



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PRODUTIVIDADE E CUSTOS DA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA NO
BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA (2001-2021)**

Potira Gabriella Mascarenhas da Silva Lima

Brasília, 30 de outubro de 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE DE TECNOLOGIA – FT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL – EFL

**PRODUTIVIDADE E CUSTOS DA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA NO
BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA (2001-2021)**

Aluna: Potira Gabriella Mascarenhas da
Silva Lima
Matrícula: 13/0130133

Linha de Pesquisa: Ciências Florestais
Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Sérgio
Pereira

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheira Florestal.

Brasília, 30 de outubro de 2021

Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

ML732p Mascarenhas da Silva Lima, Potira Gabriella
Produtividade e custos da colheita florestal
mecanizado no Brasil: Uma revisão sistemática (2001-
2021) / Potira Gabriella Mascarenhas da Silva Lima;
orientador Reginaldo Sérgio Pereira. -- Brasília, 2021.
50 p.

Monografia (Graduação - Engenharia Florestal)
--Universidade de Brasília, 2021.

1. Colheita florestal. 2. Produtividade . 3. Custos. 4.
Revisão Sistemática. I. Pereira, Reginaldo Sérgio, orient.
II. Título.

Agradecimentos

Aos meus pais Hélio José e Edy por todo o amor, paciência e dedicação, por sempre acreditarem em mim e me incentivarem a ir atrás dos meus objetivos, por todo o ensinamento e exemplo de vida.

Aos meus irmãos Maíra, Tainá e Hélio Gabriel, que sempre apoiaram minhas escolhas e me incentivaram a ser melhor, que me deram suporte quando mais precisei e confiaram em mim quando nem eu mesma confiava.

Aos meus avós que sempre foram exemplos e me inspiraram com suas vidas de estudo e dedicação e por todo o amor e carinho que sempre tiveram comigo.

Ao meu namorado Rildo Gabriel, que esteve comigo em todos os momentos desta jornada, nos dias mais difíceis aos mais felizes, sempre me incentivando e elevando minha autoestima quando precisei.

Agradeço ao meu orientador Reginaldo, que sempre foi muito paciente e positivo, por sempre me dar força e confiar na minha capacidade e no meu bom trabalho. A sua ajuda foi fundamental para a realização deste trabalho. Por sempre dar suporte não só a mim, mas para todos aqueles que precisam. Muito obrigada!

Ao Jonas e a Sarah, que aceitaram compor a banca examinadora, dando-me dicas e sugestões para que meu trabalho fosse o melhor possível.

Ao Sr. Rildo, que sempre ajudou-me quando tive dificuldades e orientou-me da melhor forma quando precisei.

Agradeço aos professores, que compartilharam conosco os seus conhecimentos e experiências na área. Por terem sido firmes quando preciso e compreensivos quando necessário.

À secretaria e aos técnicos, que sempre me ajudaram no que precisei, sempre muito atenciosos e prestativos.

À empresa júnior da engenharia florestal, ECOFLOR, da qual sou muito grata por todos os cursos que fiz, cargos que exerci, projetos que realizei, conhecimentos que adquiri e por todos os amigos que fiz.

Ao Programa de Pessoas com Necessidades Especiais (PPNE), que sempre me deram suporte e me ajudaram na adequação do meu semestre, que me fizeram sentir capaz e parte do todo.

Aos meus tios e familiares, que durante essa etapa final da graduação me deram todo o apoio necessário.

Aos meus colegas e amigos que fiz no decorrer do curso, pela troca de ideias, projetos, ajudas e conhecimento. Vocês foram muito importantes durante toda essa jornada, tanto no âmbito acadêmico quanto no pessoal.

E sobretudo a Deus, que permitiu que tudo isso fosse possível, que me acompanha sempre e dá-me forças.

Resumo

A colheita florestal é um conjunto de processos que vão do corte e extração das árvores até a entrega no local de transporte ou uso. Os custos durante seu processo podem chegar a atingir mais de 50% do valor final da madeira. Visto isso, realizou-se uma revisão sistemática a respeito da produtividade e custos das máquinas florestais utilizadas na colheita. Através das plataformas periódico CAPES, Scielo e google acadêmico, foram selecionados 48 artigos publicados no período de 2001 a 2021 com a temática produtividade, custos operacionais e custos de produtividade a fim de sintetizar estas informações em um arquivo único para auxiliar os profissionais da área. A partir disso analisou-se as variações de produtividade, de custo operacional e custos de produtividade das máquinas florestais, e as diferentes variáveis que as impactam, entre as quais destacam-se o clima, o tipo de solo, o relevo, o tipo de floresta, as espécies florestais, o maquinário utilizado e os sistemas de colheita.

Palavras-chave: Colheita florestal; Produtividade, Custos; Revisão Sistemática

Abstract

Forest harvesting is a set of processes that ranges from the cutting and extraction of trees to delivery to the place of transport or use. The costs during its process can reach over 50% of the final value of the wood. In view of this, a systematic review was carried out regarding the productivity and costs of forest machines used in harvesting. Through the Periódico CAPES, Scielo and google scholar platforms, were selected 48 articles published in the period 2001 to 2021 with the topics productivity, operating costs and productivity costs were selected to synthesize this information in a single file to help professionals in the field. Based on that, it was analyzed the variations of productivity, operating cost and productivity cost of forest machines, and the different variables that impact them, including climate, soil type, terrain, forest type, forest species, machinery used and harvesting systems.

Keywords: Forest harvest; Productivity, Costs; Systematic review

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do corte.....	13
Figura 2 - Desgalhamento manual.....	14
Figura 3 - Motosserra.	15
Figura 4 - Formas de extração florestal.....	17
Figura 5 - Fluxo de seleção dos artigos para revisão.....	21
Figura 6 - Harvester com rodado de esteira.....	22
Figura 7 - Feller-buncher com rodados de pneus.	23
Figura 8 - Slingshot.	23
Figura 9 - Garra traçadora.	24
Figura 10 - Forwarder com capacidade de 25 toneladas.	24
Figura 11 - Grapple SkidderTigercat 635 E.	25
Figura 12 - Equipamento Tajfun para extração com cabos aéreos.....	25
Figura 13 - Números de artigos publicados nos diferentes periódicos indexados.	26
Figura 14 - Performance do número de publicações ao longo dos anos (2001-2021).	29
Figura 15 - Localidades de realização dos experimentos.....	30
Figura 16 - Número de publicações por floresta plantada (eucalipto e pinus).	31
Figura 17 - Número de publicações por sistema de colheita avaliado.	36
Figura 18 - Número de publicações por maquinário avaliado.	36
Figura 19 - Produtividade operacional, em m ³ h ⁻¹ , das máquinas de colheita florestal: (a) Etapa de corte florestal; e (b) Etapa de extração florestal.	37
Figura 20 - Custo operacional, em R\$ h ⁻¹ , das máquinas de colheita florestal: (a) Etapa de corte florestal; e (b) Etapa de extração florestal.	40
Figura 21 - Custo de produção, em R\$ m ⁻³ , das máquinas de colheita florestal: (a) Etapa de corte florestal; e (b) Etapa de extração florestal.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Qualidade das revistas (QUALIS CAPES), local de publicação e respectivos autores das obras.....	27
Tabela 2 - Caracterização dos locais de realização dos estudos (coordenadas, relevo, solo, clima e época de coletada) e respectivos autores das obras.	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. REVISÃO SISTEMÁTICA	12
2.1.1. Aplicação da Revisão Sistemática na Área Florestal	12
2.2. Colheita Floresta	13
2.3. Etapas da Colheita	13
2.3.1. Corte	13
2.3.2. Extração	16
2.3.3. Transporte.....	17
2.4. Sistemas de Colheita	17
2.4.1. Sistema árvores inteiras (full-tree)	17
2.4.2. Sistema toras longas (tree-length)	18
2.4.3. Sistemas Toras Curtas (cut-to-length)	18
2.5. Custos e Produção.....	18
2.6. Setor Florestal	19
3. METODOLOGIA UTILIZADA.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Informações dos periódicos avaliados	26
4.2. Caracterização dos locais de estudo	29
4.3. Caracterização dos sistemas e máquinas de colheita.....	35
4.4. Variáveis Operacionais.....	37
4.4.1. Produtividades das Máquinas	37
4.4.2. Custos das Máquinas	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6. REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS.....	43

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, segundo SNIF (2019), possui em seu território uma área de floresta de 58.5%, o que cobre uma área de cerca de 497.962.509 ha, sendo 98% desta área correspondente a florestas naturais e apenas 2% florestas plantada, cerca de 10 milhões de hectares. Os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* possuem a maior parte do território de florestas plantadas, o que corresponde a 1,2% da área do país e 2,0% da área total das florestas (MAPA, 2019).

De acordo com a ABRAF (2013), em 2012 o Brasil ocupava a quarta posição entre os países com maior custo de produção na área florestal. Podendo a colheita florestal, segundo Santos et. al., (2018), representar em torno de 50% do custo final da madeira colocada nas fábricas ou em centros consumidores. Sendo assim a compreensão das variáveis que influenciam a produtividade das máquinas florestais e seus custos são de suma importância para a realização do planejamento da colheita florestal e a sua otimização visando menores gastos e maiores retornos financeiros.

Segundo Santos et al., (2013), o setor florestal está em constante renovação a fim de atender as exigências do mercado, entre elas a modernização da colheita florestal, que tem como objetivo a busca por uma maior produtividade, redução de custos e uma maior competitividade de mercado entre as empresas. Para Machado e Castro (1989), os custos com a extração da madeira têm grande influência nos custos totais da produção florestal, pois o gasto gerado nesta etapa da colheita pode representar mais da metade do custo final do produto. Por isso, o conhecimento das variáveis de influência, o eficiente planejamento e controle de suas fases são essenciais para a redução de gastos, aumento da qualidade do produto, otimização do tempo e redução dos danos ambientais.

O objetivo do presente trabalho foi levantar as produtividades e os custos envolvidos na colheita de madeira no Brasil nos últimos 20 anos através de uma revisão sistemática, visando agrupar essas informações em um único documento para dar subsídios aos profissionais da área no planejamento das operações.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. REVISÃO SISTEMÁTICA

Existem diversos tipos de estudos de revisão de literatura, dentre elas está a revisão sistemática, uma forma de pesquisa que emprega como fonte de dados a literatura de um tema determinado (SAMPAIO; MANCINI, 2007). As revisões sistemáticas possuem uma grande importância para o melhoramento do conhecimento existente em um determinado tema, tornando a qualidade deste trabalho de revisão sujeito não somente as investigações anteriormente realizadas, mas também da clareza da explicação destes conhecimentos (LIMA et al., 2020).

Segundo Sampaio e Mancini (2007), para a realização de uma revisão sistemática é importante que o pesquisador siga um protocolo de pesquisa que contenha os seguintes passos: Definir a forma com que os estudos serão encontrados, critérios de exclusão e inclusão dos artigos, definição dos desfechos de interesse, averiguar a acurácia dos resultados, determinação da qualidade dos estudos e análise das estatísticas utilizadas.

Sendo assim, os passos a serem seguidos para a realização da revisão sistemática são:

- Passo 1: Definir a pergunta;
- Passo 2: Buscar evidências;
- Passo 3: Revisar e selecionar estudos;
- Passo 4: Analisar a qualidade metodológica dos estudos;
- Passo 5: Apresentar os resultados.

2.1.1. Aplicação da Revisão Sistemática na Área Florestal

Alguns autores da área florestal que aplicaram a revisão sistemática em seus trabalhos foram: Brites e Morsello (2016) com “Efeitos ecológicos da exploração de produtos florestais não madeireiro: uma revisão sistemática”, Inkotte et al. (2019) com o artigo “Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma cerrado: uma revisão sistemática”, Lima; Castro e Baptista (2020) com “Segurança ocupacional em sistemas de gestão da floresta nativa: revisão sistemática”, e o mais recente publicado pelos autores Tonello et al. (2021) com “A dinâmica do conhecimento sobre o escoamento pelo tronco: uma revisão sistemática”.

2.2. Colheita Florestal

Para Brown e Diniz (2017), a colheita florestal é a ação que ocorre no fechamento de um ciclo produtivo, após a implementação de uma proposta florestal, da realização do plantio e sua apropriada conclusão, é a coleta do que foi produzido.

A colheita florestal é um complexo de operações realizadas na floresta para analisar e extrair a madeira até o local de transporte ou uso (BANTEL, 2010). Pode ser dividida em três etapas: Corte, onde inclui a derrubada, desgalhamento, destopamento e o processamento; Extração, fase que corresponde ao depósito da madeira em um local de maior acessibilidade; Transporte, condução do material lenhoso para o local de utilização a fim de otimizar as operações envolvidas (NASCIMENTO et al., 2011).

A escolha dos métodos operacionais e processamento de madeira a serem utilizados na colheita florestal levam em consideração a espécie florestal, idade do povoamento, finalidade de produto e condição de trabalho na área (SIMÕES et al., 2010).

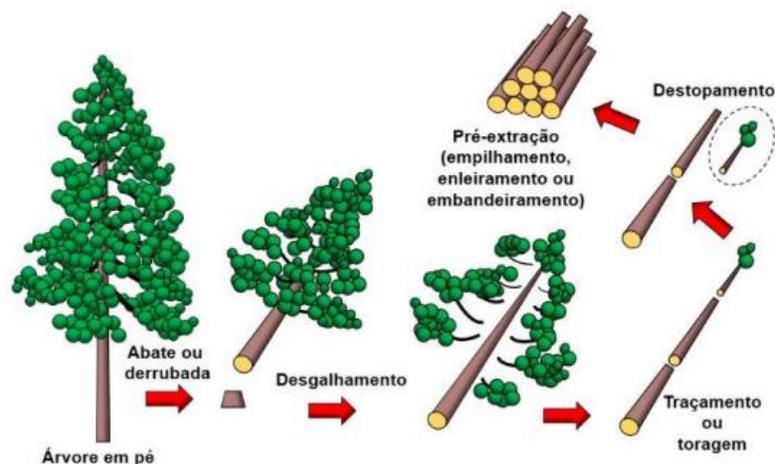
2.3. Etapas da Colheita

2.3.1. Corte

É a primeira etapa da colheita, onde ocorre todo o processamento da árvore (derrubada, desgalhamento, destopamento, traçamento e pré-extração), e viabiliza a sua retirada de dentro da floresta (Figura 1). Ela possui uma alta influência nas etapas seguintes (RODRIGUES, 2018).

Sua realização pode ser feita através de métodos manuais, semimecanizados ou mecanizados.

Figura 1 - Etapas do corte.



Fonte: (RODRIGUES, 2018).

2.3.1.1. Método Manual

É o método mais antigo, foi exclusivo até a década de 50, caracterizado pela utilização de equipamentos não motorizados e pelo trabalho braçal dos operadores florestais no desgalhamento, destopamento, traçamento e no empilhamento no local (BROWN; DINIZ, 2017).

Algumas vantagens da utilização do método manual é o baixo custo de aquisição e manutenção de equipamentos, entretanto este método apresenta um elevado grau de esforço físico dos trabalhadores e riscos de acidentes devido a utilização de mão-de-obra de baixa qualificação, o que reflete também na produtividade (RODRIGUES, 2018).

Equipamentos usados para a realização deste método: Traçador, machados, serras de arco, facão, terçado, foices, panca florestal, machete, entre outros.

Figura 2 - Desgalhamento manual.



Fonte: Própria autora (2018).

2.3.1.2. Método Semimecanizado

Por volta da década de 1960, aos poucos o método manual foi sendo substituído pelo semimecanizado com o aparecimento das primeiras motosserras. Com isso, parte das operações de corte começaram a serem realizadas de forma semimecanizada. Entretanto, a atividade de

corte semimecanizado ainda exige bastante da capacidade física do trabalhador florestal e é considerada uma atividade de altos riscos à saúde (BROWN; DINIZ, 2017).

De acordo com os mesmos autores, a motosserra, principal máquina utilizada no corte semimecanizado no Brasil, é considerado um dos principais equipamentos causadores de acidente no trabalho, por conta disso, foram desenvolvidas normas para regulamentar o seu uso, NR 12 e NR 31, que dão embasamento sobre o trabalho com equipamentos e máquinas e sobre o trabalho no setor florestal respectivamente.

Figura 3 - Motosserra.



Fonte: Própria autora (2018).

Para a execução do corte semimecanizado é preciso que os operadores recebam um treinamento adequado para que possam realizar as operações do corte com qualidade e segurança, sendo extremamente necessária a utilização dos EPI's (equipamentos de proteção individuais) recomendados, tais como luvas, capacete com viseira, calças de proteção, botas antiderrapante com proteção, protetor auricular, vestimenta sinalizadora de manga longa (BROWN; DINIZ, 2017; RODRIGUES, 2018).

O corte semimecanizado foi utilizado durante bastante tempo, no Brasil ele ainda é muito utilizado no corte de árvores nativas na Amazônia, entretanto a sua utilização se limita às áreas e regiões onde não é possível a chegada das máquinas por conta das condições

específicas do solo, da topografia acidentada, ou das dimensões das árvores que extrapolam a capacidade dos tratores de corte florestal (BROWN; DINIZ, 2017; RODRIGUES, 2018).

2.3.1.3. Método Mecanizado

O método mecanizado nada mais é do que a mecanização total do corte. A introdução dos maquinários usados neste método teve início a partir da década de 1990, com a finalidade de atender à crescente demanda, inclusive do cenário internacional, o que elevou o grau de competitividade entre os diferentes players de mercado, concedendo uma maior relevância ao planejamento dos procedimentos produtivos (SANTOS et al., 2013).

As máquinas possibilitaram um alto rendimento das operações, a redução dos custos de produção, segurança e um bom potencial de reação, o que permitiu a realização do trabalhos em turnos, e uma maior segurança e ergonomia aos operadores, contudo, este método também possui suas barreiras, além do elevado investimento inicial com os equipamentos, possui uma limitação quanto ao diâmetro mínimo e máximo dos indivíduos arbóreos, a necessidade de operadores capacitados e uma boa estrutura de manutenção e assistência técnica (RODRIGUES, 2018).

De acordo com Rodrigues (2018), Brown e Diniz (2017), uma grande influência na escolha destes maquinários é o sistema de colheita a ser utilizado e a exigência da indústria para com o dimensionamento das toras, que devem seguir um comprimento e diâmetro pré-determinados. As máquinas mais usadas são o Feller-Buncher e o Harvester.

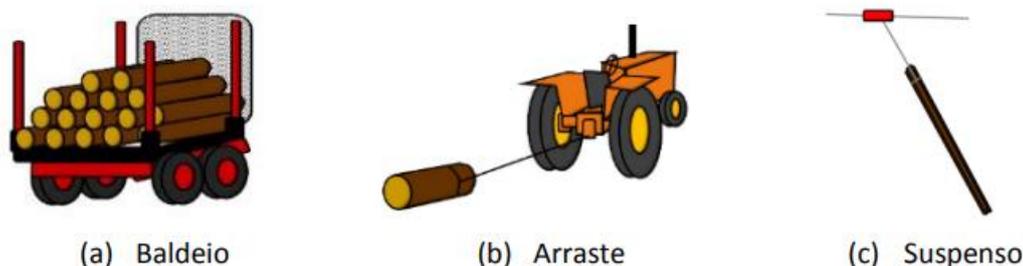
O corte mecanizado pode ser realizado com as seguintes máquinas: Harvester, Feller-buncher, Slingshot, Garra traçadora, Tree-puller, Highlander, Delimber, Delimber-buncher, Feller-skidder, Harwarder (RODRIGUES, 2018).

2.3.2. Extração

A extração florestal consiste na retirada da madeira na forma de toras, fustes ou árvores inteiras do local de corte até a margem do talhão, para o carregador ou pátio intermediário, sendo a fase posterior ao corte. Ela é apontada como a etapa de maior complexidade, necessitando uma preparação exigente devido a influência de diversos fatores que afligem diretamente a produtividade e os custos de produção, como intervalo de extração, declividade do terreno, a densidade do talhão, tipo de máquina, características do povoamento e nível de experiência do operador (LOPES; DINIZ, 2015). Pode ser classificada das seguintes formas: Baldeio, quando ela é feita com a ausência de contato das toras com o solo; arraste, quando uma

parte ou toda a madeira encosta no solo; e suspensão, extração com contato parcial ou sem qualquer contato com o solo (RODRIGUES, 2018).

Figura 4 - Formas de extração florestal.



Fonte: (RODRIGUES, 2018).

2.3.3. Transporte

Segundo Rodrigues (2018), o transporte florestal tem como finalidade movimentar as cargas de origem florestal até o centro consumidor. Os primeiros e mais utilizados métodos de transporte florestal são o aquaviário, rodoviário e o ferroviário, tendo o rodoviário como o principal utilizado no Brasil.

É possível encontrar também métodos como o dutoviário e aeroviário, porém com mais dificuldade devido ao alto custo de aplicação desses métodos.

2.4. Sistemas de Colheita

De acordo com as condições locais, a colheita floresta pode ser realizada por diferentes sistemas, eles são baseados no processamento das árvores, essencialmente no comprimento das toras a serem retiradas da floresta. São divididos em 3 sistemas, o de árvores inteiras (*full-tree*), o de toras curta (*cut-to-length*), e o de toras longas (*tree-length*) (SANTOS et al., 2015).

2.4.1. Sistema árvores inteiras (*full-tree*)

Neste sistema, na maioria das vezes, as árvores são cortadas com auxílio de um Feller-Buncher, e são levadas regularmente por um Skidder até a margem da estrada ou pátio intermediário, onde poderá ser processada. É comumente utilizado na produção de biomassa para energia, visto que é possível a utilização da casca, ramos e folhas das árvores cortadas, promovendo assim uma área mais limpa, o que diminui os riscos de acidentes e propicia um maior rendimento operacional quando comparado a de outros sistemas de colheitas. As

principais máquinas neste sistema são: Feller-buncher, Skidder, motosserra e cabos aéreos (SANTOS et al., 2015).

2.4.2. Sistema toras longas (tree-length)

Propagado principalmente em países norte-americanos, este sistema foi desenvolvido pensando nas áreas mais acidentadas, o que faz com que o transporte físico de toras exija equipamentos mais resistentes devido ao peso e as dimensões da madeira. Ele pode ser considerado o sistema menos dispendioso quando mecanizado, os principais motivos seriam a alta eficiência dos equipamentos e um custo mais baixo por tonelada de madeira depositado no pátio da empresa. Neste sistema, o desgalhamento e o destopamento das árvores são realizados no local de corte, o traçamento e o descascamento(opcional) são feitos na margem das estradas que circundam o talhão explorado, ou em pátios intermediários. O transporte é realizado em forma de fustes maiores que 7 metros de comprimento (MALINOVSKI, 2014).

As principais máquinas usadas no sistema de toras longas segundo Rodrigues (2018) são o Feller-Buncher, a motosserra, o Skidder ou mini-Skidder

2.4.3. Sistemas Toras Curtas (cut-to-length)

É o sistema mais utilizado no Brasil, nele as árvores são processadas no local da derrubada e transportadas para a margem da estrada na forma de toras possuindo no máximo 6 metros de comprimento. Comumente usados por empresas de celulose por apresentar vantagens como o aumento da produtividade e a redução de custos da produção, requer um menor grau de mecanização e possui facilidade de deslocamento a pequenas distâncias, baixa agressão ao meio ambiente, em especial com o solo. As máquinas mais utilizadas nos sistemas são o Harvester e o Forwarder (SANTOS *et al.*, 2015).

2.5. Custos e Produção

Mesmo com o desenvolvimento da área de colheita florestal nos últimos anos, são necessários dados e informações com maior precisão no momento da escolha do sistema e dos maquinários adequados, tanto no viés econômico quanto no ambiental (SANTOS et al., 2016).

Os custos totais das produções florestais são fortemente influenciados pelo custo das operações de extração, chegando estes a atingir mais de 50% do custo final da madeira (MINETTE; *et al.*, 2004). Isso mostra cada vez mais a necessidade da precisão das técnicas de colheita, fundamentais para o aumento da eficiência operacional e da produtividade, redução dos custos de produção e colaborando para um melhor sistema produtivo e de maior

competitividade (LOPES; DINIZ, 2015). Um planejamento eficiente e um bom controle das operações de extração são fundamentais para a racionalização do trabalho, para um aumento na qualidade do produto, e uma diminuição dos custos e danos ambientais (SANTOS *et al.*, 2013).

Durante a escolha do maquinário, uma ferramenta a ser utilizada é a realização da análise técnica e cálculo dos custos dos tratores florestais, pois através deles é possível obter informações precisas sobre as atividades que mais afetam o rendimento dos equipamentos e identificar os gastos mais expressivos no custo operacional (SANTOS *et al.*, 2016).

2.6. Setor Florestal

De acordo com o IBÁ (2020), o setor brasileiro de florestas plantadas é referência mundial, em 2019 representando 1,2% do PIB nacional, uma receita bruta de R\$97,4 bilhões, obteve um crescimento de 12,6% em relação ao ano de 2018, destacou-se no desenvolvimento de uma economia de baixo carbono, por sua alta produtividade, tecnologia incorporada, modernas instalações produtivas e melhores práticas de manejo florestal.

É possível observar que esta indústria está sempre atenta ao futuro, com investimentos em pesquisas, a fim de desenvolver produtos que estejam alinhados à bioeconomia. Com uma visão moderna, o setor vem conseguindo crescer, mesmo nos anos mais conturbados com os de 2019 (IBÁ, 2020).

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Para a realização deste trabalho foi utilizada a metodologia de revisão sistemática dos trabalhos de Inkotte *et al.*, (2019) e Lima *et al.*, (2020). A base de dados (secundária), relacionada à temática de interesse, foi direcionada apenas a busca de artigos científicos, publicados em periódicos nacionais indexados. O período de levantamento das informações ocorreu de junho a agosto do corrente ano.

Inicialmente foram selecionadas quatro revistas nacionais de relevância na área das ciências florestais (árvore, ciência florestal, scientia florestalis e floresta), e procedeu-se, através da busca nas suas “home pages”, do levantamento de todos os artigos relacionados à área de colheita florestal nos últimos vinte anos. Foram encontrados 81 artigos.

Visando aprimorar a coleta de dados e aumentar as fontes de consulta, optou-se pela realização de nova pesquisa nos bancos de dados do Scielo, Periódicos CAPES e na plataforma

do Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas em busca por assunto foram: (a) colheita florestal; (b) custo; (c) rendimento; e (d) produtividade. O intervalo considerado foi de 2001 a 2021. Foram encontrados 10 artigos no Scielo, 99 artigos no Periódicos CAPES, e 16000 artigos no Google Acadêmico, analisou-se as 10 primeiras páginas consultadas, os 100 artigos com maior relevância.

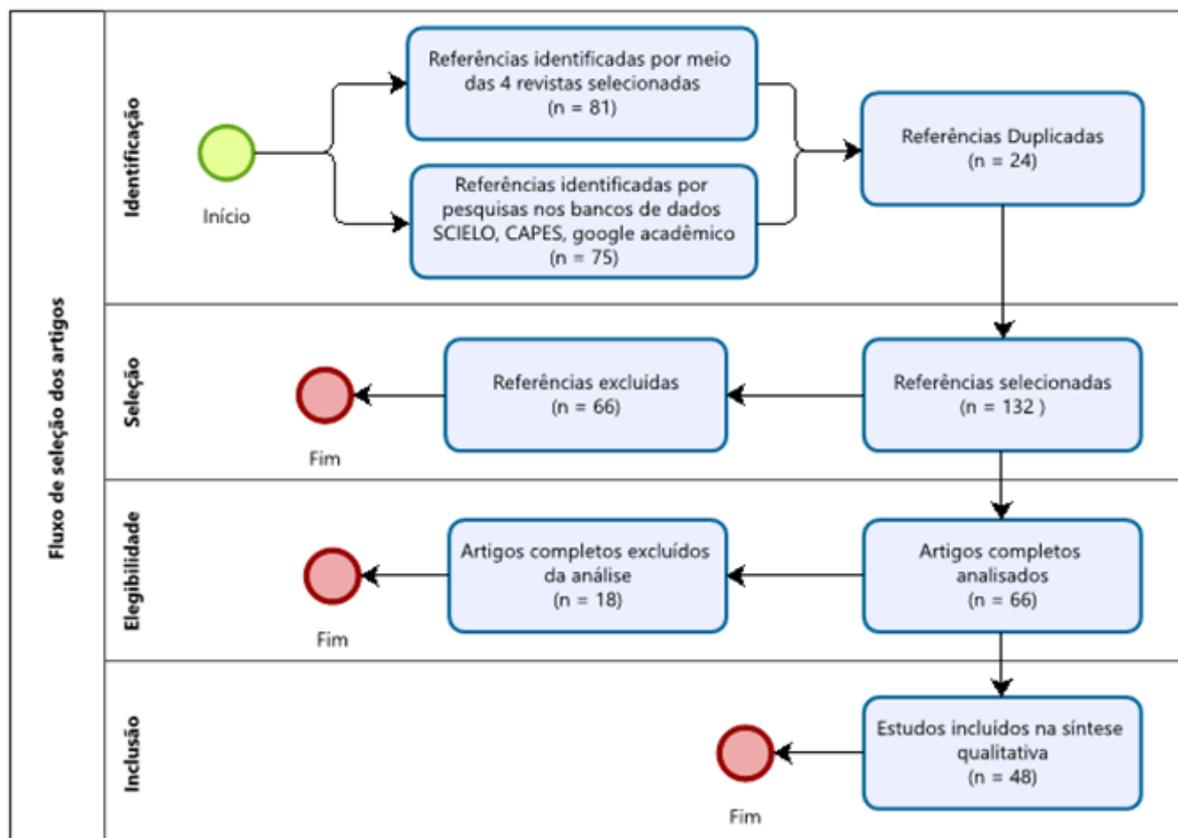
Os critérios de inclusão para os artigos encontrados nas plataformas aconteceram através de seu enquadramento no tema predefinido, compreendendo assim todos os trabalhos referentes a precificação da produção ou custos da colheita florestal no território nacional entre os anos de 2001 e 2021.

Após avaliação dos critérios desejados em cada uma das plataformas, selecionou-se 16 artigos relevantes na plataforma Periódicos CAPES, 8 artigos no Scielo e 51 artigos no Google

Acadêmico, totalizando 75 artigos na segunda pesquisa, obtendo-se assim uma melhor amostra para análise.

A triagem iniciou com a realização da junção dos artigos selecionados na primeira e na segunda pesquisa sendo feita a retirada de trabalhos repetidos, de publicações não referentes a revistas ou jornais científicos, e dos que não possuíam quaisquer dados desejados, chegando ao um banco de dados final de 48 artigos (Figura 5).

Figura 5 - Fluxo de seleção dos artigos para revisão.



Para a elaboração do fluxo de seleção dos artigos, figura 4, foi utilizada a versão freeware do software BizAgi BPM®, versão 3.9.0.015, este de propriedade da companhia BizAgi®.

Posterior a triagem dos artigos científicos foi então realizado o registro das seguintes informações de interesse para análise:

- **Periódico** - nome, local de origem e ano da publicação;
- **Estudo** - ano de realização, região, coordenadas geográficas, tipo de floresta, relevo, tipo de solo, clima, estação do ano;
- **Colheita** - sistema adotado, método utilizado, etapa operacional (corte, extração ou carga), e máquinas e equipamentos empregados; e
- **Variáveis Operacionais de Interesse** - produtividade (P), custo operacional total (COT), e custo da produção (CP).

De posse do levantamento das informações de interesse realizou-se a confecção de tabelas e figuras visando facilitar a visualização pelo leitor. Para a análise das variáveis operacionais (P, COT e CP) foram agrupados os dados levantados, na literatura especializada, em etapas da colheita florestal e máquinas analisadas. As principais linhas analisadas foram:

➤ **Operações de corte florestal**

- **Harvester** (colhedor florestal) - realizada todas as operações relacionadas ao corte florestal, desde a derrubada e processamento das árvores no comprimento especificado pela indústria (Figura 6);

Figura 6 - Harvester com rodado de esteira



Fonte: (BROWN; DINIZ, 2017).

- **Feller-Buncher** (trator florestal derrubador acumulador) - máquina destinada somente à etapa de derrubada de árvores (Figura 7);

Figura 7 - Feller-buncher com rodados de pneus.



Fonte: (BROWN; DINIZ, 2017).

- **Slingshot** (colhedor e processador florestal) - máquina com cabeçote de corte de múltiplas funções, utilizada para a colheita de florestas em segunda rotação ou processamento de fustes para atendimento do setor industrial (Figura 8);

Figura 8 - Slingshot.



Fonte: (SOUZA et al., 2004).

- **Garra Traçadora** (processador florestal) - destina-se a processar fustes em toras no comprimento especificado pela indústria (Figura 9).

Figura 9 - Garra traçadora.

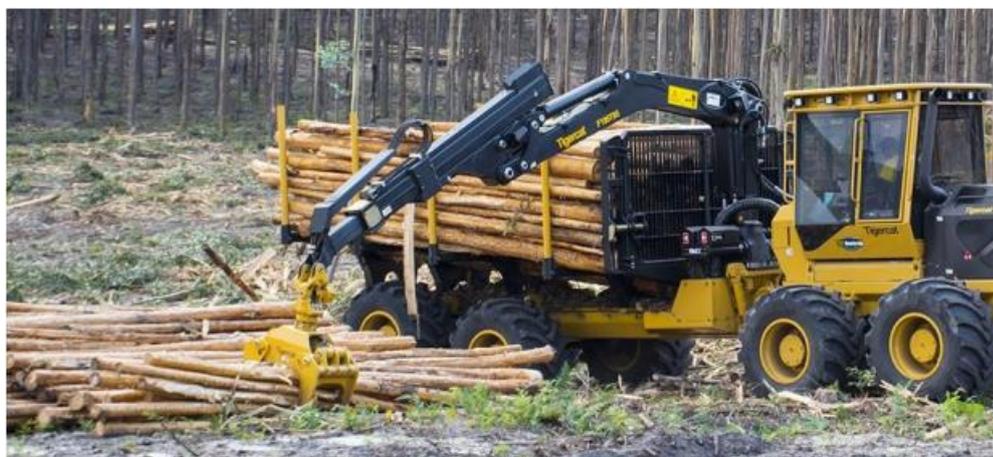


Fonte: (ARAÚJO, 2014).

➤ **Operações de extração florestal**

- **Forwarder** (caminhão florestal autocarregável) - caminhão projetado pra o setor florestal que se destina a retirada de madeira do interior do talhão sem contato com o solo (Figura 10);

Figura 10 - Forwarder com capacidade de 25 toneladas.



Fonte: (BROWN; DINIZ, 2017).

- **Skidder** (trator florestal arrastador) - trator que retira madeira do interior da floresta com parte da tora em contato com o solo (Figura 11);

Figura 11 - Grapple SkidderTigercat 635 E.



Fonte: (BROWN; DINIZ, 2017).

- **Sistema de cabos aéreos** - empregado em regiões de topografia acentuada e com grande material lenhoso a ser extraído (Figura 12).

Figura 12 - Equipamento Tajfun para extração com cabos aéreos.



Fonte: (BROWN; DINIZ, 2017).

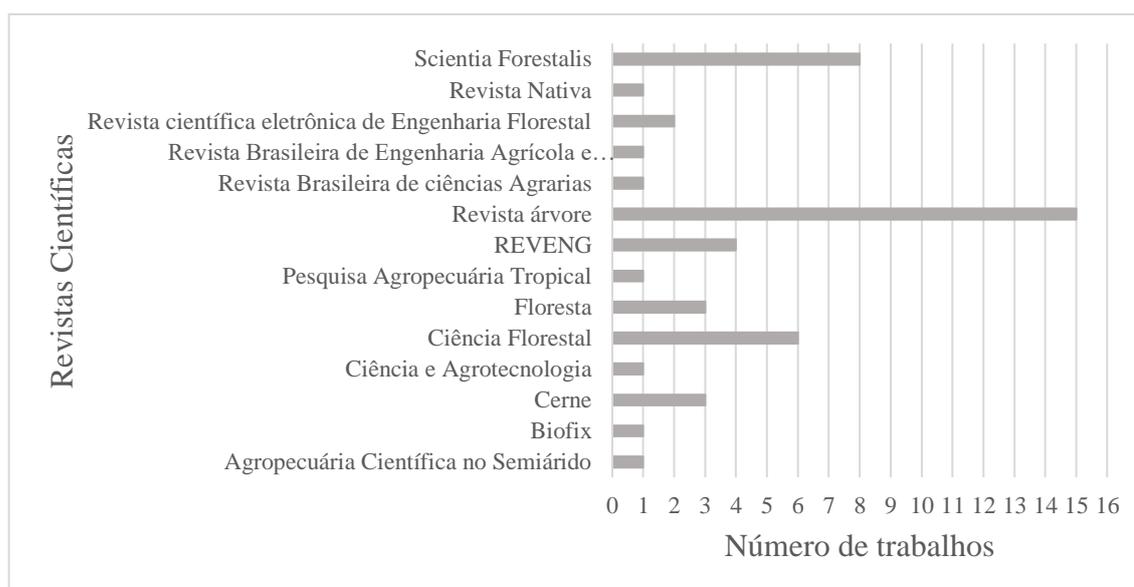
Para a análise dos dados oriundos das variáveis operacionais realizou-se estatística descritiva envolvendo média, desvio padrão e valores máximos e mínimos obtidos. Procurou-se também correlacionar os parâmetros de influência (volume da floresta, relevo, distância de extração), com os valores encontrados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Informações dos periódicos avaliados

Na Figura 13 encontra-se os periódicos com publicações relacionadas ao tema de estudo. Foram identificadas 14 revistas científicas (48 artigos), sendo o número mais expressivo de publicações na área de colheita florestal obtido para as revistas árvore (15), scientia florestalis (8) e ciência florestal (6), o que correspondeu a 60,42 % do total de artigos publicados. Os demais periódicos contabilizaram menos de 4 publicações.

Figura 13 - Números de artigos publicados nos diferentes periódicos indexados.



A análise da classificação das revistas (Tabela 1), obtida conforme a o QUALIS CAPES (A1, A2, B1, B2, B3, B4 e B5), referente ao quadriênio 2013-2016, indicou que 79,17% das publicações foram em periódicos classificados como B1, 10,42% em B3, 8,33% em B5 e 2,08% em A2 (padrão periódico internacional). Ressalta-se que não foram feitas buscas em periódicos internacionais com termos de busca traduzidos para o idioma inglês. Na Tabela 1 são apresentados os locais de publicação (GO, MG, MS, PE, PB, PR, RS e SP), a origem dos periódicos e a lista de autores das obras com os seus respectivos anos de publicação.

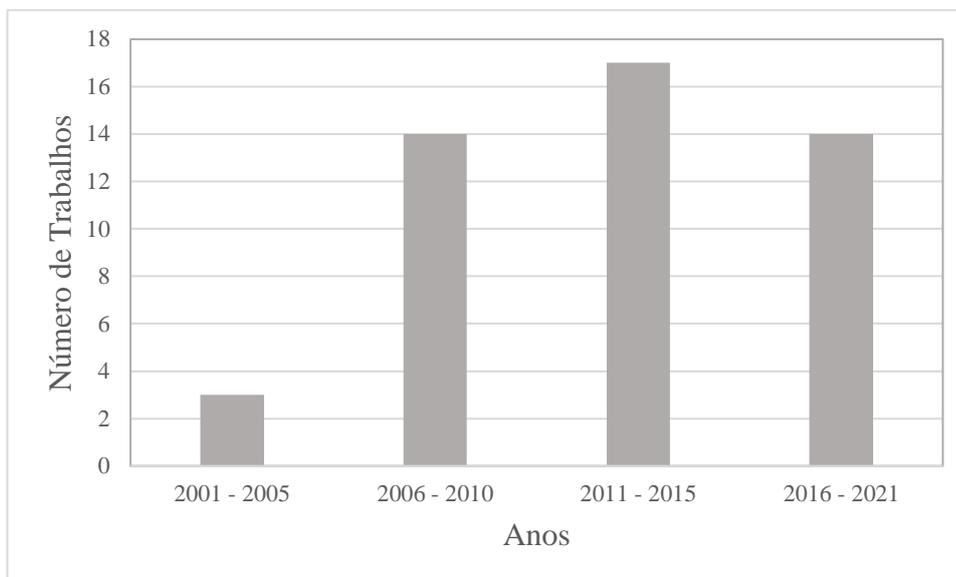
Tabela 1 - Classificação das revistas (QUALIS CAPES), local de publicação e respectivos autores das obras.

Revista	Qualis CAPES (2013-2016)	Local de Publicação	Referência
Agropecuária Científica no Semiárido	B5	Patos-PB	(DINIZ; CERQUEIRA; OLIVEIRA, 2018)
Biofix	B5	Paraná-PR	(MAYAJIMA et al., 2017)
Cerne	B1	Lavras-MG	(NASCIMENTO et al., 2011); (SIMÕES; FENNER; BANTEL, 2010); (ROCHA et al., 2009)
Ciência e Agrotecnologia	A2	Lavras-MG	(LOPES et al., 2009)
Ciência Florestal	B1	Santa Maria-RS	(PEREIRA; LOPES; DIAS, 2015); (SILVA et al., 2014); (TONIN et al., 2018); (SIMÕES; IAMONTI; FENNER, 2010); (SIMÕES; FENNER; ESPERANCINI, 2014); (GUEDES et al., 2017)
Floresta	B1	Curitiba-PR	(FIEDLER; ROCHA; LOPES, 2008); (SIMÕES; FENNER, 2010); (LOPES; DINIZ, 2015)
Pesquisa Agropecuária Tropical	B1	Goiânia-GO	(LINHARES et al., 2012)
REVENG	B3	Viçosa-MG	(FERNANDES et al., 2011); (BURLA et al., 2012); (COSTA et al., 2017); (SANTOS et al., 2016)
Revista Árvore	B1	Viçosa-MG	(MINETTE et al., 2004); (MOREIRA et al., 2004); (SILVA et al., 2010); (SCHETTINO; MINETTE; SOUZA, 2015); (LEITE et al., 2014); (LEONELLO; GONÇALVES; FENNER, 2012); (Carmo et al., 2015); (LACERDA et al., 2017); (LOPES et al., 2007); (SANTOS et al., 2016); (SANTOS et al., 2017); (LEITE et al., 2014); (FIEDLER et al., 2016); (SANTOS et al., 2013); (LEITE et al., 2012)
Revista Brasileira de ciências agrárias	B1	Recife-PE	(SANTOS et al., 2018)

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	B1	Campina Grande-PB	(SOUZA et al., 2004)
Revista científica eletrônica de Engenharia Florestal	B5	Garça-SP	(CONEGLIAN et al., 2010); (OLIVEIRA; PEREIRA, 2013)
Revista Nativa	B3	Sinop-MT	(VIEIRA et al., 2016)
Scientia Forestalis	B1	Piracicaba-SP	(FERNANDES et al., 2009); (SIMÕES; FENNER; ESPERANCINI, 2010); (SIMÕES; FENNER, 2010); (PEREIRA et al., 2020); (FERNANDES et al., 2013); (OLIVEIRA; LOPES; FIEDLER, 2009); (MIYAJIMA et al., 2020); (LEITE et al., 2013)

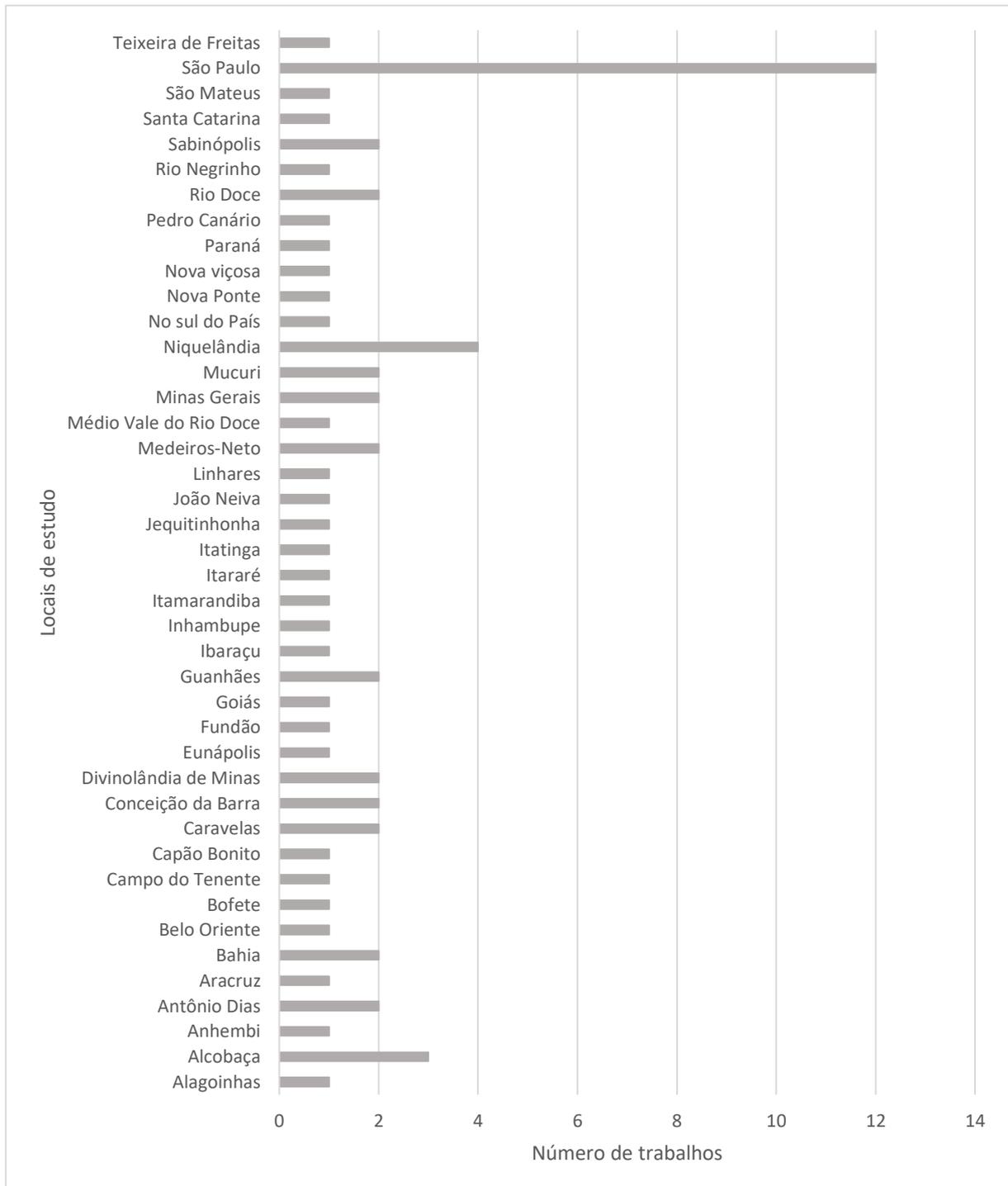
Ao avaliar as publicações pôde-se observar um crescimento na quantidade de artigos publicados com o decorrer dos anos, o que demonstra um aumento de interesse e relevância pelo tema custo e produtividade da colheita florestal. De acordo com os resultados, verificou-se um aumento mais expressivo entre 2011 e 2015 com 17 artigos publicados neste intervalo de tempo, tendo 2010 como o ano com maior número de publicações (10 artigos); observou-se uma pequena queda na quantidade de publicações entre 2016 e 2021, com 3 artigos publicados em 2018 e 2 artigos em 2020 (figura 14).

Esse fato pode estar embasado na necessidade de adequação das revistas nacionais da área às novas exigências e padrões estabelecidos pela CAPES, o que reduziu o número publicações anuais. Como exemplo pode-se mencionar a revista árvore, em que consta na sua home page (www.scielo.br/j/rarv/i/2020.v44/) seis exemplares (bimestrais) publicados no ano de 2019 e um exemplar publicado em 2020 (apenas 32 artigos gerais).

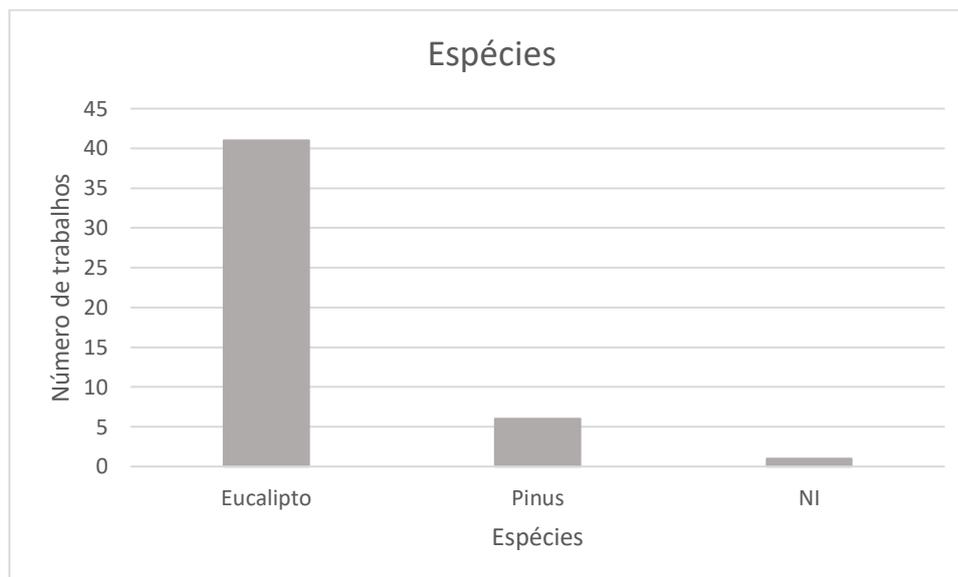
Figura 14 - Performance do número de publicações ao longo dos anos (2001-2021).

4.2. Caracterização dos locais de estudo

Os dados levantados foram referentes a 68 localidades distintas do Brasil (Figura 15), sendo 25,00% dos estudos realizados no Estado da Minas Gerais, 23,53% na Bahia, 23,53% em São Paulo, 13,23% no Espírito Santo, 7,36% no Goiás, 4,41% no Paraná, e 2,94% em Santa Catarina. Essa predominância de estudos observada para a região sudeste do País (61,76%) pode estar atrelada à proximidade de localização dos plantios equiâneos das grandes empresas do ramo florestal (Cenibra, International Paper e Suzano) às instituições de ensino e pesquisa (UFV, UFLA, UFES e ESALQ).

Figura 15 - Localidades de realização dos experimentos

As fontes bibliográficas obtidas indicaram a predominância de estudos realizados em florestas plantadas com *Eucalyptus sp.* (85,42%), sendo as florestas de *Pinus sp.* detentoras de 12,5% dos estudos realizados, conforme ilustrado na Figura 16. Essa constatação pode ser explicada pelo fato da quantidade de área coberta por eucalipto atualmente no Brasil, para fins comerciais, corresponder a 80,20% do total de florestas plantadas, conforme dados do IBGE (2021).

Figura 16 - Número de publicações por floresta plantada (eucalipto e pinus).

Legenda: NI - não identificado.

Em análise à caracterização dos estudos (Tabela 2), destaca-se a condição de relevo das avaliações, onde evidenciou-se que 25% dos trabalhos foram realizados em áreas com declividade plana (0-3%), 29,17% em relevo variando de plano (0-3%) a suave ondulado (3-8%), 4,17% em relevo suave ondulado (3-8%), 4,17% em relevo ondulado (8-20%), 2,08% em relevo forte ondulado (20-45%), 14,58% em relevo montanhoso (45-75%), e em 20,83% dos artigos não foi feita menção a condição de relevo. As classes de relevo foram estabelecidas conforme EMBRAPA (1979). De acordo com Simões e Fenner (2010), o relevo está entre as principais variáveis que influenciam na produtividade de máquinas de colheita florestal, destacando em seu estudo que a produtividade decresce com o aumento do percentual de inclinação do terreno, sendo assim, as áreas mais declivosas vão acarretar uma menor produtividade.

Tabela 2 - Caracterização dos locais de realização dos estudos (coordenadas, relevo, solo, clima e época de coletada) e respectivos autores das obras.

Local de Estudo	Coordenadas (*)	Relevo	Solo	Clima	Sazonalidade e	Referências
Niquelândia		0% a 3%	Areno/argilos o drenado	Tropical semi-úmido	Janeiro a agosto de 2005	(FIEDLER; ROCHA; LOPES, 2008)
São Paulo*	Entre os paralelos 22°55' de	0% a 8%	Latossolo Vermelho-Escuro	Cwa	NI	(SOUZA et al., 2004)

	latitude sul, 48°50' de longitude oeste e a 750 m de altitude					
São Paulo*	23°06' de Latitude Sul e 48°36' de Longitude Oeste	NI	Latossolo Vermelho Amarelo	Cwa	NI	(MAYAJIMA et al., 2017)
Santa Catarina*	Entre os paralelos 26°42'52''S e 49°29'00''W, com uma altitude média de 530m	3% a 8%	Cambissolos Húmico Alumínico e Neossolo Regolítico Húmico	Cfb	NI	(PEREIRA; LOPES; DIAS, 2015)
Eunápolis		0% a 3%	Argissolo Amarelo Distrófico	Af	NI	(SANTOS et al., 2018)
São Paulo*	Entre os paralelos 22o 55' de latitude sul e 48o 50' de longitude oeste e a 750 m de altitude	0% a 8%	Latossolo Vermelho- Escuro	Cwa	NI	(MINETTE et al., 2004)
Niquelândia		0% a 8%	Latossolo Vermelho- Escuro	NI	NI	(FERNANDES et al., 2009);
Conceição da Barra/ Caravelas		0% a 5%	N/A	Tropical úmido	NI	(SILVA et al., 2014);
Itatinga		0% a 3%	N/A	NI	Janeiro e fevereiro (2014)	(TONIN et al., 2018);
Bofete		NI	Latossolo Vermelho Amarelo(S2) médio arenoso (S1 e S2)	NI	NI	(CONEGLIAN et al., 2010);
São Paulo*	Entre os paralelos 22°55' de latitude sul e 48°50' de longitude oeste e a 750 m de altitude	0% a 8%	Latossolo Vermelho- Escuro	Cwa	NI	(MOREIRA et al., 2004)
São Paulo*	23°11' de Latitude Sul e 48°30' de Longitude Oeste, com altitude média de 650 m	0% a 8%	Neossolo Quartzarênico órticos latossólicos	Cwa	Céu encoberto com períodos de sol	(SIMÕES; FENNER; ESPERANCINI , 2010)
Itamarandiba		0% a 3%	Latossolo vermelho- amarelo	Seco com baixa umidade	NI	(NASCIMENT O et al., 2011)
Niquelândia		0% a 8%	Latossolo vermelho- escuro	Tropical úmido	NI	(FERNANDES et al., 2011)
São Paulo*	s 22°58' de Latitude Sul e	NI	Argilo- arenoso de cor	Cwa	Céu encoberto	(SIMÕES; IAMONTI;

	48°32' de Longitude Oeste, com altitude média de 780 m		castanho avermelhado		com períodos de sol	FENNER, 2010);
Nova Ponte		0% a 5%	Latossolo vermelho- escuro	NI	Setembro a janeiro (2007)	(SILVA et al., 2010)
São Paulo*		0% a 3%	Arenoso de cor castanho- avermelhado	Cwa	Céu encoberto com períodos de sol	(SIMÕES; FENNER, 2010)
Divinolândia de Minas/ Sabinópolis/ Guanhães		45% a 75%	Latossolo Vermelho- amarelo	Subtropical úmido	NI	(BURLA et al., 2012)
Jequitinhonha/ Mucuri/ Médio Vale do Rio Doce		3% a 8%	Latossolo vermelho (LV), Latossolo Vermelho- amarelo (LVA), Argissolo vermelho (PV), argissolo vermelho- amarelo (PVA) e cambissolo Hálico(CX)	Aw	Janeiro (2012) a janeiro (2013) - invernos secos e chuvas máx. no verão	(SCHETTINO; MINETTE; SOUZA, 2015);
São Paulo*	22°58' de Latitude Sul e 45°17' de Longitude Oeste, com altitude média de 710 m	média de 35%	argilo-arenoso de cor castanho avermelhado	NI	Pleno sol durante todo o estudo	(SIMÕES; FENNER; BANTEL, 2010);
Alagoinhas		NI	NI	NI	NI	(VIEIRA et al., 2016)
Belo Oriente		N/A	Cambissolo latossólico na região de baixada e Neossolo flúvico na encosta	N/A	2 a 22 julho 2009 de 8h - 16h e das 16h - 24h	(LEITE et al., 2014)
Inhambupe		0% a 3%	N/A	Tropical úmido	NI	(COSTA et al., 2017);
Anhembi		3% a 3.5%	Podzólico vermelho- amarelo	NI	Em condições homogêneas de clima, sem ocorrência de precipitação pluviométric a	(LEONELLO; GONÇALVES; FENNER, 2012)
Bahia*	16°22'S e 39°34'W	NI	Argissolos vermelho- amarelo, latossolo amarelo e latossolo vermelho- amarelo	Af	Outubro de 2010 a setembro de 2011	(LINHARES et al., 2012)

São Paulo*	22°58' de Latitude Sul e 45°18' de Longitude Oeste	45% a 75%	Argilo-arenoso de cor castanho avermelhado	NI	Pleno sol durante o período de estudo	(SIMÕES; FENNER, 2010)
Paraná*	N/A	3% a 8%	NI	Cfa e Cfb	NI	(DINIZ; CERQUEIRA; OLIVEIRA, 2018)
Alcobaça/Medeiros-Neto		0% a 5%	Latossolo amarelo distrófico e vermelho-amarelo distrófico	Tropical úmido	Março (2011) a setembro (2012) - chuvoso out. a dez. e período seco jul. a set.	(CARMO et al., 2015)
Goiás*	NI	0% a 3%	Areno-argiloso	Tropical semi-úmido	Janeiro a agosto (2005) - período chuvoso de outubro a abril e seco de maio a setembro	(ROCHA et al., 2009)
São Paulo*	UTM Zona 22K 754810 E e 7432734 S, com altitude média de 650 m	0% a 3%	Areia quartzo sálica	Cwa	Em condições homogêneas de clima. Céu encoberto e com períodos de sol por todo o estudo	(SIMÕES; FENNER; ESPERANCINI, 2014)
Antônio Dias		31,1% a 77,8% e média de 58.9%	Latossolo vermelho-amarelo	NI	Exceto na presença de chuva	(GUEDES et al., 2017)
Aracruz/Fundão/Ibiraçu / João Neiva/ Linhares/ São Mateu/ Conceição da Barra/ Pedro Canário/ Mucuri/ Nova viçosa/ Caravelas/ Alcobaca/ Teixeira de Freitas		0% a 5%	NI	NI	Janeiro a dezembro 2013	(LACERDA et al., 2017)
Rio Negrinho		NI	NI	Cfb	Abril a julho 2005	(LOPES et al., 2007)
Minas Gerais*	NI	NI	NI	NI	NI	(SANTOS et al., 2016)
Minas Gerais*	NI	NI	NI	NI	NI	(SANTOS et al., 2017)
Rio Doce*	NI	Até 72,6%	Latossolo Vermelho-amarelo	Aw	Março (2010) a junho (2011)	(LEITE et al., 2014)
Alcobaça/Medeiros-Neto		0% a 5%	NI	NI	Março (2012) e entre agosto e setembro (2012)	(FIEDLER et al., 2016)
Capão Bonito		0% a 3%	Latossolo vermelho	Cfa e Cfb	NI	(SANTOS et al., 2013)
Antônio Dias		32.88% a 75.63%, com média de 56.67%	NI	NI	NI	(LEITE et al., 2012)

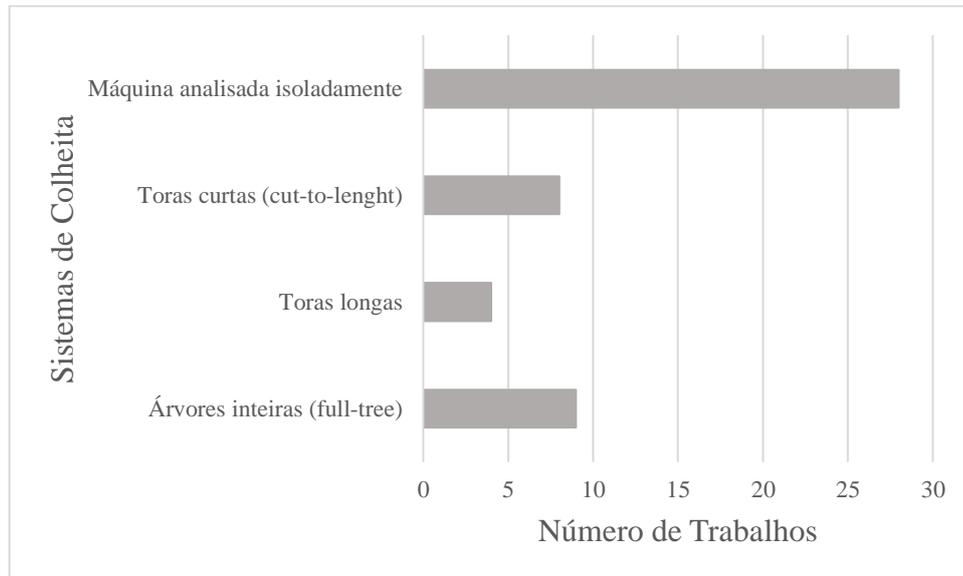
São Paulo*	NI	0% a 3%	Latossolo vermelho-amarelo	NI	Entre julho 2011 e agosto 2016	(PEREIRA et al., 2020)
Divinolândia de Minas/ Sabinópolis/ Guanhães		0% a 3%	Latossolo vermelho-amarelo	Aw	NI	(FERNANDES et al., 2013)
Campo do Tenente		8% a 20% (médio a ondulado)	Argissolo-siltoso	Subtropical úmido	Julho de 2008	(OLIVEIRA; LOPES; FIEDLER, 2009)
São Paulo*	23° 06' N e 48° 36' L	0% a 3% e 8% a 20%	Latossolo vermelho-amarelo	Cwa	NI	(MIYAJIMA et al., 2020)
Rio Doce*	NI	0% a 72,6%	Latossolo vermelho-amarelo	Aw	Março de 2010 a maio de 2011	(LEITE et al., 2013)
Itararé		45% a 75%	NI	NI	Julho de 2013	(LOPES; DINIZ, 2015)
No sul do País *	latitude sul 24° 15' 28,40" e longitude oeste 50° 40' 13,35/ latitude sul 24° 17' 31,30" e longitude oeste 50° 21' 49,60"	NI	NI	NI	Janeiro de 2012	(OLIVEIRA; PEREIRA, 2013)
Niquelândia		0% a 8%	Latossolo vermelho	NI	NI	(LOPES et al., 2009)
Bahia*	latitude 16°23'34" S e longitude 39°49'3.77" W	0% a 3%	NI	Af	NI	(SANTOS et al., 2016)

Legenda: NI – não identificado.

4.3. Caracterização dos sistemas e máquinas de colheita

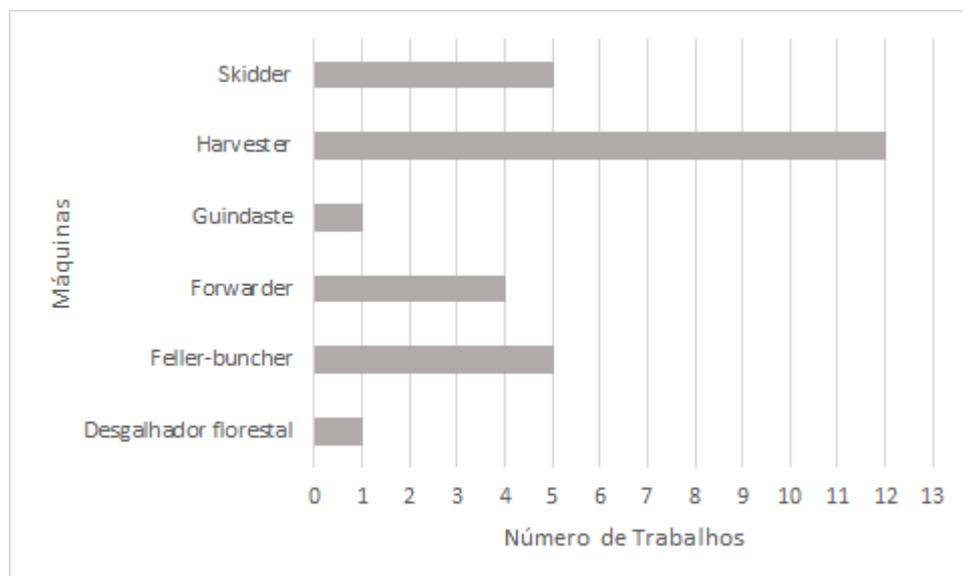
A maioria dos artigos avaliados apresentaram estudos sobre dados de máquinas isoladas (58%), os demais abordaram sistemas de colheita envolvendo mais de uma máquina (Figura 17). Dentre os sistemas analisados 9 se referiam ao sistema de colheita de árvores inteiras, 8 são de toras curtas e 4 são de toras longas. De acordo com Malinovski et al., (2014) o comprimento máximo de toras extraídas pelo sistema de toras curtas é de 7,0 m e nos demais (toras longas e árvores inteiras) as toras extraídas terão mais do que 7,0 m de comprimento.

Figura 17 - Número de publicações por sistema de colheita avaliado.



Dentro as máquinas estudadas individualmente (Figura 18), observou-se uma dominância dos estudos envolvendo o Harvester (12 publicações), equivalendo a 42,86%, seguida por estudos envolvendo o Feller Buncher (17,86%), Skidder (17,86%), Forwarder (14,28%), desganhador florestal (3,57%) e guindaste (3,57%). Machado et al., (2014) apontou o Harvester, Feller Buncher, Skidder e Forwarder como sendo as máquinas mais utilizadas nas operações de colheita florestal, sendo assim o maior número de estudos destes maquinários era esperado.

Figura 18 - Número de publicações por maquinário avaliado.



4.4. Variáveis Operacionais

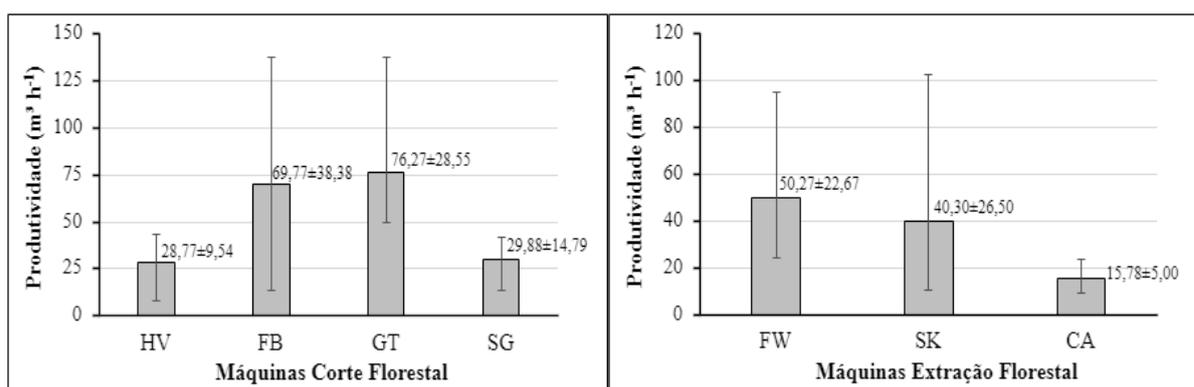
4.4.1. Produtividades das Máquinas

A produtividade das máquinas da colheita florestal, expressa em metros cúbicos por hora de trabalho ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$), avaliados nos trabalhos analisados apresentadas na Figura 19 com os seus respectivos valores de média obtidos e os desvios em relação a essa média. As fontes bibliográficas para a obtenção desses dados constam na Tabela 1.

Analisando-se as produtividades das máquinas de corte florestal (Figura 19a) observou-se discrepância entre os valores médios obtidos, em virtude das máquinas possuírem funcionalidades distintas na execução das operações. Os valores obtidos para a máquina Harvester oscilaram de 7,92 até $43,48 \text{ m}^3 \text{h}^{-1}$ (média de $28,77 \text{ m}^3 \text{h}^{-1}$), sendo esse intervalo decorrente de vários fatores que podem influenciar no seu rendimento quando em operação.

O modelo da máquina levou a uma diferença de produtividade de 6,6% entre dois modelos Harvester (SILVA et al., 2014). O volume e a manutenção mecânica foram avaliados por Silva et al., (2010) que apontou que maior volume individual de árvores implicou em maior produtividade da máquina, que também sofreu grande influência da manutenção mecânica inadequada (peças de reposição e mão de obra especializada). Menores inclinações do terreno e maiores volumes do povoamento levaram a uma maior produtividade do Harvester de acordo com Fernandes et al., (2013), Simões et al., (2010) e Costa et al., (2017) também encontraram baixa produtividade para o Harvester em uma floresta de baixo volume individual médio de árvores. Maior espaçamento da floresta levou a maior produtividade da máquina (LEITE et al., 2014). O tipo de operação realizada pelo Harvester (corte ou processamento) não influenciou na produtividade da máquina (SANTOS ET AL., 2016).

Figura 19 - Produtividade operacional, em $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$, das máquinas de colheita florestal: (a) Etapa de corte florestal; e (b) Etapa de extração florestal.



(a)

(b)

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).

O Feller-Buncher (Figura 19a) foi a máquina que obteve a maior discrepância entre os valores de produtividades obtidos (13,81 até 137,57 m³ h⁻¹) em relação à média (69,77 m³ h⁻¹). Fernandes et al., (2011) atrelaram o baixo rendimento da máquina relatada em seu estudo em virtude da baixa produção volumétrica do povoamento florestal. Fiedler et al., (2008) apontaram as interrupções (operacionais e mecânicas) a baixos rendimentos da máquina. Moreira et al., (2004) atribuíram as diferenças de produtividade do Feller-Buncher ao subsistema de colheita empregado. Nascimento et al., (2010) não encontraram diferenças na produtividade da máquina com relação às posições distintas de tombamento de árvores (derrubada a 45° ou a 90°). Simões et al., (2010) apontaram a influência no rendimento do Feller-Buncher da composição da linha de colheita e a disposição dos feixes de madeira.

No estudo realizado por Simões et al. (2014) a garra traçadora obteve a maior produtividade registrada (137,68 m³ h⁻¹) em decorrência da não ocorrência de árvores bifurcadas, o que favoreceu o desempenho da máquina, além do maior volume individual das árvores levar a maior produtividade. Outro fator apontado também pelos autores foi a alta disponibilidade mecânica alcançada, que é entendido como o tempo da máquina disponível para utilização sem precisar de reparos ou manutenção.

Analisando-se o Slingshot, a maior produtividade obtida foi de 41,41 m³ h⁻¹, uma diferença superior a 300% do valor de menor produtividade (13,27 m³ h⁻¹) encontrado por Souza et al., (2004). Essa diferença ocorreu devido ao modo distinto de utilização da máquina em cada subsistema analisado, ou seja, o Slingshot realizava o corte e o processamento no 3º subsistema descrito pelo autor, e no 1º e 2º subsistemas ele realizava apenas o processamento dos fustes derrubados, estes obtendo os maiores valores de produtividade encontrados.

Com relação aos dados obtidos para as máquinas de extração (Figura 19b) a literatura especializada indicou como variáveis influentes o comprimento dos toretes (SIMÕES et al., 2010) e a forma de realização do corte e processamento (MINETTE et al., 2004) na produtividade do Forwarder; a influência dos rodados (LOPES et al., 2007) e a distância de

extração percorrida até a estrada florestal na produtividade do Skidder (LOPES et al., 2009); e a influência da distância percorrida durante a extração dos fustes na produtividade do sistema de cabos aéreos (SIMÕES et al, 2010).

O corte e o processamento das árvores sendo realizados pelo método semimecanizado (motosserra), com o empilhamento das toras sendo realizado manualmente pelo trabalhador florestal, levou o Forwarder a um maior número de deslocamentos, em razão do comprimento das toras, tornando a movimentação da máquina dificultosa no povoamento (MINETTE *et al.*, 2004).

Os rodados (esteira, semi-esteira ou pneus) do Skidder influenciam a sua atuação segundo Lopes et al., (2007). Os autores apontaram com vantagens da esteira e semi-esteira o favorecimento do acesso as áreas de produção, diminuição da compactação e distúrbios ao solo, e limitação a mobilidade reduzida da máquina; os rodados de pneus proporcionam maior produtividade do Skidder, que apesar de gerarem maior compactação do solo e terem limitação de acesso a áreas de relevo acidentado.

Para Miyajima et al., (2017) as diferenças na produtividade operacional do Skidder ocorrem devido a fatores edafoclimáticos, tempo de experiência e capacitação do operador, produtividade da floresta, nível de utilização e manutenções preventivas, entre outros das quais são de extrema importância para maximizar as operações.

Simões et al., (2010) mencionaram que a distância percorrida do pátio até a área de carregamento na extração por cabos aéreos não deve ultrapassar os 100 m para as mesmas condições climáticas e relevo. Os autores obtiveram menor produtividade nas distâncias entre 300 m a 400 m de extração de toras, o que nos leva a concluir que a utilização deste equipamento não é recomendado para longas distâncias.

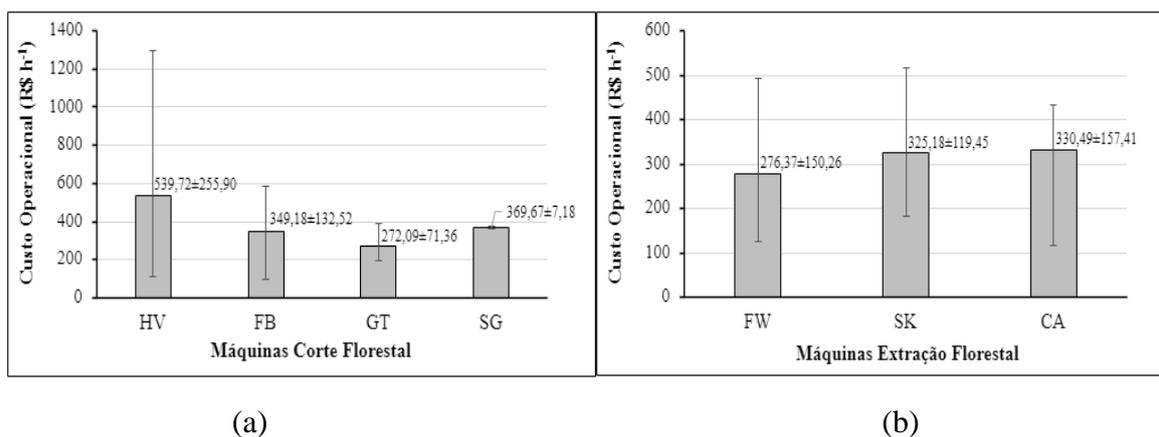
4.4.2. Custos das Máquinas

Os custos operacionais das máquinas da colheita florestal, expresso em reais por hora de trabalho (R\$ h⁻¹), estão apresentadas na Figura 20 com os seus respectivos valores de média obtidos e os desvios em relação a essa média. As fontes bibliográficas para a obtenção desses dados foram as que constam na Tabela 1.

A metodologia com os elementos que entraram na composição dos custos operacionais foi padronizada em todos os artigos analisados, ou seja, o custo operacional total foi determinado pelo método contábil (MIYATA, 1980; LOPES, 2001) utilizando-se valores reais e estimados. Esse custo englobou custos fixos (juros, seguros e depreciação), custos variáveis (mão-de-obra operacional, pneus/esteiras, combustível, óleos diversos, manutenção mecânica, e deslocamento de pessoal e maquinário), e custo de administração (5 a 9% dos demais custos).

Algumas variáveis de entrada para a determinação dos custos operacionais de cada máquina foram o valor de aquisição e de revenda, estimativa de horas anuais de uso, vida útil estimada, taxa de juros e seguros anuais, preço e consumo de diesel e óleos diversos (motor, hidráulico etc.), preço e vida útil de pneus e esteiras, salário do operador juntamente com despesas e encargos sociais, despesas com deslocamento de mão-de-obra operacional e maquinário entre as diversas áreas produtivas, e despesas com administração envolvendo trabalhos de planejamento em escritório e atividades de supervisão de operações em campo. O custo com combustível foi o elemento de maior contribuição.

Figura 20 - Custo operacional, em R\$ h⁻¹, das máquinas de colheita florestal: (a) Etapa de corte florestal; e (b) Etapa de extração florestal.



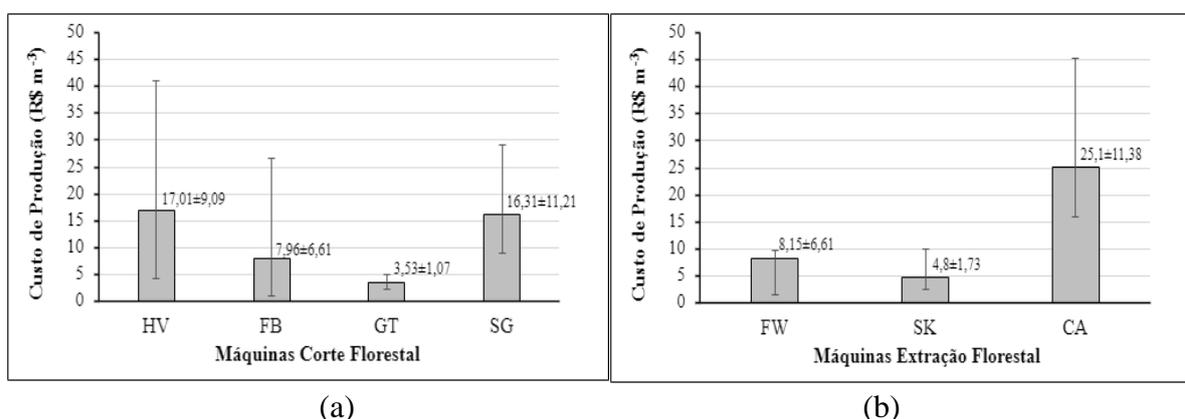
Legenda: (i) Barras verticais (média); (ii) barras de erros (valores mínimo e máximo); (iii) rótulo de dados (média e desvio); (iv) HV (harvester); (v) FB (feller buncher); (vi) GT (garra traçadora); (vii) SG (slingshot); (viii) FW (Forwarder); (ix) SK (Skidder); e (x) CA (Cabos Aéreos).

A máquina que obteve maior diferença no custo operacional foi o Harvester chegando a um valor máximo de R\$1.295,70 h⁻¹, com uma variação de 240% da média geral

encontrada. As variáveis que mais afetaram os custos operacionais das máquinas foram os custos de reparos e manutenção, depreciação e combustível.

Os custos de produção das máquinas, obtidos pela razão custo operacional ($\text{R\$ h}^{-1}$) e a produtividade ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$), encontram-se na Figura 21. Analisando os valores obtidos são visíveis a diferença de custo entre os cabos aéreos e as demais máquinas de extração, onde o custo médio é cerca de 307% maior que a média do Forwarder e mais de 520% maior que o do Skidder, o que reforça o seu uso apenas em situações de alta declividade e grande volume de material lenhoso a ser retirado.

Figura 21 - Custo de produção, em $\text{R\$ m}^{-3}$, das máquinas de colheita florestal: (a) Etapa de corte florestal; e (b) Etapa de extração florestal.



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).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta revisão sistemática declarada no início dos trabalhos de se levantar as produtividades e os custos envolvidos na colheita de madeira no Brasil nos últimos 20 anos foi atingido. Entretanto, não foi possível realizar comparativos de evolução dessas mesmas variáveis no período analisado.

Para que se realize comparativos de forma fidedigna a realidade é necessária que as condições experimentais sejam semelhantes entre os diversos experimentos. Contudo, variáveis

como clima, tipo de solo, relevo, tipo de floresta, experiência do operador, maquinário, sistema de colheita, entre outros, são fatores que impactam sobremaneira qualquer análise e, portanto, podem comprometer os resultados.

Os dados arrolados nos trabalhos objeto desta revisão não permitiram o estabelecimento de comparações que assegurasse que as mesmas condições experimentais estivessem satisfeitas ao longo dos anos analisados.

Entretanto, foi possível observar a quantidade de variáveis que impactam a produtividade e custos operacionais e de produção das máquinas utilizadas na colheita florestal. Muitos dos produtos utilizados nos equipamentos são commodities e, aliados a aspectos econômicos do país, prejudicam a análise comparativa.

Se por um lado a análise comparativa ficou prejudicada, por outro foi possível demonstrar os equipamentos de maior e de menor produtividade, mas sem esquecer de se considerar as diversas variáveis que impactam essas produtividades.

As variáveis encontradas que mais afetam o custo operacional foram o combustível, os reparos e as manutenções necessários para o funcionamento das máquinas, mas não são as únicas.

Como sugestão de trabalho futuro, fica a realização de uma análise da evolução da produtividade e redução dos custos operacionais no mesmo período pesquisado, mas com o cuidado de se identificar as mesmas condições experimentais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Luiz Carlos. **Influência de corredores ecológicos na produtividade de máquinas de colheita florestal**. 2014. Dissertação de mestrado (Mestrado) – Faculdade de Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina – MG. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br:8080/jspui/handle/1/673>. Acesso em: 04-09-2021.

ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 - Ano base 2012.**, 2013. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910>. Acesso em: 25-10-2021.

BANTEL, C. A. **Análise de extração de madeira de eucalipto com Forwarder em floresta de primeira e segunda rotação**. 2006. Dissertação de mestrado (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Botucatu - SP. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90570>.

BRASIL. **Diretrizes metodológicas: elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados**. In: Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência TeIEDdCe, Tecnologia., editors. Brasília, DF.2012.

BRITES, A. D.; MORSELLO, C. **Efeitos ecológicos da exploração de produtos florestais não madeireiros: uma revisão sistemática**. DeMA - Desenvolvimento e Meio Ambiente. UFPR. 36: 55-72 p. 2016.

BROWN, R. O.; DINIZ, C. C. C. **Colheita florestal e manutenção de equipamentos móveis.: SEAFLORE - Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal - UFPR: p. 01-41 p. 2017.**

BURLA, E. R.; FERNANDES, H. C.; MACHADO, C. C.; LEITE, D. M. et al. Avaliação técnica e econômica do Harvester em diferentes condições operacionais. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**. Viçosa - MG. 20: 412-422 p. 2012.

CARMO, F. C. D. A. D.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. D. Otimização do uso do trator florestal Forwarder em função da produtividade, custos e capacidade de carga. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 39: 561-566 p. 2015.

CONEGLIAN, A.; BATISTA, W. R. U.; HOKAMA, L. F. U.; SANTIAGO, F. L. S. U. et al. Avaliação do rendimento e custo operacional do Forwarder na colheita de eucalipto em primeiro e segundo corte. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Garça - SP. 15 2010.

COSTA, E. M.; MARZANO, F. L. D. C.; MACHADO, C. C.; LEITE, E. D. S. Desempenho e custos operacionais de um Harvester em floresta de baixa produtividade. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**. Viçosa - MG: DEA/UFV. 25: 124-131 p. 2017.

DINIZ, C. C. C.; CERQUEIRA, C. L.; OLIVEIRA, F. M. D. Influência do sortimento de toras na produtividade de um carregador florestal. **Agropecuária Científica no Semiárido**. Patos - PB. 14: 247-253 p. 2018.

SANTOS, D. W. F. N.; FERNANDES, H. C.; VALENTE, D. S. M.; LEITE, E. D. S. Análise técnica e econômica de dois subsistemas de colheita de madeira de toras curtas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, PE: UFRPE. 13 2018.

FERNANDES, H. C.; BURLA, E. R.; LEITE, E. D. S.; MINETTE, L. J. Avaliação técnica e econômica de um “Harvester” em diferentes condições de terreno e produtividade da Floresta. **Scientia Forestalis**. Piracicaba - SP. 41: 141-151 p. 2013.

FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M.; MINETTE, L. J. et al. Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. **Scientia Forestalis**. Piracicaba - SP. 37: 225-232 p. 2009.

FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M.; MINETTE, L. J. et al. Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. **Scientia Forestalis**. Piracicaba - SP. 37: 225-232 p. set. 2009.

FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M.; RINALDI, P. C. N. et al. Avaliação técnica e econômica de um “Feller-Buncher” operando em diferentes produtividades. **REVENG**. Viçosa - MG. 19: 210-218 p. 2011.

FIEDLER, N. C.; CARMO, F. C. D. A. D.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. D. Operational analysis of mechanical cut-to-length forest harvesting system. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 41 2017.

FIEDLER, N. J.; ROCHA, E. B. D.; LOPES, E. D. S. Análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do estado de Goiás. **Floresta**. Curitiba, PR. 38: 577 - 586 p. 2008.

GUEDES, I. L.; AMARAL, E. J. D.; LEITE, E. D. S.; FERNANDES, H. C. et al. Avaliação do desempenho e custos de dois sistemas de cabos aéreos na extração de madeira de eucalipto. **Ciência Florestal**. Santa Maria - RS. 27: 571-580 p. 2017.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual com ano base 2019 - ibá**. 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 02-10-2021.

INKOTTE, J.; MARTINS, R. C. C.; SCARDUA, F. P.; PEREIRA, R. S. Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma Cerrado: uma revisão sistemática. **Ciência florestal**. Santa Maria - RS. 29 2019.

LACERDA, L. C.; FIEDLER, N. C.; CHICHORRO, J. F.; MINETTE, L. J. et al. Analysis of the production capacity from a Harvester in the forest in own and outsourced modules. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 41 2017.

LEITE, E. D. S.; FERNANDES, H. C.; GUEDES, I. L.; AMARAL, E. J. D. et al. Utilização de guindaste na extração de madeira em região montanhosa. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 36: 195-201 p. 2012.

LEITE, E. D. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; LEITE, H. G. et al. Modelagem técnica e de custos do Harvester no corte de madeira de eucalipto no sistema de toras curtas. **Scientia Forestalis**. Piracicaba - SP. 41: 205-215 p. 2013.

LEITE, E. D. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. D. et al. Modelagem do desempenho da extração de madeira pelo "Forwarder". **Revista Árvore**. Sociedade de Investigações Florestais. 38: 879-887 p. 2014.

LEITE, E. D. S.; MINETTE, L. J.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P. D. et al. Desempenho do Harvester na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 38 2014.

LEONELLO, E. C.; GONÇALVES, S. P.; FENNER, P. T. Efeito do tempo de experiência de operadores de Harvester no rendimento operacional. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 36: 1129-1134 p. 2012.

LIMA, K. S. F.; CASTRO, A. C. M.; BAPTISTA, J. S. Segurança ocupacional em sistemas de gestão da floresta nativa: revisão sistemática. **Ciência Florestal**. Universidade Federal de Santa Maria. 30: 602-612 p. 2020.

LINHARES, M.; SETTE JÚNIOR, C. R.; CAMPOS, F.; YAMAJI, F. M. Eficiência e desempenho operacional de máquinas Harvester e Forwarder na colheita florestal. **Pesq. Agropec. Trop**. Goiânia - GO. 42: 212-219 p. 2012.

LOPES, E. D. S.; MISSEL, J. W. P.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica do trator florestal arrastador "Skidder" com diferentes tipos de rodados na extração de madeira em povoamentos de pinus. **Revista Árvore**. Sociedade de Investigações Florestais. 31: 1053-1061 p. 2007.

LOPES, E. S.; DINIZ, C. C. Produtividade do trator florestal Chocker Skidder na extração de madeira em terrenos declivosos. **Revista Floresta**. Estação Experimental de Rio Negro/ PR - UFPR. 45 2015.

LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; SILVEIRA, J. C. M. D. et al. Avaliação técnica e econômica de um "skidder" operando em diferentes produtividades e distâncias de extração. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras - MG: Editora da UFLA. 33: 1621-1626 p. 2009.

MACHADO, C. C.; CASTRO, P. **Exploração Florestal. VI Parte**. Viçosa MG: Universidade Federal de Viçosa-Imprensa Universitária Viçosa: 34 p. 1989.

MALINOVSKI, J.R.; CAMARGO, C.M.S.; MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, R.A.; CASTRO, G.P. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita Florestal** 3 ed. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2014. p. 178-205.

MALINOVSKI, J. A. REMADE: **Revista da Madeira**. 2003. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=262&subject=Col. Acesso em: 20-10-2021.

MAPA, M. D. A. P. E. A. **Florestas do Brasil 2019 em resumo**. Brasília - DF, 2019. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4261-florestas-do-brasil-em-resumo-digital/file>. Acesso em: 02-10-2021.

MINETTE, L. J.; MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P. D.; MACHADO, C. C. et al. análise técnica e econômica do Forwarder em três subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 28: 91-97 p. 2004.

MIYAJIMA, R. H.; PASSOS, J. R. D. S.; FENNER, P. T.; SIMÕES, D. Extração de eucalipto com Grapple Skidder: abordagem de produtividade operacional e custos de produção. **Scientia Forestalis**. Piracicaba - SP. 48 2020.

MIYAJIMA, R. H.; TONIN, R. P.; FENNER, P. T.; SIMÕES, D. Análise quantitativa do risco técnico-econômico de um trator florestal Skidder. **Biofix**. Paraná: Universidade Federal do Paraná. 2 2017.

MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P. D.; MACHADO, C. C.; MINETTI, L. J. et al. Avaliação operacional e econômica do "Feller-Buncher" em dois subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 28: 199-205 p. 2004.

NASCIMENTO, A. C.; LEITE, Â. M. P.; SOARES, T. S.; DE FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com Feller-Buncher. **Cerne**. Lavras - MG. 17: 9 - 15 p. 2011.

OLIVEIRA, D. D.; LOPES, E. D. S.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do Forwarder na extração de toras de pinus. **Scientia Forestalis**. Piracicaba - SP. 84: 525-533 p. 2009.

OLIVEIRA, F. M. D.; PEREIRA, A. L. S. Comparação da produtividade entre equipamentos em dois sistemas de colheita de madeira de eucalipto. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal - Re.C.E.F.** Garça - SP: Sociedade Cultural e Educacional de Garça. 22 2013.

PEREIRA, A. L. N.; LOPES, E. D. S.; DIAS, A. N. análise técnica e de custo do Feller Buncher e Skidder na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Ciência Florestal**. Santa Maria - RS. 25: 981 - 989 p. 2015.

PEREIRA, G.; FENNER, P. T.; BATISTELA, G. C.; SIMÕES, D. Análise técnica-econômica da derrubada de Eucalyptus sp. com Feller-Buncher: uma abordagem estocástica. **Scientia Forestalis**. Piracicaba - SP. 48 2020.

ROCHA, E. B. D.; FIEDLER, N. C.; ALVES, R. T.; LOPES, E. D. S. et al. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**. Lavras, Brasil. 15: 372-381 p. 2009.

RODRIGUES, C. K. **Colheita e transporte florestal**. Curitiba: 68 p. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327751163_COLHEITA_E_TRANSPORTE_FLORESTAL. Acesso 05-10-2021.

SAMPAIO, R.; MANCINI, M. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Revista Brasileira de Fisioterapia, São Carlos. **Brazilian Journal of Physical Therapy**: Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Fisioterapia. 11: 83-89 p. 2007.

SANTOS, D. W. F. D. N.; LEITE, E. S.; SOUZA, D. R.; FERNANDES, H. C. **Análise técnica-econômica de sistemas de colheita: toras curtas e toras longas sob métodos mecanizado e semimecanizado**. Magistra. Cruz das Almas - BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. 27: 412-423 p. 2015.

SANTOS, D. W. F. D. N.; VALENTE, D. S. M.; FERNANDES, H. C.; FORASTIERE, P. R. et al. análise técnica e econômica do harvester operando em dois subsistemas de colheita de madeira. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**. Viçosa - MG. 24: 484 - 490 p. 2016.

SANTOS, L. N. D.; FERNANDES, H. C.; SILVA, R. M. F.; SILVA, M. L. D. et al. Evaluation of costs of harvester in cut and processing of eucalyptus wood. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 41 2017.

SANTOS, L. N. D.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; SILVA, M. L. D. et al. Economic evaluation of forest harvesting with harvester and forwarder. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 40: 1067-1072 p. 2016.

SANTOS, P. H. A. D.; SOUZA, A. P. D.; MARZANO, F. L. D. C.; MINETTE, L. J. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com Clambunk Skidder. **Revista Árvore**. Sociedade de Investigações Florestais. 37: 511-518 p. 2013.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Correlação entre volumetria de florestas de eucalipto e produtividade e custos de máquinas de colheita de madeira. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 39: 935-942 p. 2015.

SILVA, E. N. D.; MACHADO, C. C.; FIEDLER, N. C.; FERNANDES, H. C. et al. Avaliação de custos de dois modelos de Harvester no corte de eucalipto. **Ciência Florestal**. Santa Maria - RS: Universidade Federal de Santa Maria. 24: 741-748 p. 2014.

SILVA, E. N. D.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. D. et al. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de Pinus sp. com Harvester. **Revista Árvore**. Viçosa - MG: Sociedade de Investigações Florestais. 34: 745-753 p. 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Influência do relevo na produtividade e custos do Harvester. **Scientia Forestalis**. Piracicaba - SP: Ipef-inst Pesquisas Estudos Florestais. 38: 107-114 p. 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do Forwarder na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Floresta**. Curitiba, PR. 40: 711-720 p. 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; BANTEL, C. A. Custos e rendimentos operacionais da extração de madeira de eucalipto com cabo aéreo. **Cerne**. Lavras - MG: UFLA - Universidade Federal de Lavras. 16: 185-192 p. 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com Harvester. **Scientia Forestalis**. 38: 611-618 p. 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Produtividade e custos do Feller-buncher e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**. Santa Maria - RS: Universidade Federal de Santa Maria. 24: 621-630 p. 2014.

SIMÕES, D.; IAMONTI, I. C.; FENNER, P. T. avaliação técnica e econômica do corte de eucalipto com Feller Buncher em diferentes condições operacionais. **Ciência Florestal**. Santa Maria - RS. 20: 649-656 p. 2010.

SNIF. **Boletim SNIF 2019**. Serviço Florestal Brasileiro 2019. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br/ultimas-noticias/1839-sfb-lanca-o-boletim-snif-2019>. Acesso em: 05-10-2021.

SOUZA, A. P. D.; MINETTE, L. J.; MOREIRA, F. M. T.; MACHADO, C. C. et al. Análise do desempenho da máquina 'slingshot' em subsistemas de colheita em florestas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB: Departamento de Engenharia Agrícola - UFCG. 8: 316-320 p. 2004.

TONELLO, K. C.; ROSA, A. G.; SALIM, J. A.; CORREA, C. J. P. et al. A dinâmica do conhecimento sobre o escoamento pelo tronco: uma revisão sistemática. **RBCIAMB - Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. ABES. 56: 16-27 p. 2021.

TONIN, R. P.; MIYAJIMA, R. H.; PASSOS, J. R. D. S.; FENNER, P. T. Avaliação do desganhador florestal de discos em função do tempo de estocagem da madeira em campo. **Ciência Florestal**. Santa Maria - RS. 28: 1142-1150 p. 2018.

VIEIRA, G. C.; FREITAS, L. C.; CERQUEIRA, P. H. A.; SILVA, E. F. et al. Custos operacionais e de produção na atividade mecanizada de corte florestal. **Revista Nativa**. Sinop - MT: Pesquisas Agrárias e Ambientais. 4: 342-346 p. 2016.