



ESALQ

Universidade De São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
LCF 0683 - Colheita e Transporte de Madeira

Avaliação técnica e econômica: Custos envolvidos na colheita florestal

Danilo M. R. Cruz - 11323133
Fernando Y. Makino - 11323092
Victor B. Damasceno - 10765552

PIRACICABA

2023

Introdução

A colheita florestal é uma etapa que envolve diversas etapas, sendo desafiadora, demorada e envolvendo altos custos, que se inicia com a escolha da metodologia de colheita e envolve diversos passos, dependendo do tipo e condições da floresta a ser colhida (nativa ou plantada). Dentre as etapas, podemos citar a delimitação do terreno, inventário, remoção de cipós, processamento de dados, mapeamento, marcação de árvores a serem colhidas, planejamento de estradas e pátios, construção de estradas e pátios, marcação de trilhas de arraste, corte, arraste, carregamento e transporte até o pátio ou destino final.

Os custos operacionais de colheita podem variar de acordo com o tipo e proporção da área a ser colhida. É muito importante que se conheça os custos para estabelecer uma estimativa que se aproxime das condições reais de trabalho. Em áreas onde não será feita a colheita total, com dificuldades de acesso ou áreas pequenas, a motosserra pode ser utilizada, o que reduz alguns custos em detrimento de uma perda em agilidade e produtividade. Em áreas de grandes proporções, com cultivos homogêneos, a mecanização é mais utilizada, pois aumenta a eficiência e diminui o tempo necessário para a colheita, mantendo a qualidade e homogeneidade do produto.

Além dos custos operacionais diretos, é crucial considerar os impactos econômicos mais amplos da colheita florestal. Isso inclui o papel fundamental da indústria florestal na geração de empregos locais, no desenvolvimento de comunidades rurais e no fornecimento de matérias-primas para diversas indústrias, como a de papel e celulose, móveis e construção civil.

A gestão responsável da colheita florestal também requer o cumprimento de regulamentações e normas ambientais, buscando alcançar certificações que atestem práticas sustentáveis. O engajamento com as comunidades locais e povos indígenas é crucial para garantir que os impactos sociais sejam positivos, respeitando os direitos e as tradições dessas populações. Nesse contexto, a pesquisa e o desenvolvimento contínuos são fundamentais para aprimorar as práticas de colheita florestal, visando à inovação em equipamentos, métodos e abordagens sustentáveis. A colaboração entre setores público e privado, bem como a troca de conhecimentos a nível global, contribui para enfrentar os desafios complexos associados à colheita florestal de maneira mais abrangente e eficaz.

Principais custos

Discussão

Custos da operação (Colheita com motosserra, colheita mecanizada)

A análise dos custos operacionais na colheita florestal revela a importância de métodos específicos, como o sistema de toras curtas, que se destaca pela sua eficiência e aplicação no contexto brasileiro, notadamente com o uso de Harvester.

O sistema de toras curtas, sistema no qual a árvore é processada no local de colheita em toras de até 6 metros, geralmente realizado no Brasil com Harvester. Teve seus custos mensurados por Simões em seu trabalho. Segundo ele, o custo operacional por hora de trabalho foi de US\$92.50, que pode ser estimado pelo câmbio de 2010 (ano no qual foi escrito o trabalho) em aproximadamente R\$146,99. Sendo que destes, 29,47% referiam-se aos custos fixos e 70,53% aos custos variáveis, que teve o consumo de combustível como aquele mais significativo dentre todos, como demonstra a figura a seguir.

Essa abordagem detalhada dos custos operacionais na colheita florestal, especialmente no contexto do sistema de toras curtas, contribui significativamente para o desenvolvimento de melhores práticas na gestão florestal, beneficiando tanto a eficiência econômica quanto a sustentabilidade ambiental do setor.

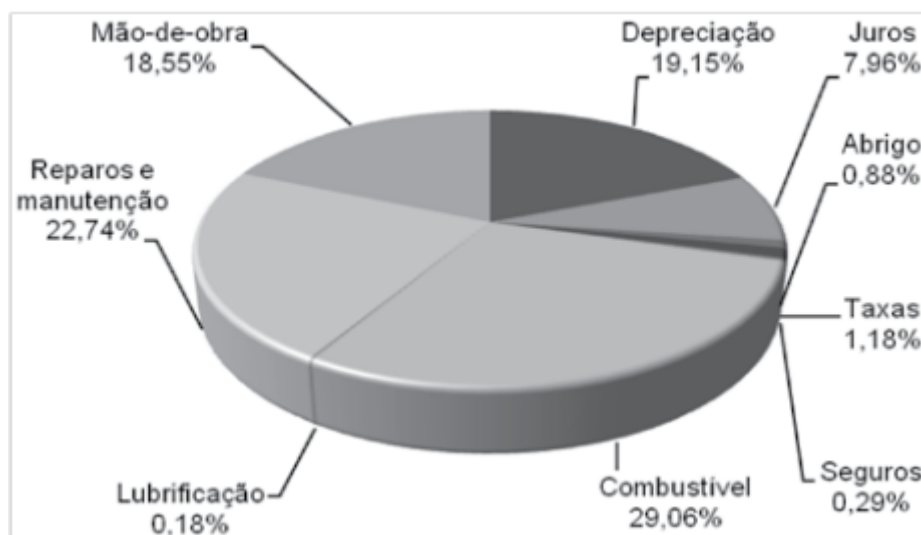


Figura 1: Distribuição percentual dos itens que compõem o custo operacional do Harvester.
(SIMÕES, 2010)

A figura apresentada no estudo desvela a representatividade do consumo de combustível, fornecendo uma visão visual clara da distribuição proporcional dos custos

variáveis. Tal análise é crucial para orientar decisões estratégicas na gestão florestal, incentivando a busca por alternativas que não apenas reduzam custos, mas também promovam práticas sustentáveis e ambientalmente responsáveis.

O Feller-Buncher é outra máquina florestal muito utilizada e tem como diferencial a capacidade de cortar as árvores inteiras agrupando-as em feixes de de 3 a 7 árvores dependendo do diâmetro delas. Em estudo de 2010, que mensurou técnica e economicamente a sua produtividade na derrubada de árvores em dois ângulos diferentes. Obteve-se como resultado que sua produtividade efetiva foi de 347 árvores (48,8 m³ /h), e teve o custo operacional por hora avaliado em R\$195,26, proporcionando um custo de produção da máquina de R\$3,95/m³. (NASCIMENTO, 2010).



Figura 2: Feller Buncher da John Deere. Acesso em:
<https://www.deere.com.br/pt/feller-bunchers/859m/>



Figura 3: Harvester da John Deere, sistema de toras longas. Acesso em:
<https://www.deere.com.br/pt/harvesters/1470g/>

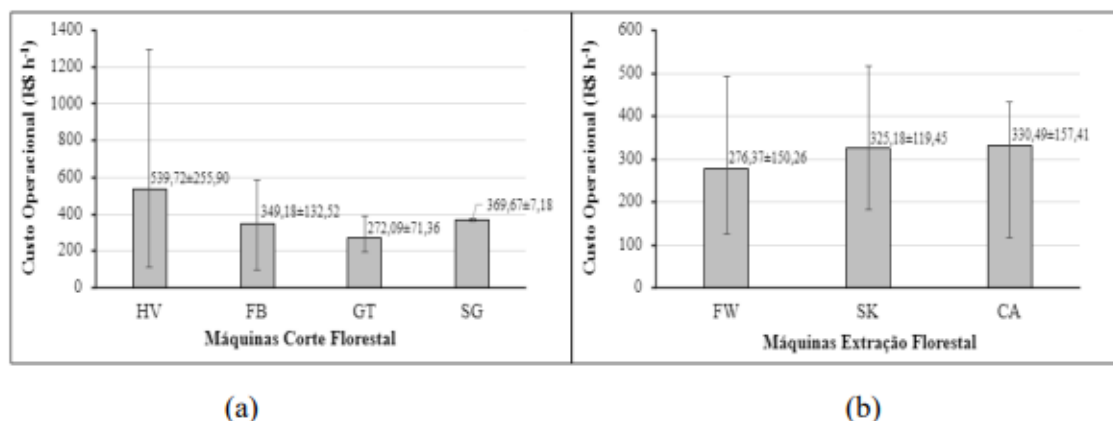
Apesar das máquinas florestais possuírem alta produtividade, seu uso pode ser afetado ou impossibilitado devido a questões ambientais e/ou econômicas. O uso da motosserra, colheita semimecanizada, é uma opção para esses casos, pois permite o acesso a áreas de difícil acesso, com baixo custo de operação, e ainda pode ser implementada com baixo investimento inicial (MACHADO et al, apud. LEITE, 2014).

É importante destacar que a combinação de técnicas semi mecanizadas com a motosserra pode representar não apenas uma solução eficiente para cenários específicos, mas também uma abordagem que promove a sustentabilidade, ao equilibrar a produtividade com a conservação ambiental. Essa estratégia adaptativa e integrada ressalta a importância de considerar abordagens variadas na colheita florestal, alinhando a eficiência operacional com a responsabilidade ambiental em busca de um manejo equilibrado e sustentável dos recursos florestais.

Em estudo sobre o custo operacional da motosserra, Leite (2014), mensurou esse valor para diferentes espaçamentos de eucalipto, e obteve para o espaçamento 3 x 4 m, uma produtividade média de 5,73 m³·h⁻¹ e um custo de produção 4,22 R\$·m⁻³. Concluiu em seus resultados que o custo operacional do sistema semimecanizado foi de 24,20 R\$·h⁻¹, para todos os espaçamentos. Os custos fixos foram de 0,99 R\$·h⁻¹ e os custos variáveis foram de

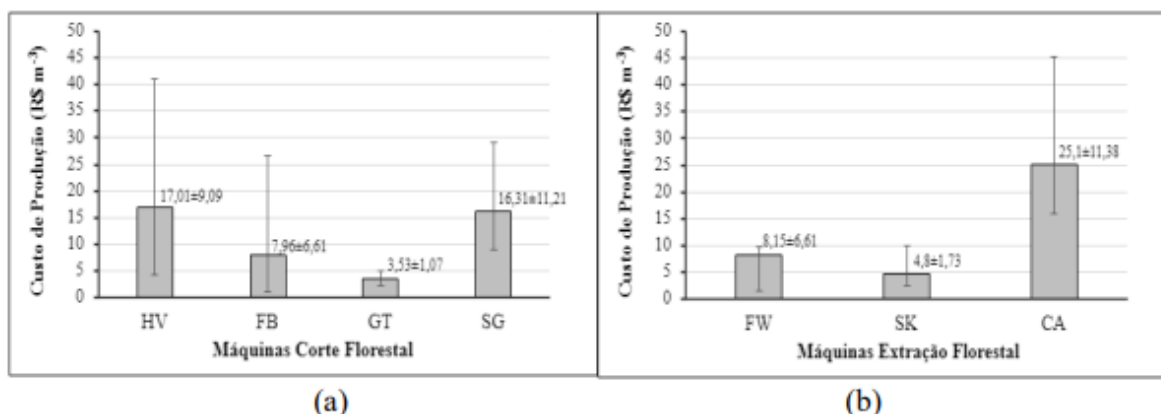
23,22 R\$.h-1. Sendo que desses, o custo de mão de obra foi o mais onerante, representando 75% do valor final.

Em uma revisão sistemática a respeito da questão econômica do uso das máquinas florestais na colheita Lima(2021), ressalta, que a operação de colheita e extração da madeira pode superar 50% dos custos totais da implantação florestal, justificando a atenção dispensada a esse tópico. Em seus resultados apresenta os gráficos mostrados a seguir, comparando diversas máquinas florestais:



Legenda: (i) Barras verticais (média); (ii) barras de erros (valores mínimo e máximo); (iii) rótulo de dados (média e desvio); (iv) HV (harvester); (v) FB (feller buncher); (vi) GT (garra traçadora); (vii) SG (slingshot); (viii) FW (Forwarder); (ix) SK (Skidder); e (x) CA (Cabos Aéreos).

Figura 4: Custo operacional, em R\$ h⁻¹, das máquinas de colheita florestal: (a) Etapa de corte florestal; e (b) Etapa de extração florestal. (LIMA, 2021)



Legenda: (i) Barras verticais (média); (ii) barras de erros (valores mínimo e máximo); (iii) rótulo de dados (média e desvio); (iv) HV (harvester); (v) FB (feller buncher); (vi) GT (garra traçadora); (vii) SG (slingshot); (viii) FW (Forwarder); (ix) SK (Skidder); e (x) CA (Cabos Aéreos).

Figura 5: Custo de produção, em R\$ m-3, das máquinas de colheita florestal: (a) Etapa de corte florestal;
e (b) Etapa de extração florestal. (LIMA, 2021)

Se buscarmos comparar os custos envolvidos na colheita de florestas comerciais plantadas com os respectivos custos de colheita de florestas nativas, feito através do Manejo Sustentável na floresta amazônica. Esbarramos na lacuna de pesquisa em relação a esse último tópico, assim como em uma dificuldade de obter esses dados devido à grande variedade de situações enfrentadas por aqueles que fazem manejo na floresta. O sistema utilizado para colheita de árvores na Amazônia por empresas, normalmente é o semimecanizado, utilizando motosserra e skidder para corte e arraste.

A título de comparação, temos um slide extraído da aula do Prof. Dr. Vidal, com alguns valores:

Atividades	Produtividade	Custos
Pré-Colheita	ha/dia	US\$/m³
1. Delimitação do terreno	10	0,22
2. Inventário	11	0,42
3. Remoção de cipós	11	0,12
4. Processamento de dados	50	0,09
5 Mapeamento	18	0,19
		1,04
Planejamento da Colheita		
1. Marcação de árvores	22	0.13
2. Planejamento de estradas	125	0.02
3. Planejamento de pátios	215	0.01
		0.16
Infraestrutura		
1. Construção de estradas	100	0.14
2. Construção de pátios	100	0.14
3. Marcação das trilhas de arraste	11	0,27
		0.55
Extração		
1. Corte e derrubada	149	0.62
2. Arraste das trilhas	253	1.24
3. Operações de pátios	253	1.28
		3.14

Figura 6: Custos envolvidos no Manejo Florestal na Amazônia.

Se compararmos somente a operação de extração, que envolve corte e derrubada, arraste das trilhas e operações de pátios, temos um custo aproximado de 3,14 dólares por

metro cúbico. Utilizando a taxa de câmbio atual de 4,96, podemos estimar um valor de 15,57 R\$.m-3.

Custos de frete (Rodoviário e ferroviário)

Diversos modais de transporte são empregados globalmente, sendo o ferroviário o mais predominante em países de grandes proporções territoriais como a Rússia (81%), Canadá (46%), Austrália (43%), Estados Unidos (43%) e China (37%). Também podemos citar o aquaviário ou fluvial, muito utilizado nos Estados Unidos, o dutoviário e o aéreo que representam opções adicionais menos utilizadas. No contexto brasileiro, apesar de também ser um país com território extenso, destaca-se o modal rodoviário, responsável pela maior parte do transporte de madeira, com cerca de 85% de participação. (ALVES, R.T. et al., 2013)

A atividade de transporte de madeira saindo da área de colheita até algum destino é responsável por aproximadamente 60% do valor de custo logístico, representando cerca de 10% do custo bruto da madeira transportada. O uso limitado de ferrovias no Brasil pode ser atribuído a alguns fatores que influenciam diretamente nesse aspecto. Historicamente, o país enfrentou dificuldades em expandir e consolidar uma malha ferroviária capaz de suprir as demandas, priorizando-se o transporte rodoviário.

Ambos apresentam seus pontos positivos e negativos. O transporte rodoviário permite uma maior flexibilidade para acessar algumas áreas, transporta volumes menores e pode ser mais rápido em viagens de curta distância, além de representar um investimento inicial inferior. Por outro lado, o custo aumenta consideravelmente em longas distâncias e há maior emissão de gases. O transporte ferroviário, por sua vez, é mais eficiente para cargas maiores e em longa distância, representando um menor custo de transporte por tonelada, com menor impacto ambiental. Apresenta maior tempo de trânsito em distâncias curtas, oferece pouca flexibilidade de rotas, o que o torna inacessível para muitos lugares. Seu custo de investimento inicial é consideravelmente mais alto do que no transporte rodoviário.

Para transportar uma tonelada de um produto qualquer, acomodado em contêiner, a uma distância de mil quilômetros, o custo ferroviário médio é de R\$39,42, enquanto o rodoviário chega a R\$226,18 (ONTL, 2023). É importante uma análise bem fundamentada para fazer a escolha entre o tipo de transporte adotado, a fim de diminuir os custos logísticos, que dependem de características específicas de cada operação, incluindo distância de transporte, volume de carga, localização geográfica e outras considerações logísticas.

Um estudo de 2013 (Revista Árvore 37) focou na análise dos fatores técnicos e de custos do transporte de madeira, considerando diferentes composições veiculares de carga na

região do Vale do Rio Doce, MG. Quanto aos custos operacionais, as áreas que utilizavam o bitrem como veículo de transporte de madeira apresentaram valores de R\$0,341 m³/km para Nova Era e R\$0,249 m³/km para Rio Doce. Por outro lado, Guanhões registrou o maior custo final da madeira (R\$27,14 m³/km).

Um exemplo dos altos custos de implantação do modal ferroviário pode ser observado na cidade de Aracruz/ES (Fibria/Suzano), onde foram investidos cerca de US\$1,2 milhão para fazer um desvio de 252 metros na ferrovia Vitória-Minas. Apesar dos altos custos, a economia gerada compensa, a exemplo da Fibria, que apresentou um gasto médio anual de 150 milhões de reais somente para o transporte de madeira, em sua maioria pelo modal rodoviário. Outro exemplo ocorreu no município de Jari/RS, onde 68 km de linhas ferroviárias conectam três pátios principais, e fazendo uma média de três viagens diárias, transporta-se 1,5 milhão de toneladas de madeira ao ano.

Além da consideração de custos e eficiência, é crucial abordar questões de sustentabilidade no transporte de madeira. O modal ferroviário, com seu menor impacto ambiental, torna-se uma opção mais alinhada às preocupações ambientais crescentes. A redução das emissões de gases poluentes e a promoção de práticas sustentáveis são aspectos fundamentais na escolha entre modais de transporte.

A análise de viabilidade econômica deve levar em conta não apenas os custos diretos, mas também os benefícios a longo prazo, incluindo os ganhos ambientais e sociais. A implementação de estratégias intermodais, combinando eficientemente o transporte rodoviário e ferroviário, pode representar uma solução equilibrada, aproveitando as vantagens de cada modal.

Outro ponto relevante é a evolução tecnológica no setor de transporte, que pode impactar significativamente a eficiência e os custos. Inovações em veículos, sistemas de rastreamento e gestão logística podem contribuir para otimizar as operações, independentemente do modal escolhido. A integração de tecnologias inteligentes pode proporcionar maior visibilidade da cadeia de suprimentos, redução de tempos de espera e melhoria na tomada de decisões.

Em síntese, a análise do transporte de madeira deve ir além dos custos imediatos, deve considerar aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. A busca por soluções integradas e inovadoras é essencial para atender às demandas crescentes da sociedade de maneira sustentável e eficiente.

Conclusão

A etapa de colheita e extração representa um percentual grande dos custos da operação de implantação de florestas comerciais como um todo, podendo superar 50% dos valores totais. Portanto, qualquer alteração nessa parte do processo que possa otimizar e diminuir os gastos é de extrema validade para o setor silvicultural. Em termos de comparação, fica evidente a diferença entre os métodos de colheita mecanizados e a operação com motosserra. Todavia não são só as diferenças de valores que afetam pela escolha de um ou outro método, mas principalmente, o tamanho da área implantada, as condições locais da colheita, o capital investido e a mão-de-obra disponível. Portanto, todos os métodos coexistem e tem suas características positivas relevantes que se adequam melhor a cada contexto específico.

Referências Bibliográficas

ALVES, R.T. et al. Análise técnica e de custos do transporte de madeira com diferentes composições veiculares. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.897-904, 2013.

SIMÕES, Danilo; FENNER, Paulo Torres; ESPERANCINI, Maura Seiko Tsutsui. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. **Scientia Forestalis**, p. 611-618, 2010.

NASCIMENTO, Amanda Coimbra et al. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. **Cerne**, v. 17, p. 9-15, 2011.

LEITE, Elton da Silva et al. Análise técnica e de custos do corte florestal semimecanizado em povoamentos de eucalipto em diferentes espaçamentos. **Cerne**, v. 20, p. 637-643, 2014.

LIMA, Potira Gabriella Mascarenhas da Silva. Produtividade e custos da colheita florestal mecanizada no Brasil: uma revisão sistemática (2001-2021). 2021.

Infra S.A. Observatório Nacional de Transporte e Logística. **A retomada dos investimentos ferroviários para aumentar a eficiência da matriz de transportes**. Boletim de logística. 2023.

(colocar os links de trabalhos que são possíveis referências)

<https://www.scielo.br/j/cerne/a/rdXTzrBVShWLTSNKXNqH7Ww/?lang=pt#>

https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Fajardo/publication/329399367_O_transporte_ferrovioario_de_pinus_em_Guarapuava-PR/links/5c067ef0458515ae5445e125/O-transporte-ferronovario-de-pinus-em-Guarapuava-PR.pdf

<https://www.univali.br/Lists/TrabalhosGraduacao/Attachments/646/marlon.pdf>

Fernandes et al. – Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. Sci. For., Piracicaba, v. 37, n. 83, p. 225-232, set. 2009

Savi, A.F. et al. Custeio de diferentes tipos de transporte rodoviário no setor madeireiro de Itapeva. Floresta e Ambiente, 2012: 19(2): 147-154.