

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CLEIDSON SAULO DE SOUZA

APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO E DA
INFRAESTRUTURA DA COLHEITA FLORESTAL

CURITIBA

2024

CLEIDSON SAULO DE SOUZA

APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO E DA
INFRAESTRUTURA DA COLHEITA FLORESTAL

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Especialista. Curso MBA em
Gestão Florestal, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. M.Sc.: Nathan Damas Antônio

CURITIBA

2024

RESUMO

O presente trabalho visa apresentar melhorias no processo de infraestrutura da colheita florestal, abordando a aplicação de geotecnologia para otimização. A falta de modernização no processo de infraestrutura tem causado atrasos e prejuízos econômicos, tornando a produção ineficiente para atender o mercado exportador de forma oportuna. Para resolver essa questão, propomos a utilização de tecnologia, empregando ferramentas de coleta de dados para selecionar melhor as áreas de atuação e garantir que a colheita seja realizada dentro dos padrões e recomendações que minimizem o impacto ambiental. No intuito de propor soluções para a ineficiência da infraestrutura, realizamos um acompanhamento de dois meses em uma empresa produtora de celulose branqueada de fibra curta de eucalipto, localizada na região do Vale do Rio Doce-MG. Utilizamos geotecnologia para realizar avaliações e coleta de pontos nas áreas de atuação, como construção de estradas, saídas d'água, reabertura, acesso de máquinas, entre outras. Além disso, supervisionamos as estradas, facilitando o transporte e a movimentação de madeira de forma otimizada. Isso resultou na redução do tempo de deslocamento e no aumento da produtividade. Os resultados demonstram melhorias significativas nos setores ambiental e logístico, incluindo a redução da mão-de-obra, a conservação do solo com baixos índices de erosão e a diminuição dos custos de produção. Além disso, garantimos uma madeira de qualidade que atende ao mercado financeiro, ao mesmo tempo em que proporcionamos à empresa um planejamento de longo prazo e projeção de lucro e sustentabilidade.

Palavras-chave: Colheita Florestal; Geotecnologia; Sustentabilidade; Eficiência Operacional; Planejamento.

ABSTRACT

This work aims to present improvements in the forest harvesting infrastructure process, addressing the application of geotechnology for optimization. The lack of modernization in the infrastructure process has caused delays and economic losses, making production inefficient to serve the export market in a timely manner. To resolve this issue, we propose the use of technology, employing data collection tools to better select areas of activity and ensure that harvesting is carried out within standards and recommendations that minimize environmental impact. In order to propose solutions for infrastructure inefficiency, we carried out a two-month follow-up at a company that produces bleached eucalyptus short fiber pulp, located in the Vale do Rio Doce-MG region. We use geotechnology to carry out assessments and collect points in areas of operation, such as road construction, water outlets, reopening, machine access, among others. In addition, we supervise the roads, facilitating the transport and movement of wood in an optimized way. This resulted in reduced travel time and increased productivity. The results demonstrate significant improvements in the environmental and logistics sectors, including the reduction of labor, soil conservation with low erosion rates and a reduction in production costs. Furthermore, we guarantee quality wood that meets the financial market, while providing the company with long-term planning and profit and sustainability projection.

Keywords: Forestry Harvesting; Geotechnology; Sustainability; Operational Efficiency; Planning.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	CONTEXTO E PROBLEMA.....	6
1.2	OBJETIVOS.....	8
1.3	JUSTIFICATIVA	9
2	DESENVOLVIMENTO	11
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
2.2	METODOLOGIA	13
2.2.1	COLETA DE DADOS	13
2.2.2	FERRAMENTAS DE ANÁLISE.....	13
2.2.3	PROCESSAMENTO.....	19
3	RESULTADOS/ ANÁLISES DE DADOS	19
3.1	EFICIÊNCIA OPERACIONAL E REDUÇÃO DE CUSTOS	19
3.2	TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NO MANEJO FLORESTAL	20
4	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

Nas últimas décadas, o setor florestal brasileiro tem se destacado globalmente, graças a investimentos em pesquisa e tecnologia que fizeram das empresas brasileiras uma referência mundial (Moraes, 2012, p.37). A preservação dos recursos naturais é essencial, e a eficiência na colheita florestal é crucial para o manejo sustentável das florestas e a redução dos impactos ambientais. O Portal Celulose (2023) observa que o setor florestal brasileiro adota práticas certificadas de sustentabilidade social e ambiental. Além disso, o Diário Agrícola (2023) destaca o Brasil como líder no desenvolvimento de soluções tecnológicas para o setor, com reconhecimento internacional, como na Swedish Forestry Expo em Estocolmo. Visando garantir que o setor florestal continue avançando e se destacando no mercado, o uso das geotecnologias garante maior eficiência na colheita. Essas tecnologias permitem verificar a área de corte, definir rotas precisas de transporte e determinar a capacidade de corte em áreas propícias, evitando o desperdício e o estrago da madeira. A geotecnologia possibilita análises mais assertivas para o direcionamento e atuação de equipamentos de infraestrutura, minimizando os impactos diretos no solo, como a erosão pelo intenso fluxo de máquinas e escoamento de água indevido.

A colheita florestal é um processo abrangente que envolve várias operações realizadas no ambiente florestal, com o objetivo de extrair, preparar e transportar madeira para o processamento. Esse processo utiliza técnicas e padrões específicos para transformar a madeira em produto final (Machado et al., 2014, p.14). As etapas ou sub-processos incluem corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento), descascamento (quando realizado no campo), extração e carregamento.

A colheita florestal é uma das atividades mais importantes e dispendiosas do setor, representando a operação final de um ciclo de produção que gera os produtos mais valiosos e, portanto, é um dos principais determinantes da rentabilidade florestal.

A mecanização dessa atividade é significativa, correspondendo a 50% ou mais dos custos finais da madeira entregue à indústria (Silva, 2013, p.16). Reduzir esses custos é vital para melhorar a competitividade das empresas florestais no mercado

interno e externo (Bramucci & Seixas, 2002, p.49).

A eficiência dos sistemas mecanizados na colheita de madeira é influenciada por diversos fatores, como densidade do talhão, topografia do terreno, tipo de solo, volume por árvore e largura do eito de derrubada (Leite, 2012, p.35). Esses fatores podem impactar a escolha dos equipamentos utilizados e a metodologia aplicada, o que, por sua vez, afeta diretamente os custos e a produtividade.

De acordo com Sant'Anna (2002) o corte é a primeira e uma das mais influentes etapas da colheita florestal, englobando operações de derrubada, desgalhamento, traçamento e empilhamento. A precisão e a eficácia dessas operações são cruciais para minimizar perdas de madeira e danos ao solo, além de facilitar as etapas subsequentes do processo de colheita. A adoção de práticas de manejo florestal sustentável, incluindo a consideração de ciclos de corte e a manutenção da diversidade ecológica, também é fundamental para garantir a continuidade dos recursos florestais.

O manejo florestal de precisão, que utiliza tecnologias avançadas para coleta e análise de dados, permite uma gestão mais eficiente e sustentável das florestas (Matanativa, 2017). Este tipo de manejo envolve o uso de sensores, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e outras ferramentas tecnológicas para monitorar e gerenciar as operações florestais de forma mais detalhada e precisa. O manejo de precisão não só melhora a eficiência operacional, como também auxilia na tomada de decisões estratégicas, como a determinação dos melhores períodos de colheita e a gestão de riscos ambientais.

1.2 OBJETIVOS

- Objetivo geral

Apresentar a geoteconologia como condição indispensável para melhoria na infraestrutura de colheita florestal, visando o microplanejamento dessas atividades, facilitando o transporte e logística, buscando obter o lucro de forma eficiente e sustentável.

- Objetivos específicos

Para alcançar nosso objetivo principal, é necessário alinhar detalhes específicos, como os descritos a seguir:

- I. Economizar combustível das máquinas de operação garantindo que elas tenham uma rota planejada, áreas específicas e terrenos adequados para colheita e transporte.
- II. Reduzir o desgaste de peças dos equipamentos.
- III. Reduzir custos de manutenção
- IV. Diminuir riscos de acidentes com a utilização de ferramentas digitais para planejar rotas
- V. Aumentar a durabilidade dos equipamentos
- VI. Aumentar a eficiência nas atividades de infraestrutura
- VII. Preservar o meio ambiente reduzindo o impacto ambiental na prevenção de erosões e garantia do escoamento de água adequado.
- VIII. Apresentar técnicas avançadas de geoprocessamento e coleta de dados em campo

1.3 JUSTIFICATIVA

A aplicação de geotecnologia na infraestrutura de colheita florestal é uma abordagem estratégica que vai além do simples uso de ferramentas tecnológicas. Ela otimiza operações, minimiza impactos ambientais e assegura a sustentabilidade do setor. Tecnologias como o LIDAR (*Light Detection and Ranging*) são usadas para mapear o terreno com alta precisão, identificando as melhores rotas para estradas e reduzindo os custos de transporte de madeira. A análise do terreno, como o TWI (*Topographic Wetness Index*), é fundamental para prevenir erosões e garantir o escoamento adequado das águas pluviais, projetando sistemas de drenagem eficientes.

Além disso, tecnologias avançadas como LIDAR, HILSHADE (*High-Speed Aerial Data Extraction*) e nuvens de pontos capturadas por drones ou scanners a laser proporcionam dados detalhados sobre o terreno e a vegetação, essenciais para o planejamento e a tomada de decisões. A geotecnologia, ao aumentar a eficiência operacional e a produtividade, promove a gestão responsável das florestas, minimizando os impactos ambientais e preservando os recursos naturais. Assim, ela se torna um pilar estratégico para a colheita florestal moderna, permitindo um equilíbrio entre produção, lucratividade e responsabilidade ambiental.

Ademais, a implementação de práticas de certificação florestal, como o FSC (*Forest Stewardship Council*) e o PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*), tem se tornado cada vez mais comum entre as empresas do setor. Essas certificações garantem que a madeira é proveniente de florestas geridas de forma responsável, promovendo práticas que respeitam o meio ambiente, os direitos dos trabalhadores e as comunidades locais. Essas certificações também agregam valor aos produtos florestais no mercado, aumentando sua aceitação e competitividade global.

Justifica-se esse artigo pela importância e relevância da melhoria na execução das operações florestais, como as ferramentas de geoprocessamento e tecnologia aplicada ampliam as colheitas, preservam o solo e garantem o lucro funcional.

Por fim, é importante ressaltar a importância da capacitação e formação contínua dos profissionais envolvidos no setor florestal. A evolução constante das tecnologias e das práticas de manejo sustentável requer um corpo técnico bem treinado e atualizado, capaz de implementar as melhores práticas e inovações

disponíveis. Isso não apenas melhora a eficiência das operações, mas também garante que as práticas sejam realizadas de maneira ética e responsável, contribuindo para a sustentabilidade a longo prazo das florestas.

A importância de garantir a sustentabilidade se faz necessário pois a longo prazo é necessário conservar os solos para plantios futuros. Solos férteis, arejados, planos e resistentes são essenciais para o desenvolvimento florestal, pois favorece o crescimento rápido e eficiente da madeira, além de facilitar o tráfego de máquinas que transportam as mesmas. Sendo assim a proposta de uso da geotecnologia busca garantir melhorias de ambas as partes da produção. Manter o lucro da empresa ofertando madeira de qualidade com baixo custo de produtividade, conseguir chegar ao destino final na indústria com rotas planejadas e livres de acidentes ou transtornos logísticos e ainda preservar o meio ambiente mantendo o solo propício ao novo plantio livre de erosão.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Realizou-se no período de abril e maio de 2024 o acompanhamento das atividades em áreas de operação de colheita florestal em uma empresa produtora de celulose branqueada de fibra curta de Eucalipto, a Figura 1 demonstra a localização da mesma na região do Vale do Rio Doce-MG (FIGURA 1).

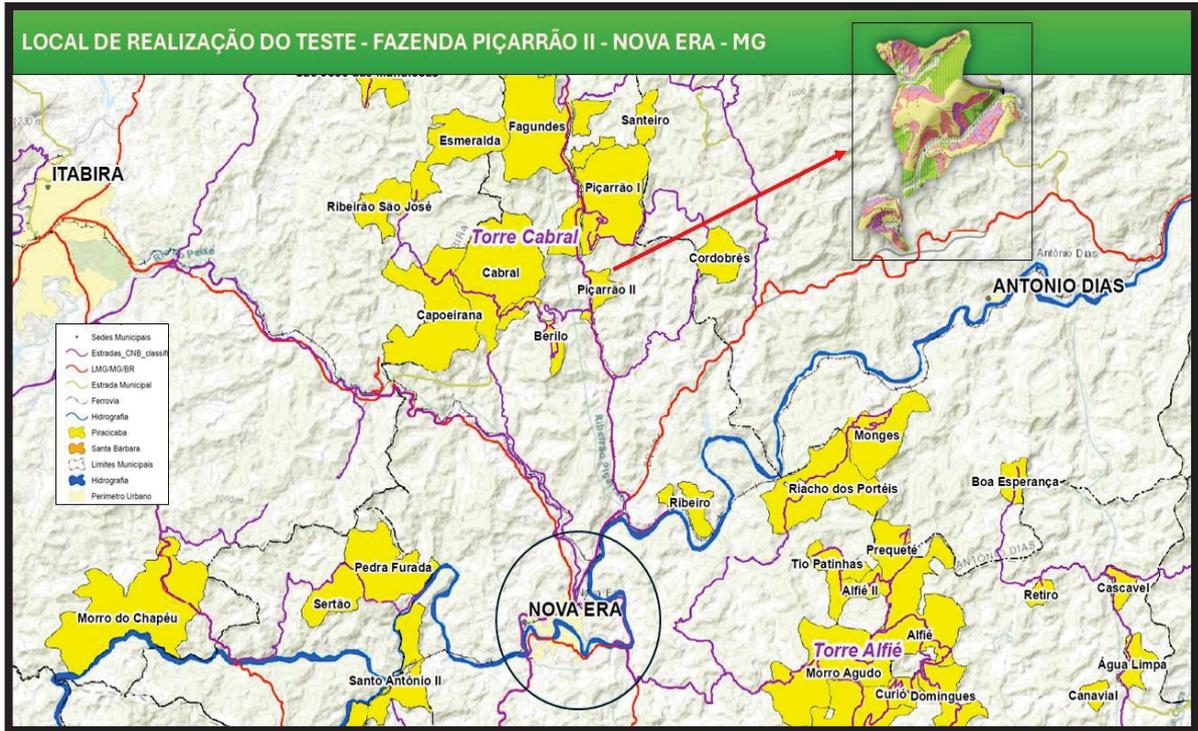
A região de estudo possui clima tropical de altitude, que ocorre predominantemente nas porções mais elevadas da região Sudeste do Brasil, abrangendo áreas de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. É caracterizado por temperaturas médias amenas, em torno de 18 °C a 22 °C, e ocorrência de chuvas durante todo o ano, com volumes maiores no verão. Esse clima é fortemente influenciado pelas massas tropicais e pela massa polar atlântica, que condiciona tempo frio no inverno, chuvas frontais e ocorrência de geadas (Guitarrara,2022).

O solo predominante é o Cambissolo Típico, solos pouco desenvolvidos, que ainda apresentam características do material originário (rocha) evidenciado pela presença de minerais primários. São definidos pela presença de horizonte diagnóstico B incipiente (pouco desenvolvimento estrutural) apresentando baixa (distróficos) ou alta (eutróficos) saturação por bases, baixa a alta atividade da argila, segundo critérios do SiBCS (Embrapa, 2021).

O relevo varia de forte ondulado a montanhoso, o que influencia significativamente o planejamento das operações de colheita.

As áreas de floresta plantada são compostas por variedades de clones de Eucalipto, adotando o sistema de colheita de Toras Curtas (Cut-to-Length). Este sistema envolve a realização de todas as operações complementares ao corte (desgalhamento, descascamento, destopamento e traçamento) no próprio local de derrubada, seguido da extração das toras para a borda do talhão ou pátio intermediário.

FIGURA 1- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: Autor (2024)

2.2 METODOLOGIA

Utilizou-se como metodologia a coleta de dados e geoprocessamento feito através de programas como GIS - Sistemas de Informação Geográfica, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto por Satélites, Sistema de Posicionamento Global. Visando otimizar o planejamento e a execução das operações de colheita florestal.

2.2.1 COLETA DE DADOS

Realizou-se um levantamento completo das áreas a serem colhidas, identificando os pontos necessários de intervenção, como locais para adequação de estradas e pontos críticos para drenagem de águas pluviais.

Para a coleta de dados de campo, utilizou-se o aplicativo Quick Capture, que permite a captura rápida e precisa de pontos de interesse, identificação e mapeamento de pontos de saída de água, locais para reabertura de estradas, manutenção e construção de lombadas, pontes, adequações de curvas e demais obras necessárias para o processo de colheita, informações sobre as condições de estradas existentes, com indicação das que necessitam de tratamento e encascalhamento para operação durante o período chuvoso, designado como projetos estratégicos.

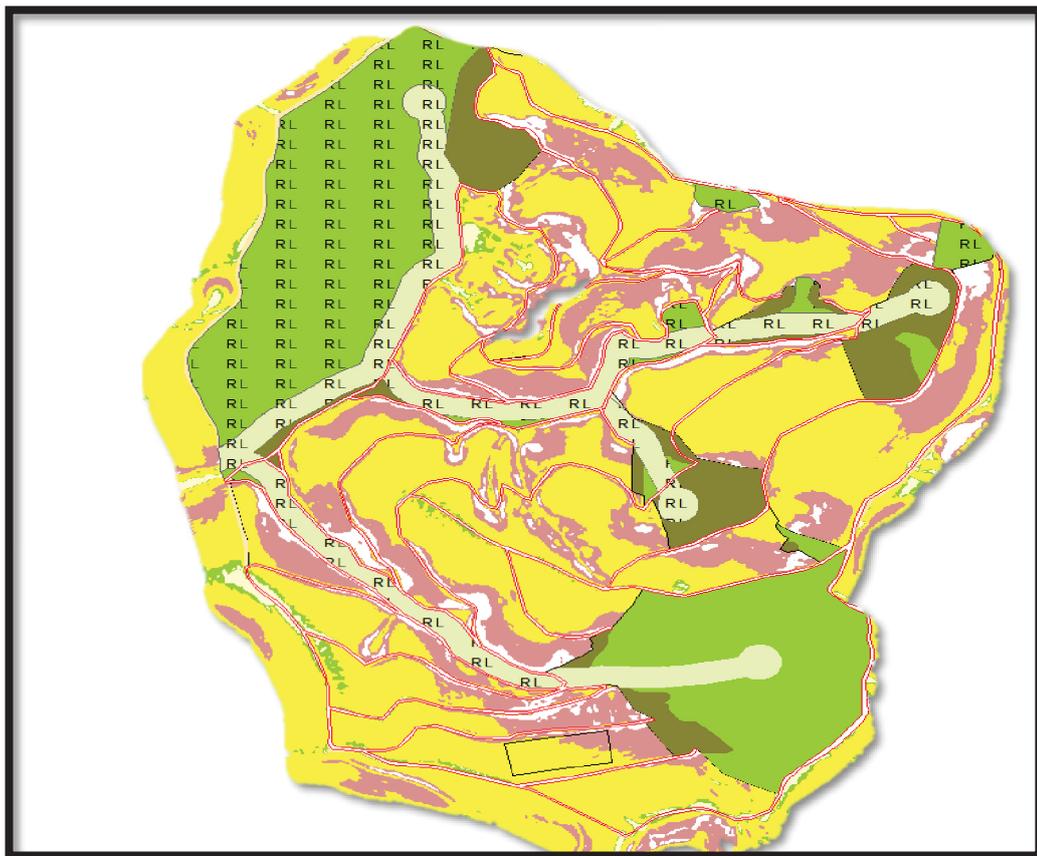
Foi utilizado o software ArcGIS para a realização de um pré-microplanejamento das áreas de colheita. Este software oferece um ambiente robusto para análise e visualização de dados geoespaciais. O ArcGIS é uma poderosa tecnologia de Sistema de Informações Geográficas que fornece ferramentas para capturar, visualizar, editar, gerenciar, analisar e compartilhar dados no contexto da localização. Ele inclui acesso a milhares de conjuntos de dados e mapas selecionados que podem ser explorados e aproveitados para análise e insights. O ArcGIS pode ser usado na nuvem, em dispositivos móveis e em desktops para criar mapas, aplicativos, painéis, cenas e modelos 3D e ambientes de ciência de dados (Geo sem fronteiras, 2022).

2.2.2 FERRAMENTAS DE ANÁLISE

Para garantir uma análise precisa e eficiente da área de colheita utilizamos o perfilamento a laser, LIDAR (*Light Detection and range*), conforme apresenta na

Figura 2 a seguir que detalha uma área onde será feita colheita na parte verde e os arredores como estradas e moradias. Ele uma ferramenta de planejamento e monitoramento de florestas tropicais, que possui uma grande variedade de aplicações. Seu sistema de sensoriamento remoto fornece informações em alta resolução em 3D, com imagens geradas a partir de voos sobre áreas de floresta (FIGURA 2).

FIGURA 2 - ILUSTRAÇÃO FERRAMENTA LIDAR UTILIZADA PARA MONITORAMENTO DE FLORESTAS



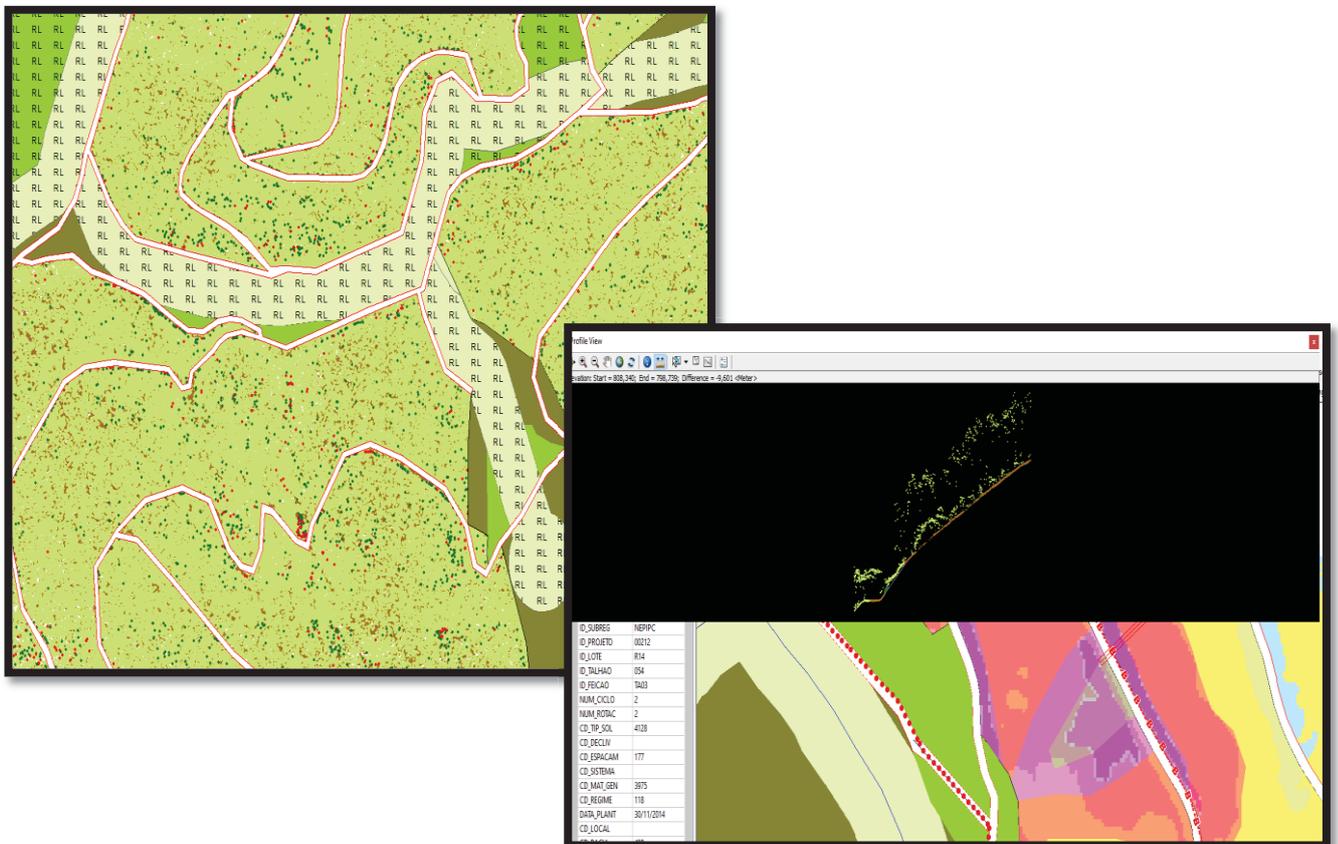
FONTE: Autor (2024)

O LIDAR permite que o usuário planeje todas as operações relativas ao manejo florestal, monitore os impactos dessas operações e a estimativa de biomassa, volume e estoques de carbono das florestas amostradas no perfilhamento, seguindo etapas de funcionamento (Embrapa, 2014).

- Emissão de Pulsos de Laser: O sistema emite pulsos de laser em direção a um alvo (como o solo, árvores, edifícios, etc.).
- Reflexão e Recepção dos Pulsos: Esses pulsos de laser são refletidos de volta para o sensor por objetos na superfície. O tempo que o pulso leva para voltar ao sensor é medido.

- Cálculo da Distância: Usando o tempo de retorno dos pulsos de laser, o sistema calcula a distância entre o sensor e o objeto refletor. Isso é possível porque a velocidade da luz é constante e conhecida.
- Criação de Nuvens de Pontos: A partir das informações coletadas, o LIDAR gera uma nuvem de pontos tridimensional conforme demonstrado na Figura 3 a seguir. Cada ponto na nuvem representa uma coordenada precisa no espaço (latitude, longitude e elevação) (FIGURA 3).

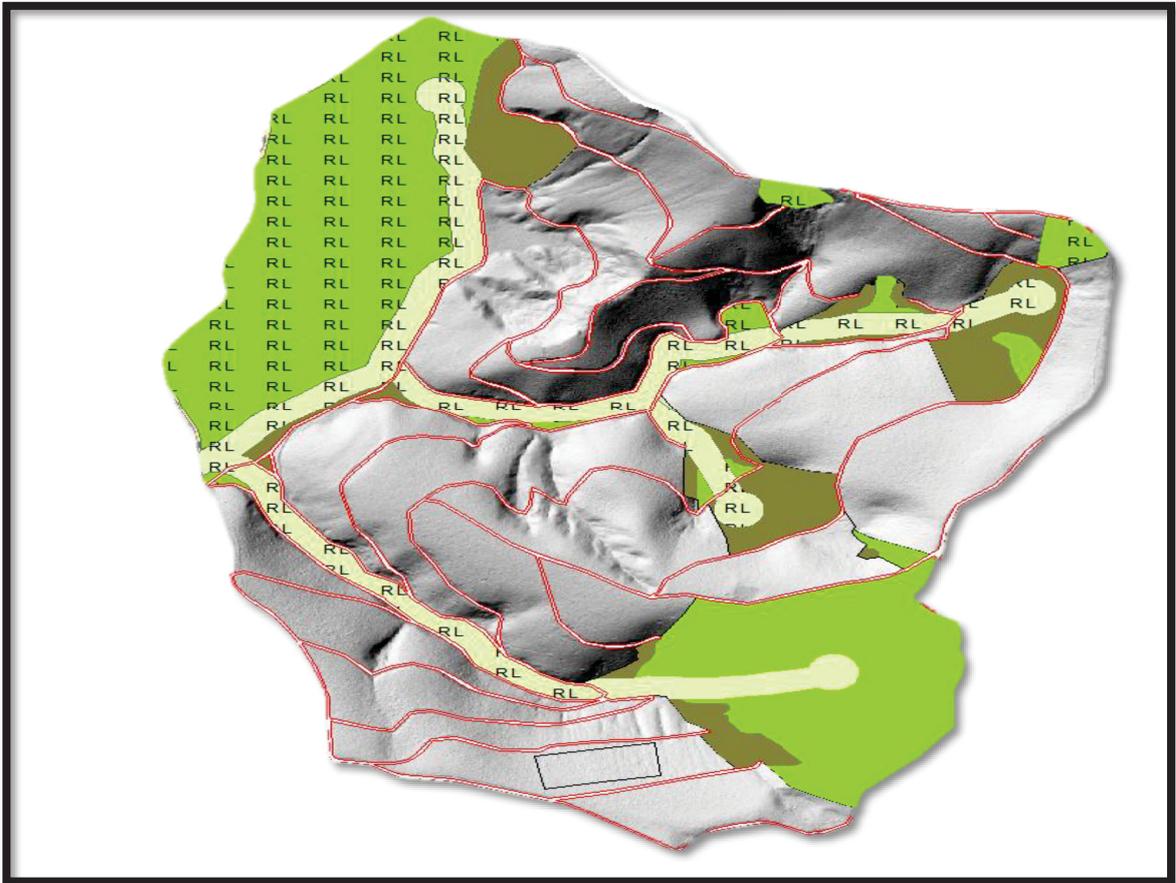
FIGURA 3- ILUSTRAÇÃO FERRAMENTA NUVEM DE PONTOS CAPTURADAS PELA FERRAMENTA LIDAR UTILIZADA PARA PLANEJAMENTO DE ROTAS



FONTE: Autor (2024)

Utilizamos da ferramenta HILSHADE que é uma técnica de sombreamento de relevo, utilizada para realçar variações topográficas, conforme demonstra a Figura 4 com as áreas de relevo mais apropriadas para rotas e controle de erosão. Ainda no intuito de controle e prevenção a erosões e escoamento de água utilizou-se a ferramenta TWI que se trata de um índice utilizado para identificar áreas com maior probabilidade de acúmulo de água, auxiliando na prevenção de erosões e planejamento de drenagem (FIGURA 4).

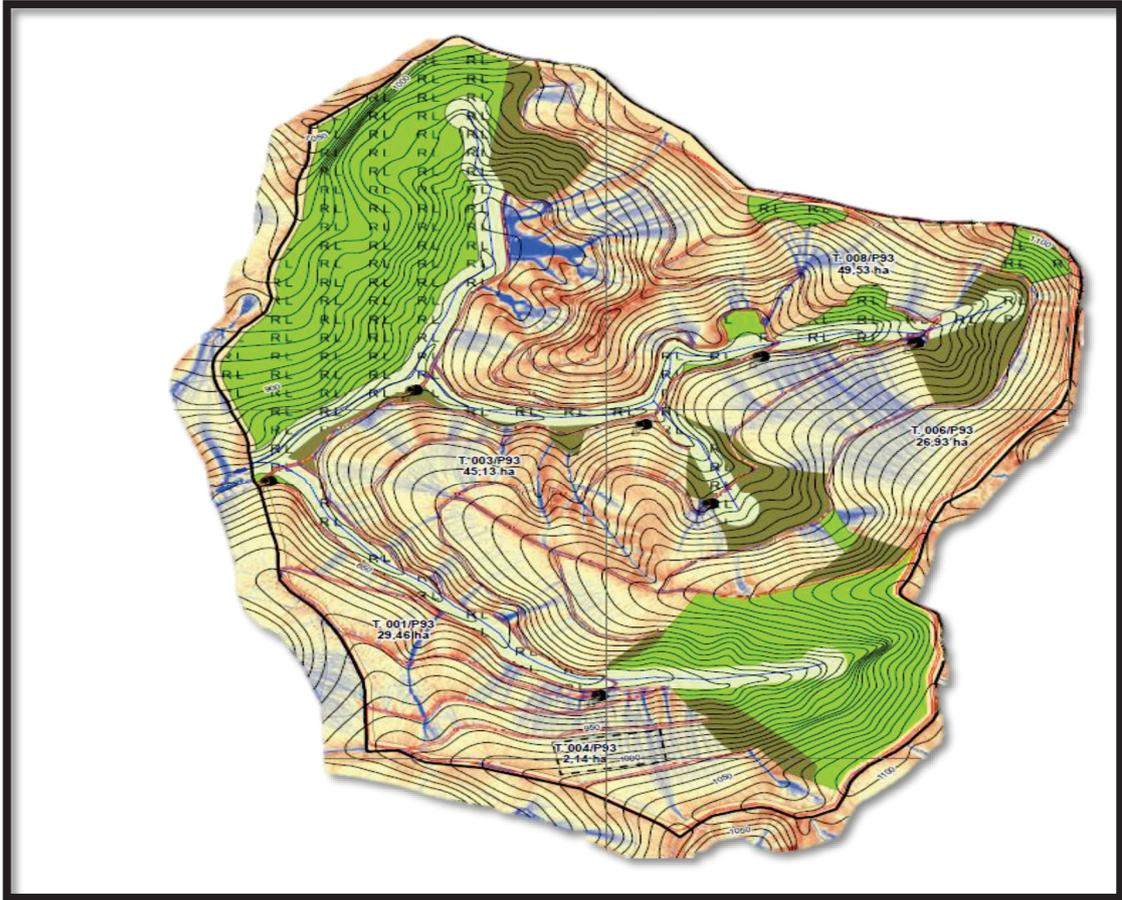
FIGURA 4 - ILUSTRAÇÃO FERRAMENTA HILSHADE PARA SOMBREAMENTO DO RELEVO



FONTE: Autor (2024)

A Figura 5 desta seção demonstra nos pontos em azul as principais áreas onde ocorre acúmulo de água e possíveis regiões de escape e escoamento. A abordagem integrada permitiu um manejo mais preciso e responsável, trazendo benefícios tangíveis em diversas áreas (FIGURA 5).

FIGURA 5- ILUSTRAÇÃO FERRAMENTA TWI IDENTIFICANDO ÁREAS DE DRENAGEM

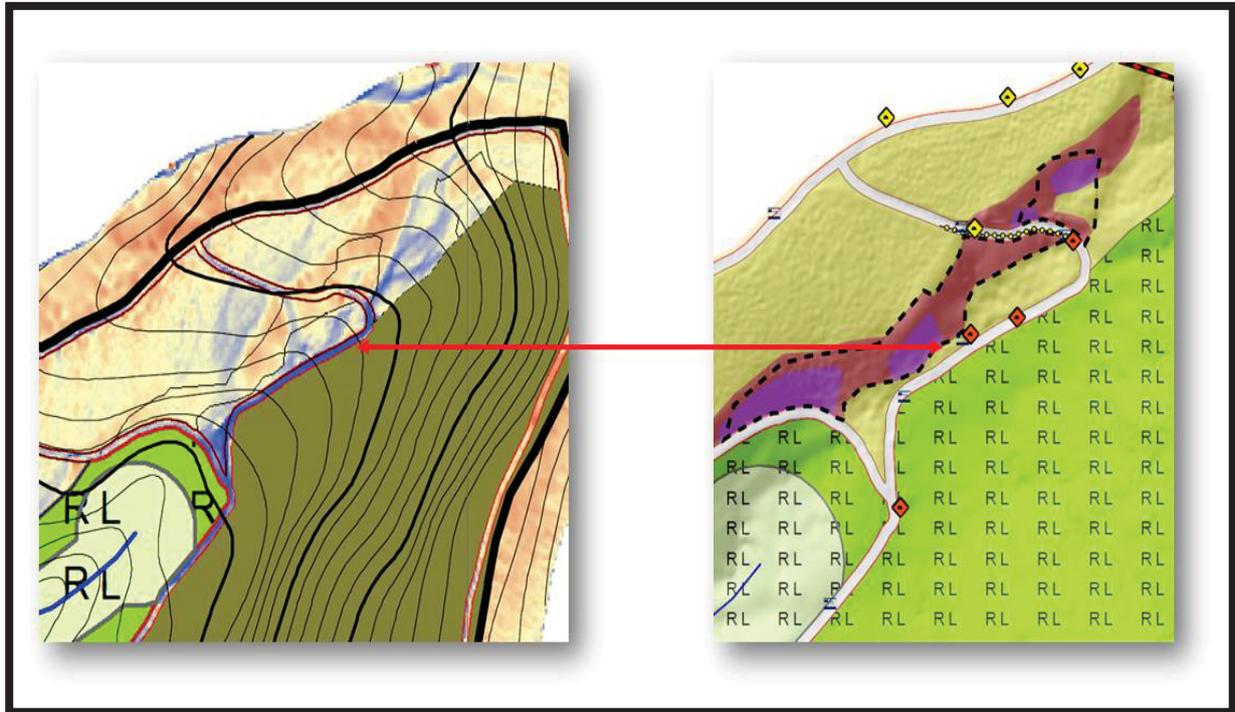


FONTE: Autor (2024)

Com a grande redução de custos operacionais através da utilização de ferramentas geoespaciais, como LIDAR e TWI, facilitou a identificação de rotas ótimas para estradas e pontos de drenagem, reduzindo os custos associados à construção e manutenção dessas infraestruturas, conforme demonstra a Figura 6 a seguir.

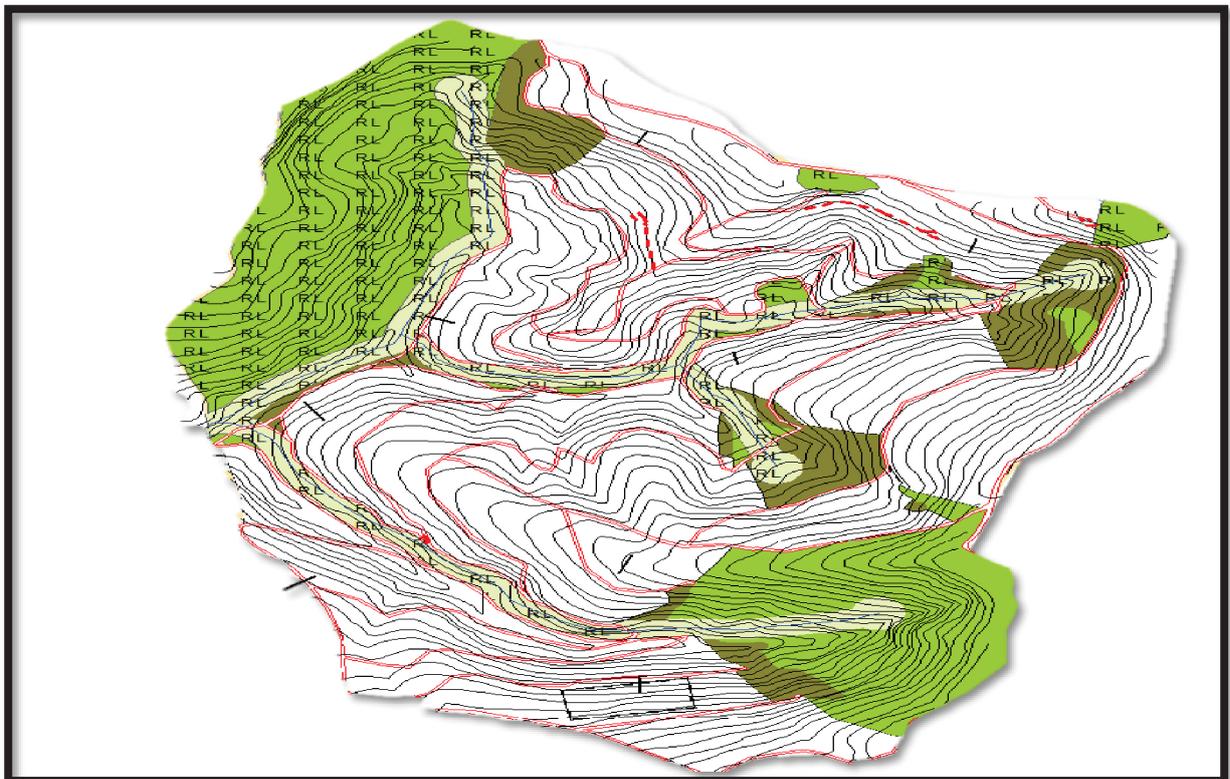
A Figura 7 representa as curvas de nível, outra importante ferramenta para planejamento de rotas de acesso, evitando colisões, acidentes e derrapagens de máquinas em terrenos irregulares (FIGURA 7).

FIGURA 6- IMAGEM CAPTURADA PELO TWI APRESENTANDO AUMENTO SIGNIFICATIVO NO VOLUME DE ÁGUA EM ÁREAS DE ESTRADA



FONTE: Autor (2024)

FIGURA 7- ILUSTRAÇÃO FERRAMENTA CURVA DE NÍVEL DEMONSTRANDO MELHORES CONDIÇÕES DE ROTAS DE ACESSO



FONTE: Autor (2024)

2.2.3 PROCESSAMENTO

Os mapas foram integrados aos sistemas dos equipamentos de infraestrutura. Este processo garantiu a execução precisa das atividades, respeitando as diretrizes ambientais e operacionais estabelecidas.

As atividades foram realizadas conforme o planejamento estabelecido, utilizando as informações e diretrizes extraídas dos mapas. A implementação abrangeu desde a adequação das estradas e obras estruturais até a colheita propriamente dita, com o uso de maquinário específico e adaptado às condições locais.

Dentro da área ambiental, ressaltamos a preservação ambiental através da análise detalhada do terreno e das condições ambientais que possibilitaram a implementação de práticas de manejo que minimizam o impacto ambiental. A construção de estradas e estruturas foi feita de forma a evitar áreas suscetíveis à erosão e outras formas de degradação, promovendo a preservação dos recursos naturais e a conformidade com regulamentações ambientais.

Durante a execução, o monitoramento contínuo foi realizado para assegurar que as operações estivessem conforme o planejado, permitindo ajustes em tempo real para otimizar a eficiência e minimizar impactos ambientais.

Esta metodologia destaca-se pela utilização integrada de tecnologias geoespaciais avançadas e ferramentas de coleta de dados de campo, combinadas com um planejamento cuidadoso e execução precisa. Esse enfoque garantiu uma colheita florestal eficiente e sustentável, alinhada com as melhores práticas de manejo florestal e responsabilidade ambiental.

3 RESULTADOS/ ANÁLISES DE DADOS

3.1 EFICIÊNCIA OPERACIONAL E REDUÇÃO DE CUSTOS

A implementação de geotecnologias e um planejamento detalhado resultaram em uma melhoria significativa na eficiência das atividades de infraestrutura de colheita florestal. A precisão na localização e construção de estradas, pontos de drenagem e

outras infraestruturas essenciais minimizou os custos operacionais, pois as operações foram executadas de forma mais rápida e com menos desperdício de recursos.

Os dados geoespaciais coletados permitiram uma análise precisa do terreno e das condições ambientais, evitando a construção de estradas em áreas suscetíveis à erosão ou outros problemas ambientais. Além disso, a identificação prévia de pontos críticos, como locais para reabertura de estradas e construção de estruturas adicionais, resultou em uma alocação mais eficiente de recursos, como maquinário e mão de obra.

A utilização de índices como o TWI e de ferramentas como LIDAR e HILLSHADE permitiu uma análise detalhada das características ambientais das áreas de colheita. Com esses dados, foi possível planejar e executar obras de infraestrutura com um mínimo de impacto ambiental. Por exemplo, as estradas foram projetadas para minimizar o desmatamento e a perturbação do solo, além de serem adequadamente encascalhadas e preparadas para o uso em períodos chuvosos, reduzindo o risco de erosão.

A inclusão de recomendações ambientais nos mapas e o monitoramento contínuo durante as operações garantiram que todas as atividades estivessem em conformidade com as regulamentações ambientais e os padrões de sustentabilidade. Isso não apenas preservou os recursos naturais, mas também fortaleceu a imagem da empresa como uma líder responsável no setor florestal.

3.2 TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NO MANEJO FLORESTAL

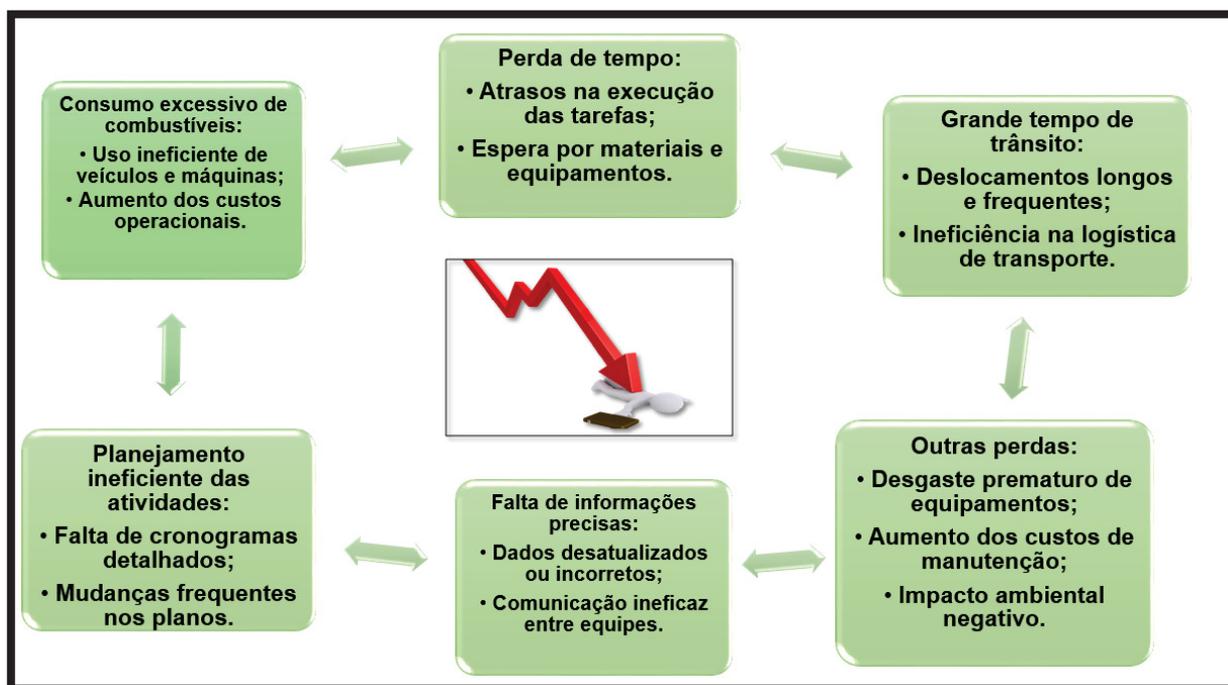
A integração de tecnologias avançadas como drones para a captura de nuvens de pontos e o uso do Quick Capture para coleta de dados de campo demonstrou ser uma abordagem eficaz para o manejo florestal moderno. Essas tecnologias permitiram uma coleta de dados mais rápida e precisa, facilitando a criação de um plano de ação detalhado e específico para cada área de colheita.

A capacidade de criar mapas detalhados e integrá-los aos sistemas dos equipamentos de infraestrutura permitiu uma execução precisa das operações planejadas. Isso garantiu que as atividades fossem realizadas de acordo com as especificações, com uma eficiência maximizada e um mínimo de intervenção humana direta, reduzindo o risco de erro humano.

4 CONCLUSÃO

Conforme apresentado no início desta pesquisa, a Figura 8 detalha o histórico do problema de colheita florestal (FIGURA 8).

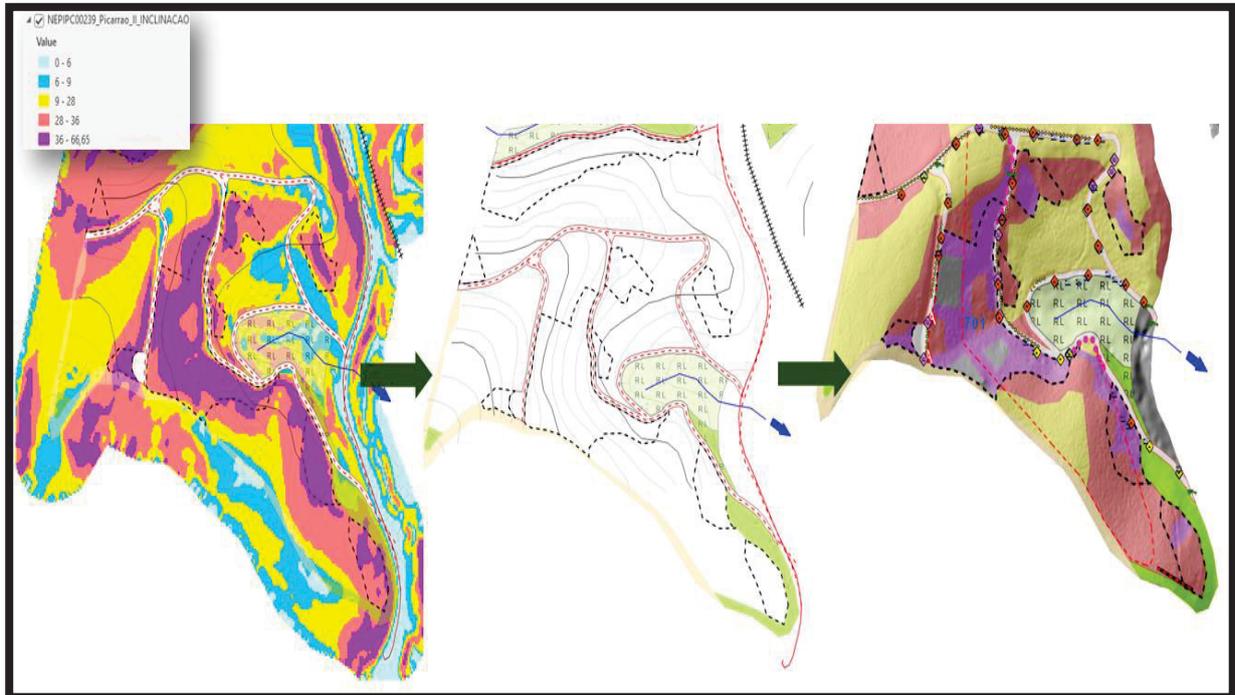
FIGURA 8- HISTÓRICO DO PROBLEMA DE COLHEITA FLORESTAL APRESENTADO



FONTE: Autor (2024)

Os resultados deste trabalho nos permitiram concluir que a aplicação de geotecnologias e técnicas avançadas de planejamento e coleta de dados pode transformar significativamente a eficiência e sustentabilidade das operações de colheita florestal. A abordagem integrada permitiu um manejo mais preciso e responsável, trazendo benefícios tangíveis em diversas áreas, como a grande redução de custos operacionais através da utilização de ferramentas geoespaciais, como LIDAR e TWI, facilitou a identificação de rotas ótimas para estradas e pontos de drenagem, reduzindo os custos associados à construção e manutenção dessas infraestruturas. Conforme demonstra as Figuras 9 e 10 representando a inclinação das curvas e nível e a qualidade das estradas construídas pela ferramenta (FIGURA 9 e FIGURA 10).

FIGURA 9- APRESENTA MAPA DE INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE NÍVEL PARA IDENTIFICAÇÃO DO PONTO IDEAL PARA ALOCAÇÃO DE ESTRADAS.



FONTE: Autor (2024)

FIGURA 10- ESTRADAS CONSTRUÍDAS ATRAVÉS DO USO DA FERRAMENTA LIDAR E TWI



FONTE: Autor (2024)

Nosso projeto está sendo testado e devido ao pouco tempo de observação propusemos metas a serem alcançadas com as melhorias apresentadas.

Desta forma quando falamos de mercado e lucro, o aumento da competitividade é devida a redução de custos e melhoria na eficiência operacional. Com a execução precisa e o manejo eficiente, a qualidade da madeira colhida será mantida, garantindo que o produto final atenda aos altos padrões exigidos pela indústria. Isso contribui para a valorização da madeira e a satisfação dos clientes.

A implementação de novas tecnologias e metodologias exigiu treinamento especializado para as equipes envolvidas. Esse processo não apenas melhorou a competência técnica dos funcionários, mas também incentivou a adoção de práticas mais inovadoras e eficazes no manejo florestal.

A abordagem baseada em geotecnologias permite um planejamento mais estratégico e de longo prazo, facilitando a gestão sustentável das áreas de colheita e garantindo a continuidade das operações com menor impacto ambiental e custos reduzidos.

A continuidade no investimento em tecnologia e no treinamento das equipes para lidar com essas inovações será crucial para o desenvolvimento sustentável do setor florestal no Brasil e em outras regiões com características semelhantes. A adoção e o aprimoramento contínuos dessas práticas e tecnologias assegurarão não apenas a eficiência e a sustentabilidade das operações, mas também a liderança da empresa no mercado global.

Apesar dos avanços tecnológicos e dos resultados positivos alcançados, alguns desafios foram identificados durante o processo. A complexidade do relevo da região, classificado como forte ondulado a montanhoso, apresentou desafios adicionais para o planejamento e a execução das operações de colheita. A necessidade de adaptar as operações às condições topográficas variáveis exigiu um planejamento flexível e uma capacidade de resposta rápida às condições imprevistas encontradas no campo.

Além disso, a variabilidade climática, característica do clima tropical de altitude, também apresentou desafios, especialmente no planejamento de atividades durante o período chuvoso. A antecipação e preparação para essas condições adversas através de infraestruturas adequadas e planejamento estratégico, foram cruciais para o sucesso das operações.

É importante destacar que, embora ainda não tenhamos números precisos

sobre os ganhos econômicos devido ao período de teste limitado, os benefícios qualitativos esperados são significativos. A implementação do microplanejamento e o embarque de mapas devem trazer melhorias substanciais na eficiência e na redução de custos operacionais conforme demonstra-se na figura 11 apresentada a seguir com os possíveis resultados que serão alcançados com os métodos aplicados.

FIGURA 11- PROPOSTA DE RESULTADOS A SEREM ALCANDOS UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA



FONTE: Autor (2024)

REFERÊNCIAS

BRAMUCCI, M. & SEIXAS, J. Gestão de Custos na Colheita Florestal. **Revista Brasileira de Engenharia Florestal**, 11(2), 45-60.2002.

DA SILVA, Anne Laura et al. Variação Espacial do volume de madeira em um povoamento de eucalipto. **INPE-Santos**, 2019.

NASCIMENTO, A.S. Desenvolvimento de Soluções Tecnológicas no Setor Florestal.**Diário Agrícola** 2023.

EMBRAPA. Manual de editoração da Embrapa. 4. ed. **rev., atual. e ampl.** Brasília, 2017.

LEITE, Elton da Silva. **Desenvolvimento de planos de colheita florestal de precisão utilizando tecnologias de geoprocessamento**. 2010.

MACHADO, C., et al. **Manual de Colheita Florestal**. Porto Alegre: Editora Agropecuária. 2014

MATANATIVA, L. **Manejo Florestal de Precisão: Tecnologia e Sustentabilidade**. Belo Horizonte: Editora Florestal. 2017

MATTOS, P.P. Certificação florestal no brasil – uma ferramenta eficaz para a conservação das florestas naturais. Práticas de Sustentabilidade no Setor Florestal.**Portal Celulose** 2023

MORAES, F. Avanços Tecnológicos e Sustentabilidade no Setor Florestal Brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Florestais**, 13(1), 30-45.2012

SILVA, Hycaro Mattos. Categoria Graduando 2º Lugar: **Economia da exploração florestal: estudo de caso do custo de transporte florestal no município de Rio Branco**, 2013. 2014.