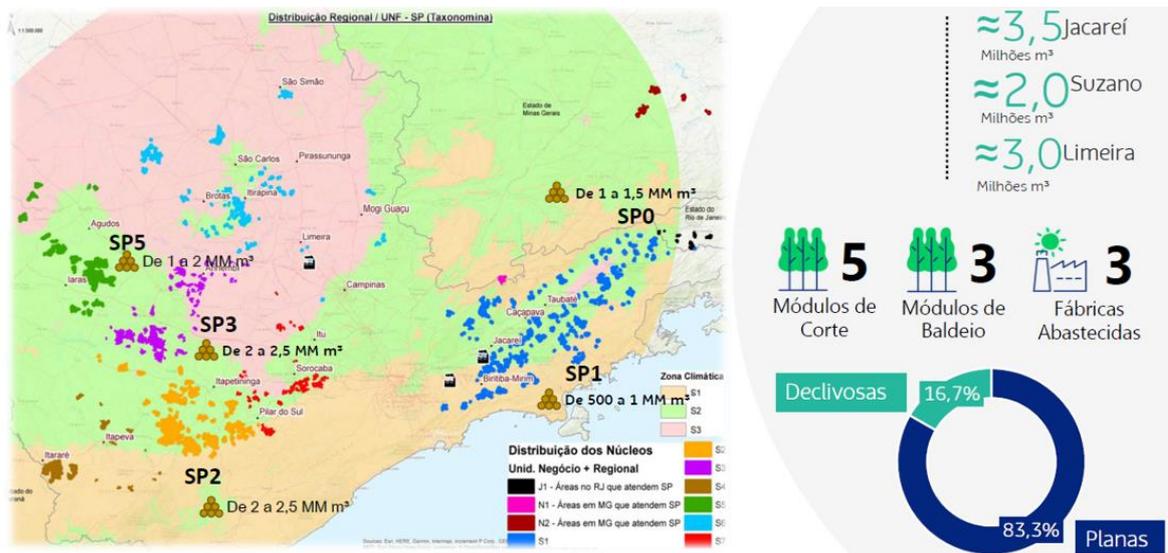
Fonte: Excelência Operacional Florestal, SUZANO S/A, 2021.

A Unidade Florestal de São Paulo (UNF SP) é constituída por cinco (5) módulos de corte, três (3) módulos de baldeio e três (3) fábricas de abastecimento (Figura 3). Na UNF SP as operações florestais são realizadas de forma mecanizada e semi-mecanizada na área da colheita,

as áreas de silvicultura contam com atividades manuais e semi-mecanizadas e logística mecanizadas, com uma estrutura de módulos móveis e toda a equipe operacional em campo e as três unidades fabris já mencionadas.

A Excelência Operacional Florestal é uma área estratégica da empresa, que atua com o objetivo de trazer melhoria contínua para os processos. Deste modo, envolve toda a cadeia produtiva com projetos de alto impacto. O foco é a otimização dos processos e redução de custos, com práticas de ágeis e assertivas.

Figura 3 – Distribuição regional da estrutura operacional e fabril da SUZANO S/A -UNF SP.



Fonte: Colheita Florestal, SUZANO S/A, 2021.

O presente estágio foi realizado na área de Excelência Operacional Florestal da UNF SP. Durante esse período foram realizadas atividades nas áreas de colheita florestal e silvicultura. As quais envolveram demandas de rotina, planejamento operacional, acompanhamento de planos de ação, projetos e criação de projetos de inovação, com grande impacto para a companhia (Tabela 1).

Tabela 1 – Atividades desenvolvidas no período de estágio na área de Excelência Operacional da SUZANO S/A – UNF SP.

| Capacitação Profissional | Projetos | Rotina |
|---|---|---|
| Replicação Matriz Florestal no sistema Universo Suzano (US) – Matriz Florestal Colheita SP (transição Programa de Treinamento Operacional Florestal - PTOF para US) | Influência do material genético na produtividade da colheita | Auxílio controle financeiro da Excelência Operacional (EO) |
| Criação, levantamento e monitoramento da base de dados de treinamentos | Assertividade em Transmissão de Dados – SIMOVA | Compilação mensal apresentação fechamento EO + Operação |
| Criação Gestão do Conhecimento | Plano de Ação – SIMOVA + SSQV (segurança) | Fechamento mensal de indicadores de treinamentos |
| Criação de Cartilhas instrutivas para a operação | Avaliação de Resíduos (Qualidade Florestal) – unidades fabris de SP | Reuniões de rotina (time e áreas afins) |
| Planejamento de Treinamentos Formação | Implantação do sistema Agritask – Rastreabilidade de insumos (criação de cartilhas instrutivas – manual do usuário) | Reunião semanal com prestadoras de serviços (Planejamento dos Treinamentos) |
| Levantamento propostas de prestadoras de serviço | Instalação Teste Lodo Primário | Reuniões mensais com técnicos terceiros |
| Criação reuniões mensais para mostra de resultados (técnicos terceiros) | Projeto escavadeira (análise de indicadores: Disponibilidade Mecânica (DM), Eficiência Operacional (EO) e Índice de Utilização Operacional (IUO). | |

Fonte: Do autor (2021).

- DM (%): medir o quanto a máquina está disponível para operação. Independente se ela será ou não utilizada.
- EO (%): medir o quanto a operação está eficiente.
- IU (%): medir a eficiência de uso do equipamento, considerando a escala de trabalho (horas programadas).

Figura 4: Cálculo dos indicadores.



Fonte: Excelência Operacional, Suzano, 2021.

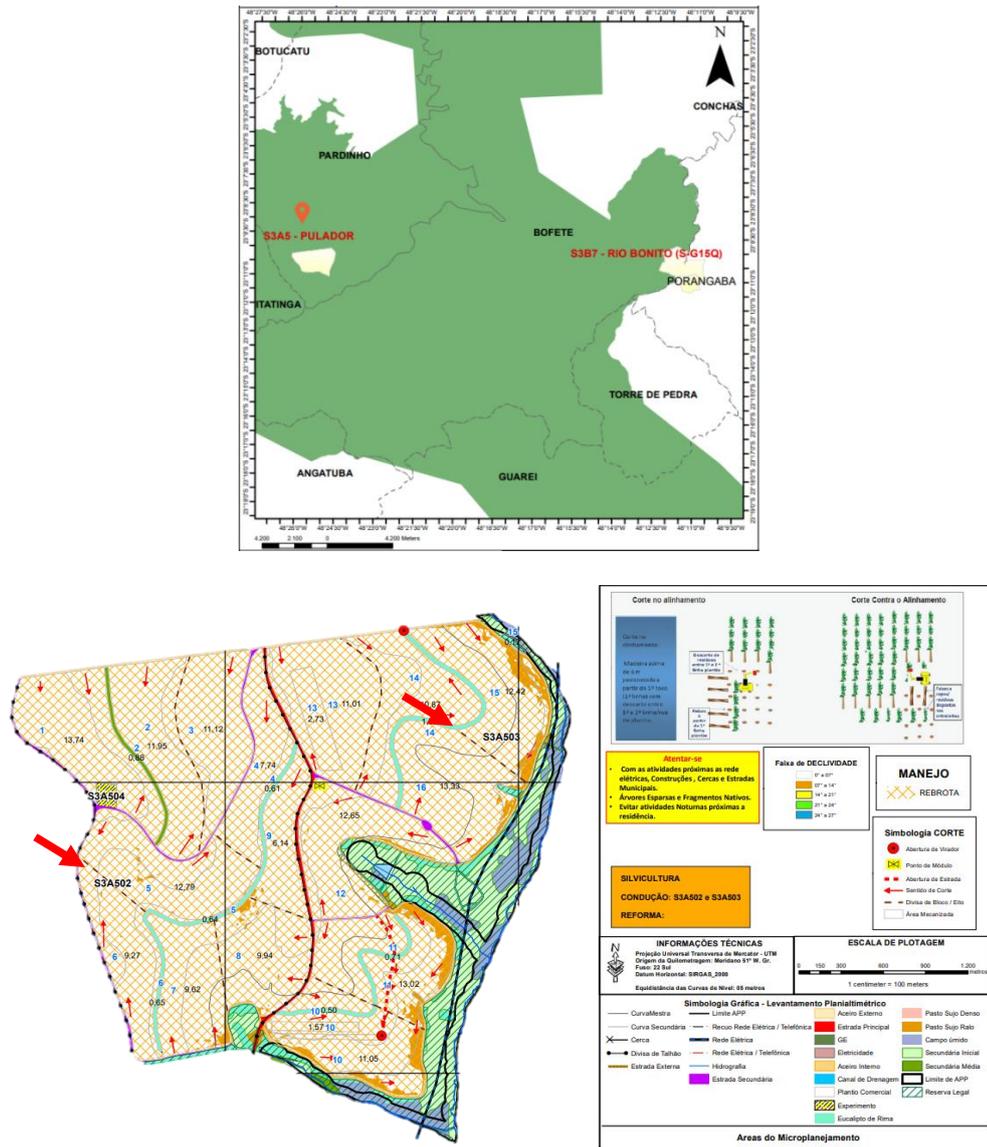
As atividades desenvolvidas no período de estágio de maiores impactos foram os projetos desenvolvidos na área da colheita: ‘Assertividade em Transmissão de Dados’ e ‘Influência do Material Genético na Produtividade da Colheita’, os quais foram apresentados ao time Excelência Operacional Corporativo (Brasil) e a coordenadores e gerência da área, como projetos com grande possibilidade de alto impacto para companhia. As atividades desenvolvidas na área de capacitação profissional deram visibilidade, no que tange a organização, planejamento e automatização dos processos da área, o que resultou em otimização e gestão do conhecimento, de forma estratégica e ágil.

5.2 Área de Estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Pulador, localizada na UNF SP da SUZANO S/A, no módulo de colheita SP03, no município Pardinho, interior de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 23°04'52" Sul e 48°22'25" Oeste, a uma elevação de 900 metros em sua sede municipal (Figura 5A). De acordo com a classificação climática de Köppen, adaptada por Alvares et al., (2013) o clima é do tipo Cwa, com média de temperatura de 22°C, sendo a média de pluviosidade anual de 1444mm. O teste foi implantado no período de seca (maio a setembro), com precipitação mensal no mês de agosto de 39mm, a temperatura no mês apresentou mínima de 13°C e máxima de 26°C (Figura 5). A Fazenda Pulador (Figura 5B) possui 186,67 hectares (ha), constituída por três Unidades de Produção (UP): S3A502 (92,32ha), S3A503 (88,66ha) e

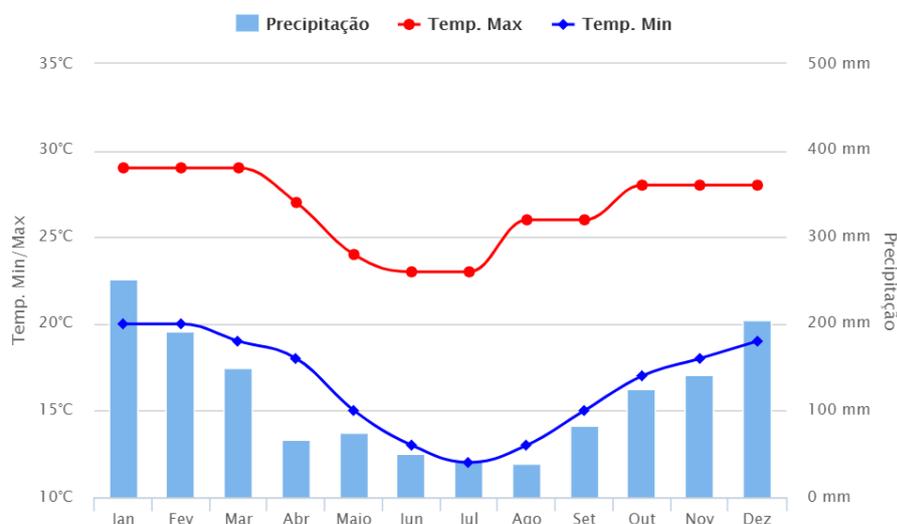
S3A504 (5,69ha) (Figura 5B). O estudo foi realizado nas UPs: S3A502 e S3A503, as quais seguirão com manejo do tipo rebrota.

Figura 5 – A) Localização do município da área de estudo. B) Localização das Unidades de Produção da Fazenda Pulador selecionadas para o estudo.



Adaptado: PCP UNF SP, SUZANO S/A, 2021.

Figura 6 – Climatologia do município de Pardinho SP.



Fonte: CLIMATEMPO - 2021.

5.3 O problema da colheita florestal

O processo de descascamento varia de acordo com várias variáveis, sendo elas o material genético, condições de relevo, pluviosidade, estação do ano, solo, operador, máquina, entre outros. Dentro deste contexto, observou-se nas unidades de produção, em avaliações de qualidade realizadas a diferença de descascamento das árvores entre clones diferentes. Determinados clones apresentaram melhores descascamentos e outros piores, isto de forma subjetiva e visual em campo, analisando apenas a quantidade de casca agregada no feixe. Deste modo, houve-se a necessidade de trazer respostas mais concretas, em relação ao comportamento de diferentes clones frente ao processo de descascamento de toras, com ênfase na produtividade e parâmetros de qualidade avaliados: (i) casca agregada, (ii) casca solta e (iii) toco.

Portanto, este estudo partiu do pressuposto de que metodologias diferentes no processo de descascamento de toras é uma variável que influencia na produtividade e qualidade; e a produtividade é influenciada principalmente pelas variáveis: máquina, operador e o volume médio individual da árvore (VMI), o qual é calculado pelo volume médio do povoamento (m^3/ha) dividido pelo número de árvores). Tendo como variável independente as metodologias de processamento de toras utilizados no estudo e variável dependente a produtividade por clone e operador, em cada tratamento.

Reuniões foram realizadas com o supervisor do módulo SP03, onde foi utilizado o Plano Anual de Colheita (PAC), como o balizador para a estratégia de colher os clones do estudo. Deste modo, devido a presença dos clones 1048 e 1049, na Fazenda Pulador, foi definido a data para início do teste, conforme apresentado no PAC a data de entrada da colheita florestal na fazenda. O comprimento da tora alvo definido foi de 6,80m (sistema de toras curtas) para abastecimento da fábrica. Em mesma instância foi analisado juntamente com o gerente de silvicultura, os materiais genéticos com as maiores porcentagens de plantio pela SUZANO S/A, no ano de 2022. Sendo de maior relevância os clones já mencionados (clone 1048 e clone 1049).

Para a estratégia de implantação do teste, foram selecionados operadores com curvas de aderência próximas e experientes. As máquinas apresentaram a mesma máquina base e cabeçote (modelo 370E), de modo a minimizar a influência de variáveis externas. As UPs selecionadas apresentaram condições semelhantes de declividade (0° a 7°). As metodologias foram testadas nos dois tipos de material genético: 1048 e 1049. Foram selecionadas duas metodologias diferentes para avaliação em campo (Tabela 2), sendo a metodologia ‘2,5 toras (1,5 ciclo) restante 1 passada’, denominada de nova metodologia. E a metodologia 4 a 5 toras (1,5 ciclo), denominada convencional. Neste estudo, foi apresentado as análises referentes a Fazenda Pulador, sendo que a metodologia selecionada para o teste foi a que mais adequou-se as características do clone, tendo em vista produtividade e qualidade.

Tabela 2 – Descrição das metodologias testadas no estudo.

| Metodologia | Tipo | Comprimento tora alvo (m) |
|--|------------------|----------------------------------|
| 2,5 toras (1,5 ciclo) - restante 1 passada | Nova Metodologia | 6,80 |
| 4 a 5 toras (1,5 ciclo) | Convencional | 6,80 |

Fonte: Do autor (2021).

5.4 Coleta de Dados

Os dados foram coletados no período de 14 de agosto a 20 de agosto de 2021, no módulo de colheita SP03, da Fazenda Pulador. Foram realizados estudo de tempos e movimentos (ETM), onde foi coletado o número de árvores processadas por hora (árv/h) em cada metodologia testada. As informações de produtividade foram coletadas em campo (ANEXO A) e monitoradas pelo computador de bordo de cada máquina, onde as informações foram computadas pela transmissão de dados via antena e tratadas, diariamente, para atualização dos

dados no Power BI de Produtividade da Colheita Florestal. Foram realizadas duas avaliações de qualidade: Nível 1, avaliação feita pela equipe própria da Suzano S/A e Nível 2, avaliação realizada por equipe terceirizada. A coleta dos dados de qualidade foi computada de forma automatizada pelo aplicativo SURVEY, em campo, pelos técnicos próprios (Nível 1) e terceiros (Nível 2), separadamente (Figura 7). Estes dados foram coletados de forma manual (ANEXO A). Todas as informações coletadas foram transmitidas para o Power BI de Monitoramento de Qualidade da Colheita Florestal (ANEXO B). Foi realizada uma avaliação de qualidade por metodologia, clone e máquina.

Figura 7 – Avaliação de Qualidade (Nível 1 e 2) da conformidade dos parâmetros casca solta, casca agregada e toco (a). Avaliação de conformidade do parâmetro altura de toco (b). Avaliação de conformidade do comprimento alvo (c).



(a) (b) (c)

Fonte: Do autor (2021).

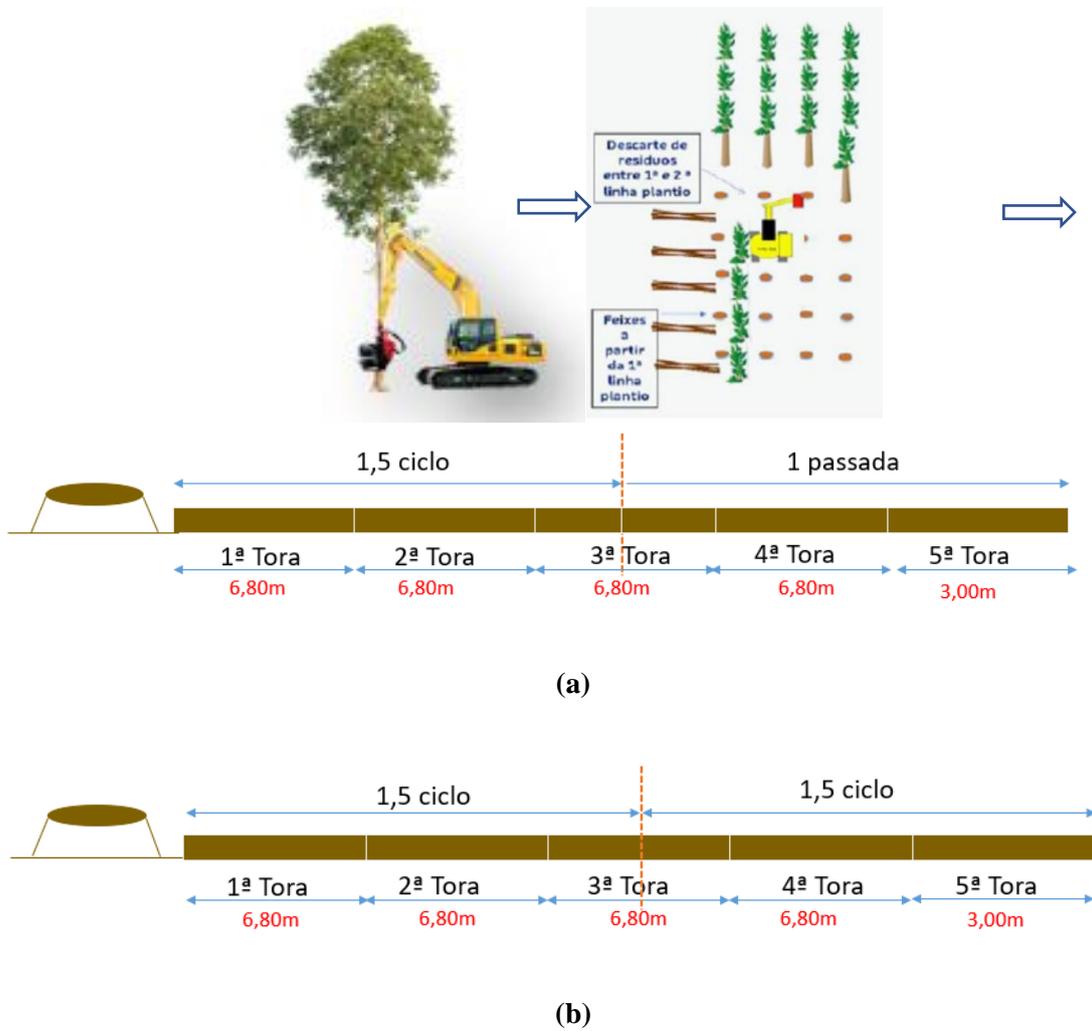
No dia 14 de agosto de 2021 iniciou-se a operacionalização em campo do teste, na Fazenda Pulador, módulo SP03/Corte, no município de Pardinho/SP. As classes de descascamento foram classificadas em: (i) bom, (ii) médio e (iii) ruim, de acordo com a experiência observada em campo, dos supervisores, nos clones já trabalhos em algum momento na operação, em relação a facilidade ou dificuldade de descascamento das toras com base, principalmente na avaliação de qualidade feita pela equipe Nível 1 e Nível 2. Foram relacionadas às dificuldades de cada clone em relação ao descascamento. A classificação foi feita em primeiro momento pela coleta de experiência da frente operacional (supervisores, técnicos e operadores) com auxílio do Plano Anual de Colheita (PAC), onde o mesmo foi utilizado como material base para definição de qual material genético seria realizado o teste, de acordo com a fazenda que iria ser

colhida. Em segundo momento pelo monitoramento feito em campo nos períodos do teste. Vale ressaltar, que a classificação feita no teste é um balizador para a frente operacional, mas tem-se várias variáveis que influenciam no processamento de toras além do material genético, podendo ser específica para cada caso.

Foram testados dois tratamentos diferentes, em relação as metodologias de passadas do cabeçote na árvore, com foco no processo de descascamento de toras. A metodologia 2,5T (Figura 8a), o cabeçote realizou 1,5 ciclo em 2 toras e meia, que corresponde a abater a árvore, passar os rolos até quase a terceira tora da árvore, voltar até a base e, em seguida, processar e colocar na pilha. O restante da árvore foi realizado apenas uma ‘passada’ dos rolos, sem volta e colocadas as toras direto na pilha. Na metodologia convencional (Figura 8b), o cabeçote realizou 1,5 ciclo em 4 toras ou 5 toras (dependendo da altura total da árvore), que corresponde a abater a árvore, passar os rolos em até metade da árvore, voltar até a base e, em seguida, processar e colocar na pilha. O restante da árvore foi realizado o mesmo procedimento.

O modelo de sistema de colheita mecanizada utilizado no teste foi: *harvester* com *forwarder*. Este modelo trabalha em um sistema de colheita com processamento das árvores no local de abate, ou seja, utilizado no sistema de toras curtas (*cut-to-length*) (LIMA; LEITE, 2008). Neste estudo foram selecionadas cinco (5) máquinas de *Harvester*. A máquina base utilizada foi Komatsu, sobre esteiras, sendo equipada com um cabeçote 370E (Figura 8c; 8d).

Figura 8 – (a) Fluxograma do processamento de toras do estudo no tratamento 1 ‘2,5 toras (1,5 ciclo) restante 1 passada’(metodologia nova testada); (b) Fluxograma do processamento de toras do estudo no tratamento 2 ‘4 a 5 toras (1,5 ciclo)’ (metodologia convencional); (c) Máquina de base Komatsu (esteira) selecionada para o estudo e (d) Cabeçote 370E utilizado no estudo .



(c)



(d)

Fonte: Do autor (2021).

As máquinas definidas para o teste foram: Fúria (HV0068), Bebê (HV0164), Raposa (HV0150), Spider (HV1705) e Relâmpago (HV1912). Foram selecionados para o teste 20 operadores (4 operadores/máquina), os quais rodaram turnos. O acompanhamento da operacionalização em campo das metodologias ocorreu nos turnos das 08h00 às 16h00. Foram realizados o acompanhamento com todos os operadores das máquinas selecionadas para o teste, os quais ficaram fixos na mesma máquina. As UP selecionadas foram: S3A502 (92,32ha) e S3A503 (88,66ha), com material genético 1049 e 1048, respectivamente. As árvores foram cortadas e processadas em toras, com dimensões de 6,80m, no próprio local de abate. A operacionalização da nova metodologia ocorreu ininterruptamente nos períodos do teste (24 horas), seguindo o mesmo planejamento operacional do módulo. Todo o teste foi identificado em campo, com auxílio de tinta spray, onde foram nomeadas as metodologias por UP e por clone e feito acompanhamento da operacionalização das metodologias com os operadores em campo (Figura 9). Foi realizada a identificação do teste no sistema automatizado, aplicativo SURVEY como ‘Teste clones Paola’, para realização do monitoramento e análises das informações coletadas em campo, para produtividade qualidade.

Figura 9 – (a) Identificação do teste em campo; (b) Monitoramento das metodologias no campo.



(a) (b)

Fonte: Do autor (2021).

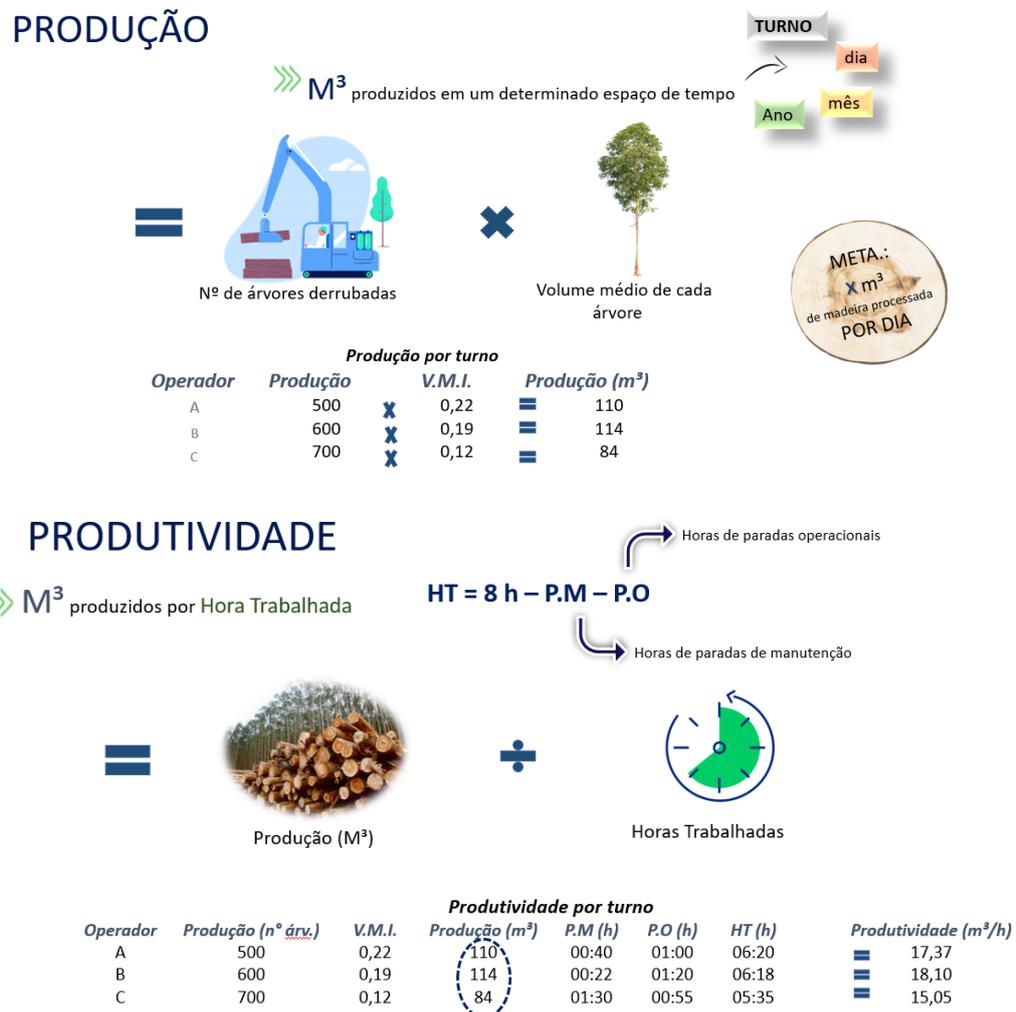
5.5 Indicadores Avaliados

5.5.1 Produtividade

A produtividade está diretamente ligada à produção. A produção corresponde ao m³ de madeira produzidos em um determinado espaço de tempo. No caso das operações florestais, em

especial a colheita, esse espaço está relacionado ao turno feito pelos operadores (dia, mês e ano). Para o cálculo da produção (m^3) foi realizada a contagem do número de árvores derrubadas e multiplicado pelo volume médio individual da árvore (VMI). A produtividade corresponde ao m^3 produzido por hora trabalhada (HT). Para o cálculo da produtividade (m^3/h) foi utilizado o valor da produção (m^3) dividido pelas horas trabalhadas. A HT não considera as horas de paradas de manutenção e nem as horas de paradas operacionais (Figura 10).

Figura 10 – Cálculo da produção e produtividade na colheita florestal.



Fonte: Excelência Operacional Florestal, SUZANO S/A, 2021.

5.5.2 Qualidade Florestal

As avaliações de qualidade apresentam dados importantes que direcionam no monitoramento das áreas que foram colhidas e seguirão para a fábrica. As avaliações foram coletadas em dez (10) feixes de madeira (por máquina e por clone). Na avaliação Nível 1

(equipe própria) e 2 (equipe terceirizada), foram avaliados os seguintes parâmetros: (1) Comprimento Alvo; (2) Comprimento de Aproveitamento; (3) Padrão de Feixe; (4) Casca Solta no Feixe e Resíduo; (5) Casca Agregada à Tora; (6) Disposição de Resíduos; (7) Toras Bifurcadas; (8) Toras com Galhos; (9) Altura de Toco; e (10) Dano ao Toco.

Cada avaliação realizada nos feixes recebeu penalidades com pesos (%) diferentes, caso não apresentasse conformidade dos parâmetros avaliados, mencionados acima. Toda a avaliação foi realizada pelo sistema SURVEY, automaticamente, em campo. Os pesos gerados para cada penalidade variaram de 5 a 20%. Sendo os itens casca solta, casca agregada, padrão de feixe e tora alvo com os maiores valores de penalidade (20%). As notas de qualidade foram geradas em tempo real, calculada de forma automática pelo sistema, após inserção dos dados coletados em campo, variando de 0 a 100%. Vale ressaltar que a meta de qualidade para a colheita florestal é de 90%.

5.6 Análise Estatística

Segundo VIEIRA et al. (1989), a comparação de médias só pode ser feita após a análise de variância (ANOVA), isto porque todos os procedimentos para obter a diferença mínima significativa, exigem o cálculo do quadrado médio do resíduo. Mas a análise de variância também gera o valor de F, que permite decidir se as médias são ou não iguais, a determinado nível de significância. A ANOVA é um método suficientemente poderoso para poder identificar diferenças entre as médias populacionais devidas a várias causas atuando simultaneamente sobre os elementos da população (COSTA NETO, 1977). Segundo FONSECA et al. (1982) o método de análise de variância indica a aceitação ou rejeição da hipótese de igualdade das médias. Se a hipótese de nulidade (H_0) for rejeitada, admite-se que, pelo menos, uma das médias é diferente das demais.

Os métodos de comparação múltipla baseados em análise de agrupamento univariada, eliminam resultados de difícil interpretação, devido a ambiguidade apresentada, pois têm por objetivo separar as médias de tratamentos em grupos homogêneos, pela minimização da variação dentro, e maximização entre grupos e um desses procedimentos é o teste de Scott-Knott (SANTOS, 2000). O método de separação de médias de Scott-Knott (SCOTT; KNOTT, 1974) possui a vantagem sobre outros os métodos de separar as médias em grupos discretos, sem sobreposição entre os grupos. O método de Scott-Knott torna-se uma alternativa viável aos

pesquisadores que na maioria das vezes preferem resultados mais diretos e mais fáceis de serem interpretados.

Os dados coletados para análise de variância (ANOVA), foram realizados sob um delineamento inteiramente casualizado. Para avaliação das variáveis, metodologia e clone foram considerados como tratamentos do teste. Foram coletadas informações de produtividade (m^3/h) de dois clones (2) e cinco (5) máquinas para cada metodologia de processamento de toras (Tabela 3). Em seguida, foi utilizado o software SISVAR 5.6 e *Minitab Statistical*, nos procedimentos estatísticos, em que inicialmente procedeu-se a análise de variância (ANOVA) do tipo fator único tendo como variáveis resposta, produtividade, por clone e metodologia. A partir do quadro de ANOVA, foi empregado o teste F e em seguida foi realizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de significância.

Tabela 3 – Variáveis analisadas no teste.

| Tratamentos | | Repetição | N° máquinas | Interação | Variável resposta |
|-------------|------------------------------|-----------|----------------|---------------------|---|
| Clone | Metodologia Processamento | | | | |
| 1048 | 2,5T | 17 | 5 | Clone x Metodologia | Produtividade (m^3/h) |
| 1048 | Convencional | 17 | 5 | Clone x Metodologia | Produtividade (m^3/h) |
| 1049 | 2,5T | 17 | 5 | Clone x Metodologia | Produtividade (m^3/h) |
| 1049 | Convencional | 17 | 5 | Clone x Metodologia | Produtividade (m^3/h) |

Fonte: Do autor (2021).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Produtividade

Na Tabela 4, foram apresentados resultados dos dois diferentes tipos de material genético e duas metodologias no processo de descascamento de toras (sendo estes os tratamentos analisados), com 17 repetições de cada metodologia por clone, totalizando 68 repetições. Também são demonstrados os resultados de produtividade média (m^3/h), correspondentes a cada tratamento por clone, sendo esta a variável resposta.

Tabela 4 - Valores relativos à produtividade média dos tratamentos em cada material genético.

| Material Genético | Metodologia | Produtividade Média (m³/h) | N^o repetições |
|--------------------------|--------------------|--|---------------------------------|
| SUZSP1048 | 2,5T | 26,00 | 17 |
| SUZSP1048 | Convencional | 20,75 | 17 |
| SUZSP1049 | 2,5T | 25,63 | 17 |
| SUZSP1049 | Convencional | 22,64 | 17 |

Fonte: Do autor (2021).

Conforme observado, na metodologia 2,5T, observou-se uma maior produtividade (m³/h) em relação a metodologia Convencional, apresentando aumento de 5,25 (m³/h) no clone 1048 e 2,99 (m³/h) no clone 1049. Partindo destes resultados observa-se que a metodologia aplicada no processo de descascamento de toras tem influência na produtividade (m³/h). Isso pode ter ocorrido devido à redução de tempo (h) no processamento de toras na metodologia 2,5T, uma vez que, reduziu-se o número de passadas do cabeçote nas toras, aumentando o número de árvores processadas por hora. Para Jacovine *et. al.* (2001), é necessário e urgente a busca de técnicas que tornem a colheita e o beneficiamento da madeira mais racionais, visando um melhor aproveitamento do material lenhoso e a diminuição de custos operacionais.

A metodologia 2,5T, apresentou este aumento de produtividade e conseqüentemente reduziu o número de passadas do cabeçote nas toras de madeira da colheita, neste sentido, ressalta-se também a possibilidade de redução de custos na manutenção das máquinas, tendo em vista o aumento da eficiência no processo. Levando em consideração que a manutenção é vista como uma das atividades fundamentais na produção, sua correta aplicação evita paradas operacionais contribuindo para maior disponibilidade mecânica produtividade e redução dos custos (BROWN; DINIZ, 2017). Avaliando estatisticamente os tratamentos, na Tabela 5 é apresentado o resultado da análise de variância e teste de média pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 5 - Teste de média (Scott-Knott).

| FV | GL | SQ | QM | Fc |
|-------------|------|------------|------------|----------|
| CLONE | 1 | 9.819200 | 9.819200 | 2.184 |
| METODOLOGIA | 1 | 288.564800 | 288.564800 | 64.172** |
| Erro | 65 | 292.288006 | 4.496739 | |
| CV (%) = | 8,93 | | | |

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|--------------|-----------|---------------------|
| Convencional | 21.696176 | a1 |
| 2,5T | 25.816176 | a2 |

Fonte: Do autor (2021).

Conforme apresentado, observa-se que os tratamentos diferiram estatisticamente entre si a 5% de significância. O tratamento 2,5T apresentou média de 25,82 e o tratamento Convencional 21,70.

Tabela 6 - Teste de média interação clone *versus* metodologia (Scott-Knott).

| FV | GL | SQ | QM | Fc |
|---------------------|------|------------|------------|----------|
| CLONE x METODOLOGIA | 3 | 319.865888 | 106.621963 | 25.198** |
| erro | 64 | 270.806118 | 4.231346 | |
| CV (%) = | 8,66 | | | |

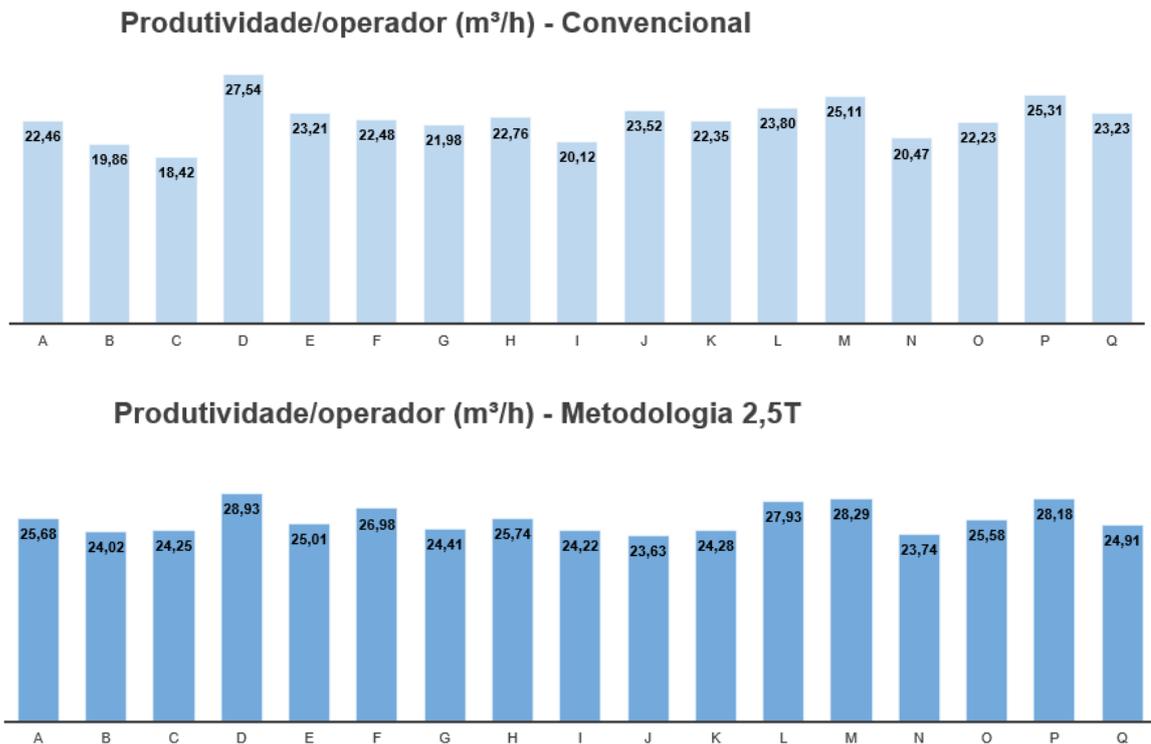
| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|----------------------------------|------------|---------------------|
| Clone 1048 x Metod. Convencional | 20.754118 | a1 |
| Clone 1049 x Metod. Convencional | 22.638235 | a2 |
| Clone 1049 x Metodologia 2,5T | 25.634.118 | a3 |
| Clone 1048 x Metodologia 2,5T | 25.998.235 | a3 |

Fonte: Do autor (2021).

Observa-se que a interação entre clone e metodologia diferiram estatisticamente entre si a 5% de significância. A interação clone 1049 *versus* metodologia convencional apresentou resultado mais significativo em relação a interação clone 1048 *versus* metodologia convencional, com média de 22,64 e 20,75 respectivamente. A interação clone 1049 *versus* metodologia 2,5T não apresentou diferença estatística em relação a interação clone 1048 *versus* metodologia 2,5T, apresentando médias de 25,63 e 25,99 respectivamente. De modo geral, observa-se que independente do clone, 1048 e 1049, a interação com a metodologia 2,5T

apresentaram valores mais significativos, em relação a interação dos clones com a metodologia convencional. Na figura 11, são mostrados o comparativo de produtividade (m^3/h) por operador da metodologia convencional em relação a metodologia 2,5T.

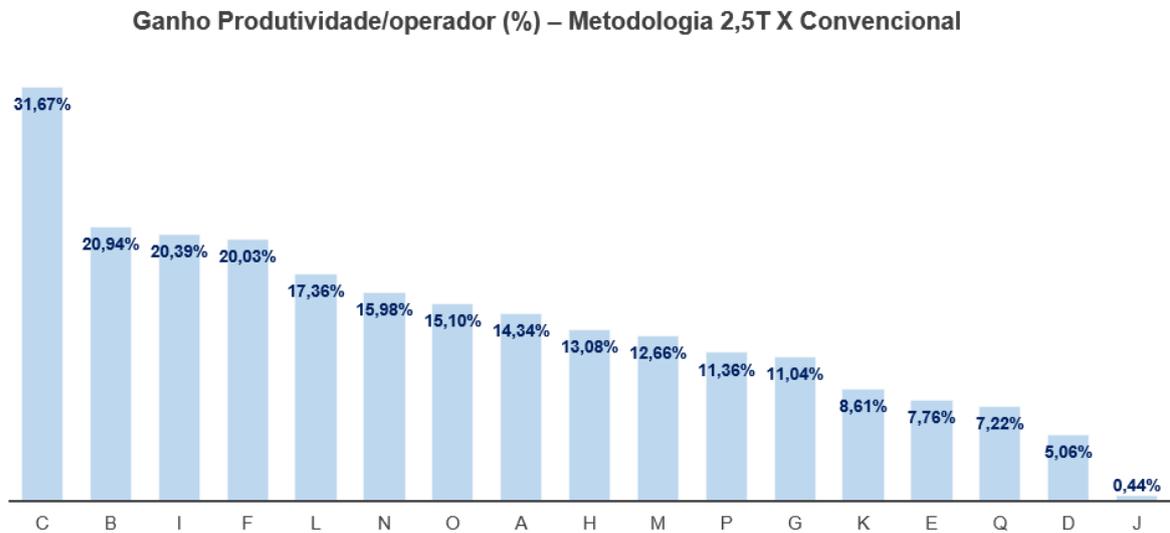
Figura 11 – Comparativo produtividade (m^3/h) por operador: metodologia convencional *versus* metodologia 2,5T.



Fonte: Do autor (2021).

Conforme apresentado, observa-se que a produtividade (m^3/h) por operador variou entre si. Nota-se que comparando os operadores na metodologia convencional com a metodologia 2,5T houve um aumento dos valores de produtividade em todos os operadores avaliados. Como exemplo, operador C obteve valor de 18,42 m^3/h na metodologia convencional e o mesmo operador apresentou o valor de 24,25 m^3/h na metodologia 2,5T. Vale ressaltar, que o comparativo de metodologias foi realizado nas mesmas condições. Na Figura 12 é apresentado o gráfico de ganho de produtividade por operador comparativamente em ambas as metodologias testadas.

Figura 12– Ganho de produtividade (%) por operador: metodologia convencional *versus* metodologia 2,5T.



Fonte: Do autor (2021).

Em relação ao ganho de produtividade (%) por operador entre as metodologias avaliadas, observa-se que houve aumento em todos os operadores avaliados, onde cada operador apresentou valores diferentes entre si. O operador C apresentou o maior valor de ganho, correspondendo ao valor de 31,67% de ganho de produtividade na metodologia 2,5T em relação a metodologia convencional. Com uma média de ganho geral de 13,71% de produtividade da metodologia 2,5T em relação a metodologia convencional. Contudo, nota-se que a variável operador influencia diretamente na produtividade (m^3/h).

6.2 Qualidade

Foram apresentados o *dashboard* do monitoramento da qualidade no módulo SP3 no mês anterior ao teste (julho/2021), onde obteve-se a nota geral de corte do módulo em questão. O resultado da nota de qualidade foi obtido conforme os parâmetros avaliados: (1) comprimento alvo (2) comprimento de aproveitamento, (3) padrão de feixe, (4) casca solta no feixe e resíduo, (5) casca agregada à tora, (6) disposição resíduos, (7) toras bifurcadas, (8) toras com galhos, (9) altura de toco e (10) dano ao toco (ANEXO B). Na figura 13, são apresentados o comparativo da média de nota de conformidade da metodologia convencional em relação a metodologia 2,5T.

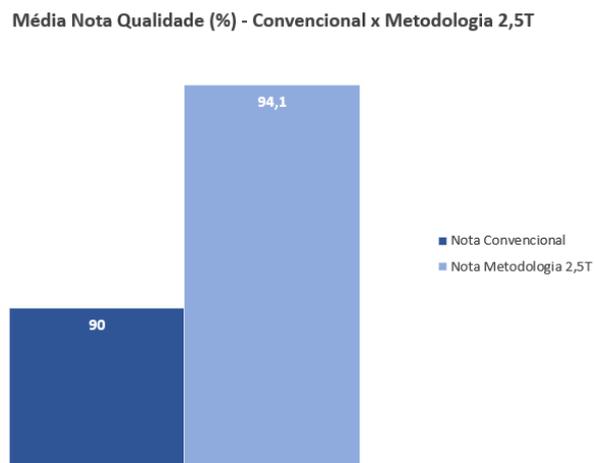
Figura 13 – Comparativo da média de nota conformidade para metodologia convencional *versus* metodologia 2,5T.



Fonte: Do autor (2021).

Os dados apresentados correspondem à média da nota de conformidade dos parâmetros avaliados no teste: casca solta, casca agregada e tora galhos. Observa-se que a média de nota de conformidade de feixes da metodologia convencional para casca solta, casca agregada e tora galhos foi de 9, 9 e 10, respectivamente. Para a metodologia 2,5T a média de nota de conformidade de feixes foi de 10, 9 e 10 respectivamente. Na Figura 14 é apresentado o gráfico comparativo da média de nota de qualidade (%) da metodologia convencional em relação a metodologia 2,5T.

Figura 14 – Comparativo da média de nota de qualidade (%) metodologia convencional *versus* metodologia 2,5T.



Fonte: Do autor (2021).

Nota-se que a média da nota de qualidade (%) da metodologia 2,5T apresentou valor superior se comparado com a metodologia convencional, apresentando valores de 94,1% e 90,0% respectivamente, com ganho de 4,1%. Vale ressaltar que a meta de qualidade definida na operação é de 90,0%, deste modo a metodologia 2,5T apresentou também valor superior a meta de qualidade estabelecida. Na Figura 15, são apresentados os registros fotográficos da qualidade dos feixes na metodologia convencional (a) e 2,5T (b).

Figura 15 – Qualidade dos feixes na metodologia convencional (a). Qualidade dos feixes na metodologia 2,5T (b).



(a)



(b)

Fonte: Do autor (2021).

7 CONCLUSÃO

A metodologia 2,5T apresentou-se como a melhor metodologia a ser seguida quando comparada com a metodologia convencional, baseado nas evidências e resultados obtidos no ganho de produtividade (m^3/h) e qualidade (%), o que permite entender um novo conceito de operação, no processo de descascamento de toras. De modo, que a operação atinja a qualidade aceitável definida e conseqüentemente, aumentando a produtividade.

As análises demonstram que há o real potencial de uso, podendo otimizar o processo de descascamento de toras e reduzir custos operacionais. Além disso, a produtividade é fortemente influenciada pela variável operador, como esperado. Porém cabe uma análise em relação a influência da máquina na produtividade.

Em relação a interação entre variáveis, clone e metodologia, a metodologia 2,5T apresentou-se como a melhor interação, independente do clone, quando comparada com a interação dos clones com a metodologia convencional, tendo em vista a variável resposta, média de produtividade (m^3/h).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.; LANDBERG, L.; SANDS, P. G. Parameterisation of 3-PG model for fast-growing *Eucalyptus grandis* plantations. Elsevier. **Forest Ecology and Management**. v. 193, 2004, p. 179-195.
- ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V.; LANDSBERG, J. J.; REZENDE, G. D. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. Elsevier. **Forest Ecology and Management**. v. 251, 2007, p. 10–21.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, S. C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois sistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia**. 1998, 125 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 1998.
- BARBOSA, T. L. **Qualidade da madeira de clones de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla cultivados em cinco regiões do estado de Minas Gerais para produção de celulose**. 2013, 125 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES. 2013.
- BIRRO, M. H. B.; 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**, v. 26, n.5, p. 525-532, 2002.
- BRAIDOTTI JUNIOR, J. W. **Utilização dos indicadores de desempenho para a gestão eficaz das práticas de manutenção**. 2015. Disponível em: <<http://www.jwb.com.br/index.php?modulo=artigos&id=6>>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.
- BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de Harvesters na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 62-74, 2002.
- BROWN, R. O.; DINIZ, C. C. C. Colheita florestal e manutenção de equipamentos móveis. Anais da I Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal da UFPR. **Anais...** Curitiba (PR): UFPR, 2017.
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 264 p.
- ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F. da.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Comunicações Técnicas Florestais. Brasília: UNB, 2005, 43p, v. 7, n. 1.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2019. **World Food and Agriculture – Statistical pocketbook 2019**. Rome. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/en/>>. Acesso em: 24 agos. 2021.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2020. **Global Forest resource assessment – FRA 2020: main report**. Roma: FAO, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf>>. Acesso em 05 set de 2021.

- FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. M. **Curso de estatística**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1982. 286p.
- FONTANA, G.; SEIXAS, F. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de modelos de “forwarder” e “skidder”. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 71-81, 2007.
- FORTES, M. Z.; IMATA, V. B. A.; CARVALHO, J. T.; ALBUQUERQUE, C. J. M. **Proposta de novos Indicadores para Gestão em Setores de Manutenção**. 2009. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seget/artigos2009.php?pag=71>>. Acesso em: 08 de out. 2021.
- FREITAS, K. E. **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada**. 2005. 27p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- GONÇALVES, S. B. **Análise técnica das atividades de colheita semimecanizada em áreas declivosas no sul do Espírito Santo**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.
- IBÁ. **Relatório anual 2020**. Brasília: Ed. Indústria Brasileira de Árvores, 2020. 80p. Disponível em: < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>> Acesso em: 19 set. 2021.
- JACOVINE, L.A.G.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P.; LEITE, H.G.; MINETTE, L.J. **Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal**. *Revista Árvore*, v. 25, n.4, p. 463-470, 2001.
- KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de tecnologia apropriadas as operações florestais em países em desenvolvimento: parte 2: transporte de madeiras e construção de estradas**. Helsinki: Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo, 1994. 202 f. (Programa de treinamento florestal, n. 19).
- LEITE, E.S.; MINETTE, L.J.; FERNANDES, H.C.; SOUZA, A.P.; AMARAL, E.J.; LACERDA, E.G. Desempenho do *harvester* na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, v.38, n.1, p. 95-102, 2014.
- LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 2. Ed. Viçosa: Ed. UFV. p. 43-65, 2008.
- LINHARES, M. et al. Eficiência e desempenho operacional de máquinas harvester e forwarder na colheita florestal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 212-219, 2012.
- LOPES, I. L. E; ARAÚJO, L. A.; MIRANDA, E. N.; BASTOS, T. A.; GOMIDE, L. R.; CASTRO, G. P. A comparative approach of methods to estimate machine productivity in wood cutting. **International Journal of Forest Engineering**, v. x, p. 1-13, 2021.
- MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Planejamento. In: MACHADO, C. C. (Org). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468 p.
- MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV, 2014a. 543p.

- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S.; O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2014b. 543p.
- MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1984. 138 p.
- MACHADO, C. C. et al. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. **Colheita Florestal**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2008, p. 15-42.
- MALINOVSKI, J. R. et al. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita florestal**. Viçosa: Ed. UFV, 2014. 543p.
- MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M.S.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas. In. **Colheita Florestal**. 2ª. ed. Viçosa: UFV, 2008. 501p.
- MEDEIROS, G. et al. Otimização do uso da terra do plantio de árvores no Brasil analisando trade-offs entre fatores econômicos e ambientais utilizando programação multi-objetiva. **Forests**. 7ª. Ed. v. 11, p. 17-23. 2020.
- MIRANDA, G. M. et al. Nota técnica: análise técnica da operação de descascamento de madeira de *eucalyptus grandis*. **Agricultural Mechanization**. Viçosa - MG, V.17 N.4. 2009.
- MOREIRA, J. M. M. A. P.; DE OLIVEIRA, E. B. Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. **Embrapa Florestas-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2017.
- MOREIRA, F. L. A. G. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação**. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- NASCIMENTO, A. C; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com Fellerbuncher. **Cerne**, Lavras, v.17, n. 1, p. 9-15, 2011.
- PAGNUSSAT, M. B.; LOPES, E. S.; SEIDLER, R. D. Behavioural profile effect of forestry machine operators in the learning process. **Journal of Forest Science**, v. 65, n. 4, p. 144-149, 2019.
- RAMIREZ, J. L. M. **Condições edafoclimáticas na produtividade e massa específica de madeira de eucalipto**. 2014, 134 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. 2014.
- ROCHA, E.B.; FIEDLER, N.C.; ALVES, R.T.; LOPES, E.S.; GUIMARÃES, P.P.; PERONI, L. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**, v. 15, n. 3, p. 372-381, 2009.
- RODRIGUES, C. K. et al. Influência do volume das árvores no desempenho do processador florestal harvester em povoamento de eucalipto. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 2, p. 237-242, 2018.

SANTOS, C. **Novas Alternativas de Testes de Agrupamentos Avaliadas por meio de Simulação Monte Carlo**. 2000. 85p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

SANTOS, D. W. F. do N. et al. Analyze technical and economic of two subsystems of forest harvesting of cut to length. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 13, n. 2, 2018.

SCHETTINO, S. et al. Multi-criteria analysis on mapping of areas for mechanized forest harvesting. **Scientia Forestalis**, n 124, p. 766-775, 2019.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p.507-12, 1974.

SEIXAS, F. **Mecanização e exploração florestal**. Piracicaba: ESALQ, LCF, 1998. 125 p. Notas de aula.

SILVA, D. A. V. da. **Redução em campo da sujidade em toras de madeira de eucalipto para produção de celulose**. 2014, 23-17 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. 2014.

SILVA, C. B.; SANT'ANNA, C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do “*Feller-buncher*” utilizado na colheita de eucalipto. **Revista Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.

SIMÕES, D.; FENNER, P.T.; ESPERANDINI, M.S.T. Produtividade e custos do feller-buncher e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 621-630. 2014.

SOUZA, A.P.; MINETTE, J.E.; MOREIRA, F.M.T.; MACHADO, C.C.; SILVA, K.R. Análise do desempenho da máquina “slingshot” em subsistemas de colheita em florestas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2/3, p. 316-320, 2004.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **For. Ecol. Manage**, 2004, 193, 17–31.

SUZANO S/A. **Somos a Suzano**. Disponível em: <<https://www.suzano.com.br/a-suzano/>> Acesso em: 27 out. 2021.

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

TRINDADE, C.; JACOVINE, L. A. G.; REZENDE, J. L. P.; SARTORIO, M. L. **Gestão e controle da qualidade na atividade florestal**. -2. Ed - Viçosa: Editora UFV, 2017.

VALVERDE, S. R. **A contribuição do setor florestal para o desenvolvimento socioeconômico: uma aplicação de modelos de equilíbrio multissetoriais**. 2000. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística experimental**. São Paulo: Atlas, 1989. 175p.

VOLPATO, C. E. S. **Máquinas e mecanização florestal**. 20 mar. 2019. 14 p. Notas de aula. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

WADOUSKI, L. H. Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR; FUPEF, 1987. p. 77-84.

ANEXO A

Planilha de avaliação de produtividade do teste em campo:

| Teste Clones – SP03 | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|-------|----------------------|---------|----------|----------|------------|----------------|----------------|-------------|---------|------|-------------------|-----|
| Data | UP | Clone | Status Descascamento | Máquina | Cabeçote | Operador | Tratamento | Horas testadas | Horário Início | Horário Fim | Paradas | Tipo | Nº toras colhidas | OBS |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

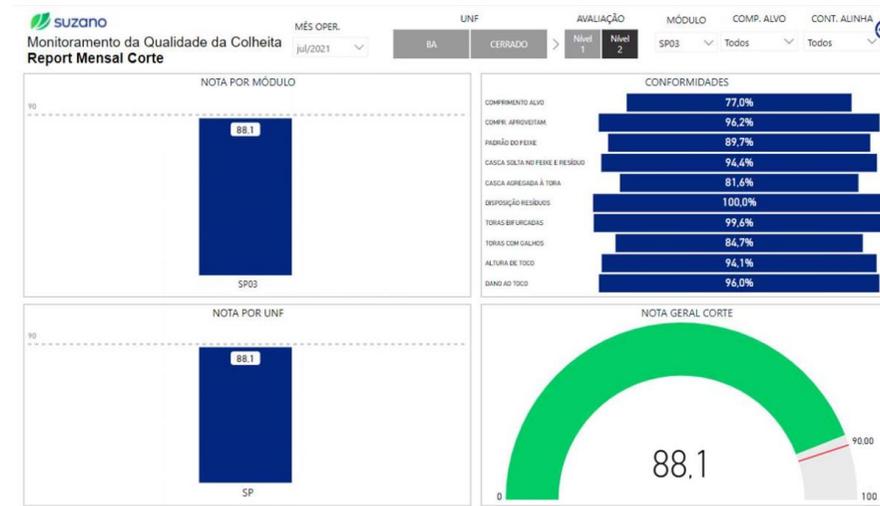
Planilha de avaliação de qualidade do teste em campo:

| Data | UP | Área | Clone | Status Descascamento | Máquina | Operador | Tratamento | Nota (%) | Obs | | | | | | | |
|------|----|------|-------|----------------------|---------|----------|------------|----------|--------------|----------------|-------------|-------|------|-----------|-----------|--|
| | | | | | | | | | Padrão feixe | Casca agregada | Casca Solta | Galho | Toco | Comp.alvo | Aproveit. | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Do autor (2021).

ANEXO B

Monitoramento de qualidade da colheita no módulo SP3 da unidade florestal de São Paulo no mês anterior ao teste (julho/2021).



(a)

Monitoramento da Qualidade da Colheita - Report Semanal Corte

DATA: 14/08/2021, 20/08/2021

UNF: BA, CERRADO, ES

AVALIAÇÃO: Nível 1, Nível 2

MÓDULO: SP03

MÁQUINA: OPERADOR

COMP. ALVO: Todos

CONT. ALINHA: Todos

CONFORMIDADE (%)

| Módulo | Projeto / Fazenda | UP | Nota | Compr. Alvo | Compr. Aproveit | Padrão Fexes | Casca Solta | Casca Agregada | Disposição Resíduos | Torças Bifurcadas | Torças Galhos | Altura Toco | Dano ao Toco |
|--------------|-------------------|--------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|----------------|---------------------|-------------------|---------------|-------------|--------------|
| SP03 | PULADOR (S-615M) | S3A502 | 92,50 | 80% | 100% | 70% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 70% | 100% |
| SP03 | PULADOR (S-615M) | S3A503 | 92,00 | 75% | 98% | 98% | 100% | 97% | 100% | 100% | 100% | 70% | 95% |
| Total | | | 92,07 | 76% | 99% | 94% | 100% | 97% | 100% | 100% | 100% | 70% | 96% |

(b)

Fonte: Power BI – Monitoramento da qualidade da colheita, SUZANO S/A (2021).