

CAMILA PORFIRIO ALBUQUERQUE FERRAZ

**ANÁLISE DE IMPACTOS E DANOS AMBIENTAIS PARA COLHEITA
FLORESTAL MECANIZADA EM SISTEMA DE TORAS CURTAS**

Sorocaba

2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*



unesp
Sorocaba

CAMILA PORFIRIO ALBUQUERQUE FERRAZ

**ANÁLISE DE IMPACTOS E DANOS AMBIENTAIS PARA COLHEITA
FLORESTAL MECANIZADA EM SISTEMA DE TORAS CURTAS**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Admilson Írio Ribeiro

Sorocaba

2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



unesp
Sorocaba

F381a Ferraz, Camila Porfirio Albuquerque
Análise de impactos e danos ambientais para colheita florestal mecanizada em sistema de toras curtas / Camila Porfirio Albuquerque Ferraz. -- Sorocaba, 2020
76 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Admilson Írio Ribeiro

1. Avaliação de impacto ambiental. 2. Colheita florestal. 3. Silvicultura. 4. Impactos ambientais da colheita florestal. 5. Redes de interação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

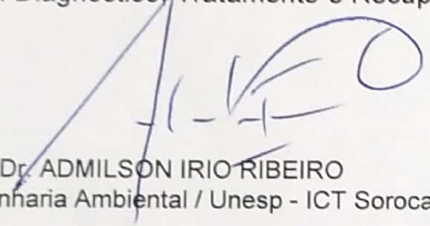
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

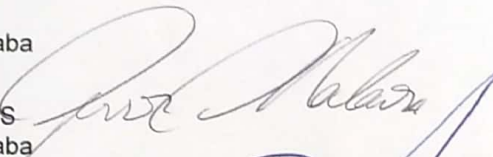
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Análise de impactos e danos ambientais para colheita florestal mecanizada em sistema de toras curtas

AUTORA: CAMILA PORFIRIO ALBUQUERQUE FERRAZ

ORIENTADOR: ADMILSON IRIO RIBEIRO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ADMILSON IRIO RIBEIRO
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba


Prof. Dr. GERSON ARAÚJO DE MEDEIROS
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba


Prof. Dr. LUIZ CARLOS DE FARIA
Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos

Sorocaba, 05 de fevereiro de 2020

Dedico esse trabalho ao homem que pisou firme para que eu seguisse seus passos:
José Virginio de Albuquerque Filho (*in memoriam*).

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva da vida e saúde para ir em busca de meus sonhos, objetivos, e enfrentar as adversidades com fé e determinação.

Desde o início na jornada acadêmica fui recebida de braços abertos pelo Instituto de Ciência e Tecnologia – Unesp Sorocaba, sempre bem atendida por todos colaboradores em todos os níveis profissionais, sou grata a toda receptividade e apoio prestados. Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela oportunidade em desenvolver minhas ideias e trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Admilson Írio Ribeiro por todos ensinamentos e orientações para que o resultado de dois anos de trabalho fosse satisfatório e pela amizade construída nesse tempo. E agradeço também ao seu colega, Prof. Dr. Gerson Araújo de Medeiros pela oportunidade em estagiar como docente na disciplina de Gestão Ambiental.

Deixo minha imensa gratidão a todos amigos que de alguma forma e em todos os momentos, bons e ruins, me ajudaram de alguma maneira seja com ações ou palavras, em especial as colegas que tive o prazer de criar laços de amizade: Márcia e Karen.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pesquisa, a qual foi fundamental para a evolução do meu trabalho.

Por fim, e não menos importante, agradeço aos principais pilares que me apoiaram em todas as fases de concretização desse sonho e que vibram em todas minhas conquistas: Maria das Neves e Gustavo.

A todos não citados nessas linhas, mas presentes em meu coração: GRATIDÃO.

“Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo.”

Paulo Freire

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



unesp
Sorocaba

RESUMO

O aumento na produtividade do setor florestal, bem como maior demanda de mão de obra, contribuiu de maneira significativa para o desenvolvimento e a necessidade da mecanização na silvicultura. Nesse processo, devido a inserção de máquinas florestais como tratores para corte e extração de madeira a colheita foi a atividade que mais sofreu modificações. A escolha do sistema mecanizado de colheita deve levar em consideração diferentes fatores para sucesso e equilíbrio na produtividade. A falta de consideração de alguma das variáveis resultará em problemas operacionais e ineficiência do processo, como a fragilização de ecossistemas bem como impactos ambientais adversos (bióticos e abióticos). Nesse escopo, o presente estudo teve como objetivo, por meio da conjugação de metodologias de avaliação de impactos e danos ambientais, desenvolver um instrumento de planejamento integrado para a gestão ambiental da colheita florestal em região de bioma considerado vulnerável (Mata Atlântica). Para tanto, foram aplicadas redes de interações e matrizes de avaliação de impactos ambientais de acordo com aspectos e impactos identificados em período de colheita florestal. Os resultados demonstram que a integração das metodologias possui potencial como instrumento no planejamento de operações florestais. As atividades de maior significância quanto a consequência de impactos positivos e negativos foram abertura e manutenção de estradas rurais e o transporte florestal.

Palavras – chave: Avaliação de impacto ambiental. Colheita florestal. Silvicultura. Impactos ambientais da colheita florestal. Redes de interação.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



unesp
Sorocaba

ABSTRACT

Increased productivity in the forest sector, as well as increased labor demand, have significantly contributed to the development and need for mechanization in forestry. In this process, due to the insertion of forest machines as tractors for logging and harvesting, harvesting was the activity that suffered the most modifications. The choice of harvesting system must take into account different factors for success and balance in productivity. Failure to consider any of the variables will result in operational problems and process inefficiencies such as weakening ecosystems as well as adverse environmental impacts (biotic and abiotic). In this scope, the present study aimed, through the combination of methodologies for assessing impacts and environmental damage, to develop an integrated planning instrument for the environmental management of forest harvesting in a region of vulnerable biome (Atlantic Forest). To this end, interaction networks and environmental impact assessment matrices were applied according to aspects and impacts identified during the forest harvest period. The results show that the integration of methodologies is a potential instrument for planning forest operations, with the activities of greater significance regarding positive and negative impacts being the opening and maintenance of rural roads and forest transportation.

Key – words: Environmental Impact Assessment. Forest harvest. Forestry. Environmental impacts of forest harvesting. Interaction networks.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



unesp
Sorocaba

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de combinação de máquinas para colheita no sistema de toras curtas	20
Figura 2: Exemplo de combinação de máquinas para colheita no sistema de toras longas.....	21
Figura 3: Fluxograma das atividades desenvolvidas na metodologia	28
Figura 4: Fluxograma do processo de colheita florestal	29
Figura 5: Área de Reserva Legal em estágio de regeneração natural	34
Figura 6: Perturbação em áreas de conservação.....	34
Figura 7: Processo de assoreamento em beira de estrada.....	35
Figura 8: Erosão laminar em estrada interna	35
Figura 9: Área de Reserva Legal em estágio de regeneração natural	35
Figura 10: Área de extração de solo para construção/manutenção de estrada rural	36
Figura 11: Resíduos encontrados próximo de área de vivência.....	36
Figura 12: Pilhas de madeira em borda de área de conservação	36
Figura 13: Rede de interação de impactos e danos ambientais para abertura e manutenção de estradas florestais.....	37
Figura 14: Rede de interação de impactos e danos ambientais para corte e extração da madeira	38
Figura 15: Rede de interação de impactos e danos ambientais para estocagem e secagem da madeira.....	39
Figura 16: Rede de interação de impactos e danos ambientais para carregamento de madeira	40
Figura 17: Rede de interação de impactos e danos ambientais para transporte de madeira	41
Figura 18: Classificação de impactos para redes de interações para atividades de abertura e manutenção de estradas e corte e extração de madeira	43

Figura 19: Classificação de impactos para redes de interações para atividades de estoque e secagem de madeira e carregamento de madeira	44
Figura 20: Classificação de impactos para rede de interação para atividades de transporte de madeira	44
Figura 21: Gráficos de classificação de impactos para abertura e manutenção de estradas e corte/extração	61
Figura 22: Gráficos de classificação de impactos para estoque/secagem de madeira e carregamento florestal.....	61
Figura 23: Gráfico de classificação de impactos para transporte florestal	62
Figura 24: ES para matriz de avaliação de abertura e manutenção de estradas	64
Figura 25: ES para matriz de avaliação de corte e extração de madeira	66
Figura 26: ES para matriz de avaliação de estoque e secagem da madeira	67
Figura 27: ES para matriz de avaliação de carregamento de madeira.....	68
Figura 28: ES para matriz de avaliação de transporte de madeira.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala de valores numéricos e alfanuméricos – avaliação de impactos ...	30
Tabela 2: Atribuição de valores para os critérios de avaliação dos impactos por Pastakia	46
Tabela 3: Matriz RIAM para atividade de abertura e manutenção de estradas.....	49
Tabela 4: Matriz RIAM para atividade de corte e extração de madeira.....	52
Tabela 5: Matriz RIAM para atividade de estocagem e secagem da madeira	54
Tabela 6: Matriz RIAM para atividade de carregamento de madeira	56
Tabela 7: Matriz RIAM para atividade de transporte de estradas.....	58
Tabela 8: Tabela de comparação entre as classificações dos impactos ambientais.	60

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	11
HISTÓRICO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	15
METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL	17
METODOLOGIAS ESPONTÂNEAS (<i>Ad Hoc</i>)	17
METODOLOGIA DE LISTAGEM (<i>CHECKLIST</i>)	18
MATRIZES DE INTERAÇÕES.....	18
REDES DE INTERAÇÕES (<i>NETWORK</i>)	18
MAPAS DE SUPERPOSIÇÃO (<i>OVERLAY MAPPING</i>)	19
MODELOS DE SIMULAÇÃO	19
A COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA	20
COLHEITA FLORESTAL E A AVALIAÇÃO DE DANOS E IMPACTOS AMBIENTAIS	22
OBJETIVO	25
OBJETIVO ESPECÍFICO	25
MATERIAL E MÉTODOS:	25
DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDOS	25
ANÁLISE DE DADOS.....	27
<i>Definição dos aspectos ambientais (ou atividades) relacionados a colheita florestal:</i>	29
<i>Adaptação da matriz de avaliação de impacto ambiental</i>	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
<i>Redes de interação</i>	33
<i>Resultados da Matriz de Avaliação Rápida de Impactos adaptada</i>	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O conceito de sustentabilidade está sendo cada vez mais aplicado no desenvolvimento de políticas para oferecer apoio à tomada de decisões e à melhoria ambiental, desempenho social e econômico de processos, produtos ou serviços. O conceito de sustentabilidade na silvicultura apresenta como pilares a utilização de “florestas e terras florestais de uma maneira consciente, a uma taxa que mantenha sua biodiversidade, produtividade, capacidade de regeneração, vitalidade e seu potencial de cumprir, agora e no futuro, aspectos ecológicos, econômicos e sociais relevantes” (SCHWEIER et al., 2019).

Navarro de Andrade foi o precursor da silvicultura no Brasil, o qual trouxe mudas de Eucalipto (*Eucalyptus spp.*), em meados de 1903, época em que se instalavam plantios comerciais a fim de produzir madeira para dormentes das estradas de ferro. O Pinus (*Pinus spp.*), por sua vez, chegou em terras brasileiras por volta de 1947, tal espécie apresentou boa adaptação em regiões onde foram introduzidas, como por exemplo o Pinus no sul do Brasil e o Eucalipto nos cerrados paulistas. Conforme surgiam avanços substanciais na silvicultura, proporcionalmente cresce a necessidade quanto ao aperfeiçoamento do manejo das florestas, bem como a preocupação em fazê-lo de maneira “ecologicamente adequada, economicamente sustentável e socialmente justa”, tal objetivo tem sido de interesse de inúmeras organizações e incitado pessoas com o objetivo de colocar em prática esse modelo.

As florestas plantadas constituem-se em uma forma apropriada do uso do solo, são menos impactantes do que quaisquer outras culturas intensivas, recomendadas para áreas com baixa capacidade de uso da terra, entretanto, é de extrema importância a busca pelo equilíbrio quanto as prioridades ecológicas e sociais da região. Tais áreas, de acordo com suas propriedades ecológicas, são compostas pela vegetação em áreas de sucessão secundária, sob administração de um silvicultor e mantida sempre na fase juvenil de alta produtividade (POGGIANI, 1996).

De acordo com Silva (1994), as fases do ciclo florestal geram inúmeros impactos positivos e negativos, como por exemplo em etapas de implantação de plantio, manutenção e colheita. A fase final do processo produtivo de madeira,

caracterizada pelas atividades de colheita, apresenta algumas perspectivas positivas, bem como exerce sua importância no que tange ao cenário socioeconômico do país, além de diminuir a pressão relacionada a exploração sobre florestas nativas (FREITAS, 2014).

A atividade de colheita florestal e suas etapas apresenta potencial de alteração do meio ambiente, principalmente no meio biofísico (ANDRADE, 1998), tal etapa ocasiona impactos adversos, onde se pode relatar: no meio biótico, os prejuízos às cepas (SOUZA e MACHADO, 1985), no meio antrópico, o aspecto estético e da paisagem (MACHADO e LOPES, 2002) e no meio físico, o encadeamento da compactação do solo (FENNER, 2002).

Pinto *et al.* (2002) realizou um estudo sobre colheita de madeira em floresta natural na Amazônia com planejamento adequado (colheita manual) analisando os impactos a vegetação que não foi colhida, concluindo que uma colheita florestal planejada e executada com rigorosos critérios técnicos não só causa baixo impacto ambiental nos meios físico, biótico e antrópico, como também proporciona significativa redução nos custos totais da colheita de madeira.

Segundo a Resolução nº 01/86 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – considera-se impacto ambiental:

[...] “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou de energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança, o bem-estar da população; as atividades socioeconômicas; a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (RESOLUÇÃO, 2003).”

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas, no entanto, impacto ambiental pode ser definido como: “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização” (apud ABNT, 1996)

Muitas vezes a ausência de cuidados necessários para diminuir os impactos derivados das atividades antrópicas resultam em ecossistemas fragilizados, por exemplo como o efeito de borda, devido ao uso da terra e a fragmentação dos

remanescentes florestais, isto é, mudanças de escala pontual nas áreas que possuem interface com sistema produtivos e o remanescente florestal (ETTO *et al.*, 2013).

Um Planejamento Ambiental eficaz e eficiente necessita de estudos como relativos à vulnerabilidade dos ambientes, tendo como principal preocupação o desenvolvimento sustentável, onde a conservação e a recuperação ambiental se desenvolvem paralelamente em âmbito tecnológico, econômico e social (SPÖRL, 2001).

Recentemente, ocorreram significativas mudanças tecnológicas, socioambientais e socioeconômicas, principalmente no que tange a forma como o ser humano administra os recursos naturais disponíveis. O estado e equilíbrio dinâmico da natureza pode ser afetado devido a qualquer interferência no ambiente, seja ela no relevo, clima, solo, vegetação ou recursos hídricos. As características dos ecossistemas versus as interações humanas, podem definir um grau de fragilidade potencial. A análise desses componentes de forma integrada possibilita um cenário de diversas categorias e classificações da fragilidade ambiental (SPÖRL e ROSS, 2004).

Surge então a necessidade de monitorar tais impactos ambientais e desenvolver sistemas de tomada de decisão e gestão no que diz respeito as atividades mais impactantes, a fim de subsidiar e embasar planos de ação e mitigação para eventuais danos e potencialização para impactos positivos.

A utilização da avaliação de impacto ambiental vem sendo discutida desde a sua origem. Sánchez (2013), faz a comparação da evolução da metodologia em suas aplicações, desde a época em que a aplicabilidade destinava-se apenas a projetos de engenharia, posteriormente a partir do ano de 1980 quando a AIA passa a ser aplicada a planos, programas e políticas; em meados de 1990 sua aplicação evolui para os impactos na produção de bens e serviços e chega ao século XXI com a contribuição líquida a projetos, planos ou políticas para a sustentabilidade.

A avaliação de impactos ambientais é um instrumento de política ambiental formado por um conjunto de procedimentos capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas, e que os

resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por eles devidamente considerados (apud MOREIRA, 1985).

Atualmente, existe uma série de metodologias de AIA disponíveis em trabalhos relacionados ao tema e inseridos em várias linhas de pesquisa, como por exemplo: sistema ad hoc; listas de verificação (*check list*), sobreposição de mapas; redes de interação e modelos de simulação (ROSA *et al.*, 2012). A escolha do método AIA, adaptação e desenvolvimento depende dos objetivos da avaliação, posto que, cada ferramenta apresenta pontos positivos e negativos, e analisa especificadamente os problemas e objetivos definidos (CANTER, 1977).

A Avaliação de Impacto Ambiental tem como objetivo detectar os impactos ambientais decorrentes do empreendimento sobre o meio biótico, físico, social e econômico, além de permitir tomadas de decisão estratégicas a curto e longo prazo (STAMM, 2003). A metodologia AIA, além de ser encarada como uma ferramenta para prevenir efeitos adversos, também para auxiliar e orientar as tomadas de decisões para que ao planejar a instalação de novos empreendimentos seja possível explorar as possibilidades de intervenção ambiental de forma sustentável (MOREIRA, 2012).

Dado o atual panorama de evolução e tecnologia da silvicultura no Brasil, em que a colheita florestal em grandes empresas de papel e celulose, painéis de madeira e demais derivados é usualmente mecanizada (*harvester, skidder, feller buncher*, tratores, etc.), cresce a necessidade de ferramentas para monitoramento dos impactos positivos e negativos da atividade não somente no que tange ao rendimento da colheita nas áreas produtivas, mas também sua interface com as áreas de preservação e a região onde está inserida a unidade produtiva.

Espera-se que, por meio do estudo proposto, a análise quali-quantitativa da fragilização pela colheita florestal em região de bioma considerado vulnerável (Mata Atlântica e Cerrado) possa auxiliar na gestão de impactos ambientais decorrentes do ciclo florestal produtivo, como a colheita florestal (tanto para plantios comerciais homogêneos como plantios de espécies nativas), a associação da metodologia de ponderação proposta por Pataskia (1998) com as redes de interações, possa nortear

a percepção de significância dos aspectos e impactos, bem como se tornar uma ferramenta aliada na elaboração de procedimentos preventivos e mitigadores.

Histórico da avaliação de impacto ambiental

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) teve seus primeiros estudos desenvolvidos nos Estados Unidos da América, posteriormente, surgiram pesquisas na Europa em decorrência do desenvolvimento econômico. Uma das primeiras publicações sobre o assunto se refere ao *National Environmental Policy Act* – NEPA (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente) (MILARÉ, 2011).

Essa ferramenta, além de fazer parte da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), é hoje um dos instrumentos mais difundidos no mundo, principalmente no tocante ao potencial de criação de soluções e estratégias que permeiam o conceito de desenvolvimento sustentável, logo, passou a integrar os mecanismos de proteção ambiental em empreendimentos de impacto (SANTOS, 2013).

No ano de 1972, durante Conferências das Nações Unidas sobre Meio Ambiente na Suécia, houve a votação de um plano relativo a avaliação do meio ambiente mundial, chamado de “Plano Vigia”; a partir dessa ocasião, a AIA que já existia no âmbito interno de alguns países passou a ser institucionalizada em nível mundial (SOARES, 2003).

Após a realização da ECO/92 ou Rio/92 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento - RJ - 1992), a AIA integrou tratados internacionais como parte de princípios obrigatórios. (Princípio 17 da Declaração do Rio/92), definindo que tal instrumento nacional possui a finalidade de avaliar atividades de cunho social, ambiental e econômico que possam apresentar qualquer impacto adverso ao meio ambiente inserido (ONU, 2019).

Após a elaboração desse tratado internacional a AIA passa a ser definida como: “[...] instrumento nacional, que deve ser empreendida para as atividades planejadas que possam vir a ter impacto negativo considerável sobre o meio ambiente, e que dependam de uma decisão de autoridade nacional competente” (ONU, 2019). Posteriormente a elaboração do Decreto 99.274 de 1990, a avaliação de impacto ambiental passa a ter relação com o licenciamento ambiental, se tornando um dos critérios para a concessão de licença para determinados empreendimentos, atividades ou obras.

Mesmo que a legislação nacional se apresente estruturada e com bases científicas no que tange a preservação ambiental e interface socioeconômica, na prática ainda há inúmeros casos em que o poder público, por meio de interesses políticos, estratégicos e econômicos; pode colocar os interesses ambientais em segundo plano (SANTOS, 2013).

Nas últimas décadas o Brasil tem vivenciado o desenvolvimento econômico em larga escala e velocidade. Por outro lado, observa-se a crescente preocupação e consciência ambiental, por conseguinte, há a necessidade de discussões a respeito das medidas de proteção ao meio ambiente, e como integrá-las ao desenvolvimento socioeconômico e políticas governamentais, meio acadêmico e também no ambiente popular (desde empreendimentos de escala local como para escala global).

Estudos recentes como em Fonseca *et al.* (2016), analisam e revisam as reformas propostas nos últimos anos para o atual sistema de Estudo de Impacto Ambiental, onde atualmente se inserem as avaliações de impactos ambientais em sua maior parte praticadas. Segundo o autor, havia três recentes propostas documentadas de mudança no sistema de AIA no Brasil., mas estudos sobre a eficiência e eficácia da AIA ainda são incipientes e geralmente retrospectivos, no sentido de que tendem a avaliar mudanças que já foram implementadas, além de que a baixa capacidade institucional das agências governamentais é uma das principais barreiras.

Duarte *et al.* (2017) analisou 131 produções científicas que tratam do assunto do licenciamento ambiental brasileiro baseados em AIA (entre os anos de 1985 e 2015), resultando no agrupamento de resultados por assuntos como: estudo do sistema AIA, avaliação da qualidade desses estudos e discussões a respeito das metodologias aplicadas. De acordo com a pesquisas em cada um desses assuntos pode-se observar que na maioria dos trabalhos, são examinados casos de alta complexidade, com foco em hidrelétricas; já os estudos sobre os métodos aplicados são a minoria, os quais abordam as deficiências nas diversas etapas da AIA e as análises quanto a consistência dos estudos de impacto ambiental (EIA) demonstram deficiências recorrentes.

O Brasil é um dos países que vem abrigoando inúmeros investimentos tanto de âmbito nacional como internacional, por meio da implantação de grandes

empreendimentos industriais como por exemplo a mineração, indústrias de produtos de base florestal (como papel e celulose), álcool, petróleo, dentre outro, os quais demandam mão-de-obra e movimentam economicamente o país.

Perante a preocupação com os efeitos dos impactos ambientais negativos, bem como a necessidade de mitigar a poluição, cresce o emprego de ferramentas para proteção ao meio ambiente, dentre elas a Avaliação de Impacto Ambiental (SANTOS, 2013).

Essa medida, que integra a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), se tornou uma das ferramentas preventivas mais disseminadas, inclusive porque pode gerar soluções e auxiliar na elaboração de estratégias em casos de degradação ambiental mais avançados, tanto para mitigação quanto para prevenção, motivo pelo qual exerce notável importância no que tange a proteção ambiental.

Perante o contexto das últimas pesquisas realizadas acerca da aplicação da AIA no Brasil, pode-se observar o enfoque atrelado a processos de licenciamento ambiental e EIA, ou seja, a AIA como um mecanismo de análise de impactos prévios. Surge atualmente uma fase inicial de desenvolvimento de trabalhos sob o olhar da avaliação de impactos como além do licenciamento, como por exemplo instrumento de gestão para o monitoramento ambiental em diversos aspectos.

Metodologias de avaliação de impacto ambiental

Boa parte das ferramentas de AIA, mesmo que com o desenvolvimento ao longo do tempo, ainda apresentam deficiências quanto a subjetividade na abordagem dos parâmetros analisados. Como um método apenas não é aplicável a todos tipos de análises, os critérios de análise devem ser bem definidos. Atualmente, existe uma infinidade de métodos e maneira para integrá-los, segue abaixo uma breve descrição dos principais:

Metodologias Espontâneas (*Ad Hoc*)

Durante a implantação de projetos há a necessidade de tomadas de decisões, o que direciona os empreendimentos a consultar a opinião de especialistas de acordo com o tipo de impacto, questões econômicas e técnicas. O corpo de profissionais multidisciplinares apresenta qualificações em diferentes áreas de atuação, cada “consultor” emitirá seu parecer com base em sua experiência e a

junção das opiniões da equipe irá compor um relatório no qual se relaciona o projeto e seus possíveis impactos levantados (STAMM, 2003).

A ferramenta apresenta ganhos no que tange a estimativa dos impactos ambientais, e a apresentação dos resultados de forma organizada e facilmente interpretada, mesmo com a possível escassez dos dados. O método apresenta uma possível subjetividade no que concerne aos resultados, sendo essa uma desvantagem; bem como a ausência de identificação dos impactos com maior detalhamento (MEDEIROS, 2010).

Metodologia de Listagem (*Checklist*)

Tal método possui os mesmos princípios da metodologia *Ad Hoc*, em complemento aos apontamentos da equipe de especialistas multidisciplinares resulta uma listagem de impactos identificados em campos e passíveis de ocorrer em decorrência da implantação do projeto analisado.

Como vantagens, há uma compreensão simplificada das informações, bem como a utilização dessas informações na avaliação qualitativa dos impactos mais relevantes e elenca os mais prováveis impactos associados a determinado empreendimento. A ausência de representação da relação entre meio ambiente e os efeitos do empreendimento pode ser considerada uma desvantagem do método, o que dificulta a percepção quantitativa e a análise pode se tornar abstrata (MORAES e D´AQUINO, 2016).

Matrizes de Interações

As matrizes de interações surgiram a partir das deficiências e lacunas observadas no método do *checklist*. A matriz de Leopold é a metodologia mais aplicada e disseminada, tal recurso foi elaborado no intuito de analisar os impactos correlacionados aos diferentes tipos de empreendimentos.

A partir da matriz é possível comparar diferentes alternativas de intercessão, é uma metodologia simples e engloba o universo ambiental, social e econômico. Em contrapartida, sua lacuna se encontra na imaterialidade quanto a percepção dos impactos (significância, por exemplo), a ausência de identificação dos impactos indiretos e das características temporais (SÁNCHEZ, 2013).

Redes de Interações (*Network*)

A ferramenta integra relações referentes a um impacto no que tangem a sua causa, condição e efeito, desse modo, resulta em uma análise concisa a fim de identificar os impactos e suas interrelações, bem como o nível de detalhamento dos impactos indiretos. Tais redes estabelecem as relações entre as atividades de um empreendimento e os impactos por ele causados, desde a primeira, segunda ou terceira ordem, o que varia de acordo com o nível de detalhamento definido. (CARVALHO e LIMA, 2010; FINUCCI, 2010).

Embora a metodologia mais conhecida seja de SORENSEN (1971), sua primeira elaboração se deu em 1969 ("*Travellers Research Corp*"), segundo Stamm (2003). Por meio dessa ferramenta é possível identificar impactos de diferentes ordens e grandezas, bem como aplicar parâmetros estatísticos, criando diferentes cenários para o projeto (OLIVEIRA e MOURA, 2009). No entanto, o alto nível de detalhamento requerido em determinadas análises pode dificultar a elaboração das redes em curto espaço de tempo e ocasionar a ausência de identificação de alguns impactos (STAMM, 2003).

Mapas de Superposição (*Overlay Mapping*)

A metodologia consiste na montagem de uma série de mapas temáticos, sendo que em cada mapa indica-se um parâmetro cultural, social e físico que possam refletir um impacto. Segundo Cremonez *et al.* (2014), esses mapas quando agregados geram um resumo do cenário correlacionado com a geografia local, os quais podem ser classificados de acordo com parâmetros como fragilidade ou vulnerabilidade ambiental bem como disponibilidade de recursos ambientais.

Segundo Carvalho e Lima (2010), a técnica apresenta desvantagens como imaterialidade dos resultados, a insuficiência quanto a dados de impactos quantitativos e a dificuldade em integrar os impactos socioeconômicos. Por outro lado, o mesmo autor aponta que a ferramenta amplia o detalhamento espacial e geográfico dos indicadores ambientais, bem como a escala dos impactos; além disso, com o desenvolvimento dos chamados sistemas de georreferenciamento, as metodologias tornam-se mais eficientes e eficazes.

Modelos de Simulação

O sistema consiste na criação e utilização de modelos, cujo objetivo é representar, de maneira mais fiel possível, o comportamento de indicadores

ambientais ou as relações entre determinados aspectos e seus decorrentes impactos (OLIVEIRA e MOURA, 2009). Tais modelos computadorizados podem ser matemáticos ou utilizando inteligência artificial, por exemplo.

Tais modelos possuem como vantagem a possibilidade de processamento de parâmetros qualitativos, além de integrar análises como magnitude, escala e significância de impactos ambientais (CREMONEZ *et al.*, 2014). No entanto, sua aplicação envolve altos custos, determinados recursos computacionais bem como profissionais que dominem recursos computacionais (MEDEIROS, 2010).

A Colheita Florestal Mecanizada

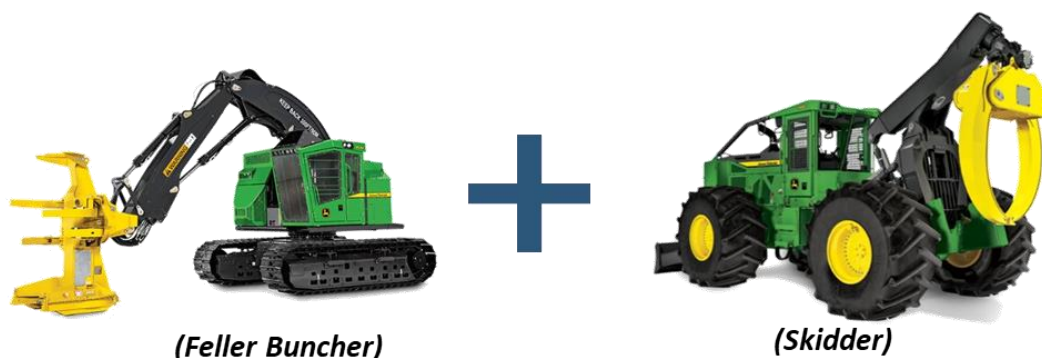
Segundo Fernandes (2014) o que diferencia os atuais sistemas de tora longa e tora curta é o modelo de processamento em campo, no sistema de toras curtas a madeira é extraída e processada em toras (de acordo com as dimensões requeridas) no local de corte; já no sistema de toras longas as árvores são cortadas e desgalhadas e posteriormente seguem para o local de transporte. De acordo com o mesmo autor, os módulos de colheita também diferem, como por exemplo, para toras curtas o mais comum é a combinação de *harvester* (corte e processamento) e *forwarder* (carregamento - Figura 1) e para toras longas comumente são empregados o *skidder* (baldeio) e *feller-buncher* (corte e desgalhamento), indicado na Figura 2. A colheita e o transporte florestal podem ser realizadas de forma manual, semi mecanizada e mecanizada.

Figura 1: Exemplo de combinação de máquinas para colheita no sistema de toras curtas



Fonte: John Deere (2019).

Figura 2: Exemplo de combinação de máquinas para colheita no sistema de toras longas



Fonte: John Deere (2019).

Machado (2008) relata que as máquinas para colheita florestal foram produzidas com foco nos sistemas de toras curtas e toras longas. À vista disso, segundo Machado (2008) e Malinovski e Malinovski (1998), os modelos mais utilizados mundialmente compreendem máquinas como os *Harvesters* (na opção com rodas, os *wheele harvesters* ou de esteiras, os *track harvesters*), *skidders*, garras traçadoras, *forwarders*, *feller bunchers* (composto por rodas, os *wheele feller bunchers* ou de esteiras, os *track feller bunchers*), dentre outros.

O *harvester* pode executar em sequência as operações de corte, derrubada, desgalhamento, descascamento, traçamento e formação das pilhas de madeira. Essa máquina é influenciada por condições da floresta como tamanho e formato dos troncos, volumetria, espaçamento do plantio, quantidade de galhos, tipo de casca e declividade do terreno (MIRANDA, 2016). Ademais, as empresas normalmente escolhem *harvester* de esteiras devido ao menor impacto no solo se comparado aos pneus, porém, essa escolha varia de acordo com a mobilidade em terrenos mais inclinados.

O *forwarder* foi desenvolvido para utilização no sistema de toras curtas, executando a retirada da madeira da área onde ocorre o corte até a margem da estrada para o carregamento ou pátio intermediário entre a floresta e a fábrica (MIRANDA, 2016). Segundo Forests and Rangelands (2011), essas máquinas são capazes de operar em terrenos acidentados com inclinação máxima aproximada de 30% a 40%, para isso a movimentação deve ser no sentido do declive.

Colheita florestal e a avaliação de danos e impactos ambientais

Segundo Machado *et al.* (2008), “o setor florestal brasileiro era pouco expressivo na economia brasileira até o final da década de 60, quando não possuía fontes seguras de suprimento florestal”. Atualmente, o cenário da colheita florestal nacional, é dominado por empresas de grande porte, as quais empregam tecnologias sofisticadas de colheita florestal visando a redução de custos, alto rendimento e impactos ambientais em menor escala.

A colheita florestal representa a operação final de um ciclo produtivo florestal, na qual são obtidos os produtos finais que serão a matéria prima para diversas indústrias, ou seja, os custos envolvidos no processo de colheita florestal desde o planejamento de estradas para colheita até a madeira posto fábrica, compõe um indicador significativo para a rentabilidade do projeto florestal.

Atualmente, empresas do setor florestal empregam uma vasta gama de maquinários e equipamentos na colheita de madeira, devido a quantidade de marcas e modelos existentes para a realização das operações de corte e extração florestal, cabendo a cada uma optar por aquele sistema que seja mais adequado às suas necessidades (NASCIMENTO, 2011).

Um dos sistemas de colheita mais empregados no Brasil é o sistema de toras curtas (*cut-to-length*), principalmente em plantios comerciais do gênero *Eucalyptus* sp. Esse sistema é caracterizado pela madeira colhida em forma de toras, cortadas no momento da extração em campo, as quais possuem tamanhos variáveis de acordo com a especificação da indústria. De acordo com Machado *et al.* (2008), o *harvester* e o *forwarder* são as máquinas empregadas no sistema de toras curtas na maior parte dos empreendimentos e processos de colheita florestal. Segundo uma das fabricantes desses modelos, Ponsse (2019), “o *harvester* caracteriza-se como um trator derrubador, desganhador, traçador e empilhador, formado por uma máquina-base de pneus ou esteira, uma grua e um cabeçote, já o *forwarder* é um trator florestal que possui uma grua hidráulica para carregamento e descarregamento, podendo também utilizar esteiras.”

A sistemática de toras curtas apresenta vantagens como locomoção em distâncias menores, aplicação de cortes seletivos e mitigação de impactos ambientais como a compactação do solo (MALINOVSKI E MALINOVSKI, 1998).

Estudos menos recentes sobre os impactos ambientais do tráfego de máquinas utilizadas em colheita florestal já buscavam bases para entender a relação das operações e as propriedades físicas do solo, como Seixas *et al.* (1998) relatou que os resíduos florestais deixados no solo após o processo de colheita criam uma cama que atenua e reduz os sulcos ocasionados pelo transito de máquinas pesadas. Inicialmente, pode parecer incomum que uma camada vegetal minimize os impactos da compactação causada por máquinas de grande porte e pesadas, mas o autor demonstra que, comparando-se um solo com cobertura vegetal pós colheita e um solo exposto, o nível de compactação é minimizado no primeiro cenário.

Os trabalhos mais recentes acerca da avaliação de impactos ambientais da atividade de colheita florestal contemplam principalmente análises aplicadas a povoamentos naturais, nos quais as florestas são formadas por espécies nativas, unidades produtivas em que as áreas de reserva podem ser manejadas de maneira sustentável, ou variáveis isoladas como solo, água e vegetação. Freitas *et al.* (2007) aplicou metodologias de avaliação de impacto para análise de povoamentos comerciais de Eucalyptus, para sistemas de colheita semi mecanizada (colheita realizada com motosserra e transporte de madeira com máquinas).

Segundo Toivio *et al.* (2017), as operações de colheita e tráfego de máquinas pesadas são constantemente relacionadas a impactos negativos no solo, estes devem ser levados em consideração em um contexto de planejamento, posto que tais danos das operações de colheita não podem ser completamente evitados; no entanto, estes devem ser minimizados onde possível.

As alterações superficiais podem promover a remoção total da cobertura vegetal e, conseqüentemente, aumentar a área de solo exposto aos fatores de erosão e de compactação. A manutenção da cobertura vegetal na superfície é importante porque o tráfego de máquinas sobre camadas de resíduos vegetais diminui o nível de compactação do solo (LOPES *et al.*, 2015).

Estudos demonstraram que a frequência e a intensidade de tráfego de máquinas da colheita florestal no interior de florestas são fatores que alteram os atributos físicos do solo, podendo atingir níveis críticos de compactação para o desenvolvimento radicular das plantas remanescentes (LOPES *et al.*, 2015).

Mendes *et al.* (2018) avaliou a relação entre a qualidade física do solo e os impactos da colheita florestal em plantio de *Eucalyptus saligna* em Reserva Legal, comparando três tratamentos testados; e concluiu que a colheita de impacto reduzido é alternativa viável do ponto de vista ambiental para a extração de madeira em talhões abandonados de *Eucalyptus* e para promover o manejo florestal sustentável em reserva legal.

Estudos recentes sobre o grau de compactação do solo após o tráfego de máquinas florestais como *harvester* e *forwarder* para colheita de *Pinus taeda* L., demonstram que a compactação do solo nessas áreas mantinha relação de dependência com a circulação de tratores e que as características do local também exercem influência sobre os resultados, como por exemplo a tipologias de solo, quantidade de matéria orgânica, proporção de água retida no solo, camada de resíduos, tipo de rodas e modelo das máquinas e sistema de passadas (LOPES *et al.*, 2015).

Segundo Fenner (2002), o efeito da compactação do solo para modelos de máquinas como *feller buncher* e do *skidder* foi mais representativo, mesmo com sistema de passada única, comparado ao tráfego do *harvester* e do *forwarder*. Dias *et al.* (2003) apontam que a combinação do *harvester* e o *forwarder* causa degradação nas propriedades do solo de maior significância e abrangência se comparados a combinação de *feller buncher* e *skidder*, pois a primeira combinação produz impactos pontuais e localizados frente ao segundo sistema de máquinas. Silva (2002) realizou estudo em que destaca os efeitos adversos relacionados à compactação pelo tráfego de máquinas da colheita florestal (*forwarder*) nas áreas de talhões da unidade de produção.

As publicações dos últimos anos demonstram o interesse da comunidade e pesquisadores em agregar conhecimento e delinear estratégias a fim de fundamentar mudanças com base científicas, bem como elaborar ferramentas para solucionar os problemas ambientais decorrentes das atividades produtivas (DUARTE *et al.*, 2017). Por outro lado, há carência de um maior número de pesquisas relacionadas a colheita florestal e seus impactos além do âmbito produtivo.

OBJETIVO

Objetiva-se com o presente trabalho, por meio da conjugação de metodologias de avaliação de impactos e danos ambientais, desenvolver um instrumento de planejamento integrado para a gestão ambiental da colheita florestal em região de bioma considerado vulnerável (Mata Atlântica).

Objetivo específico

1º: Analisar as características da área escolhida (vegetação, declividade, clima, relevo e solos.)

2º: Identificar e avaliar os aspectos e impactos ambientais da colheita florestal mecanizada na fase pós operações (sistema de toras curtas): abertura e manutenção de estradas, corte, secagem/estocagem, carregamento de madeira e transporte florestal.

3º: Adaptar com base na revisão de literatura, um método de avaliação de impactos e danos ambientais por meio de redes de interação, matrizes AIA e interação por critérios qualitativos e quantitativos (matriz de Leopold modificada).

4º: Aplicar o método desenvolvido no estudo em uma unidade produtiva de eucalipto pós atividades de colheita florestal mecanizada.

MATERIAL E MÉTODOS:

Descrição do local de estudos

O estudo foi realizado a partir de dados obtidos em aplicações da metodologia AIA, realizada em uma fazenda após a colheita florestal (colheita mecanizada cujo sistema foi de toras curtas - *Eucalyptus spp.*) denominada Sítio A, a fim de preservar tanto a identidade da empresa envolvida quanto da propriedade rural envolvida. A colheita se deu durante um mês e ocorreu em período de inverno, empregando-se um módulo de colheita com unidade móvel, 8 a 10 *harvester* (modelo com pneus da marca Komatsu) e 3 *forwarder* (marca Komatsu), cujas atividades se deram durante 24h ao longo do mês. A madeira permaneceu em campo por 90 dias para secagem e posterior transporte (caminhões Bi-Trem/Tri-Trem) que durou cerca de um mês.

Seguem abaixo as características gerais da área de estudo:

Região Sudeste (Sítio A) – Município de São Pedro - São Paulo, cuja predominância de bioma é a Floresta Estacional Semidecidual – Mata Atlântica.

De acordo com dados do IBF- Instituto Brasileiro de Florestas (2018), o bioma da Mata Atlântica se faz presente em 17 estados, com extensão de vegetação nativa que vai de norte a sul do Brasil (Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte). Cada região em que ela está presente apresenta características específicas bem como tipologias definidas quanto a vegetação, solo, relevo, diversidade e riqueza de fauna e variações climáticas, no entanto, há componentes em comum para diversas localizações.

A grande quantidade de chuvas é uma característica marcante em qualquer ponto da Mata Atlântica ao longo do território brasileiro, isso se deve ao fato de que tais áreas são bastante próximas do mar, ou seja, estão sob influência dos ventos que sopram do continente para o oceano (tais ventos são constituídos de massas de ar úmidas que condensam e resultam nas chuvas) (IBF, 2018). Ademais, existe uma gama de diferentes climas e microclimas que variam de região para região, como por exemplo clima subtropical úmido no Sul, áreas com influência de clima tropical e outras de interface com a caatinga no Nordeste.

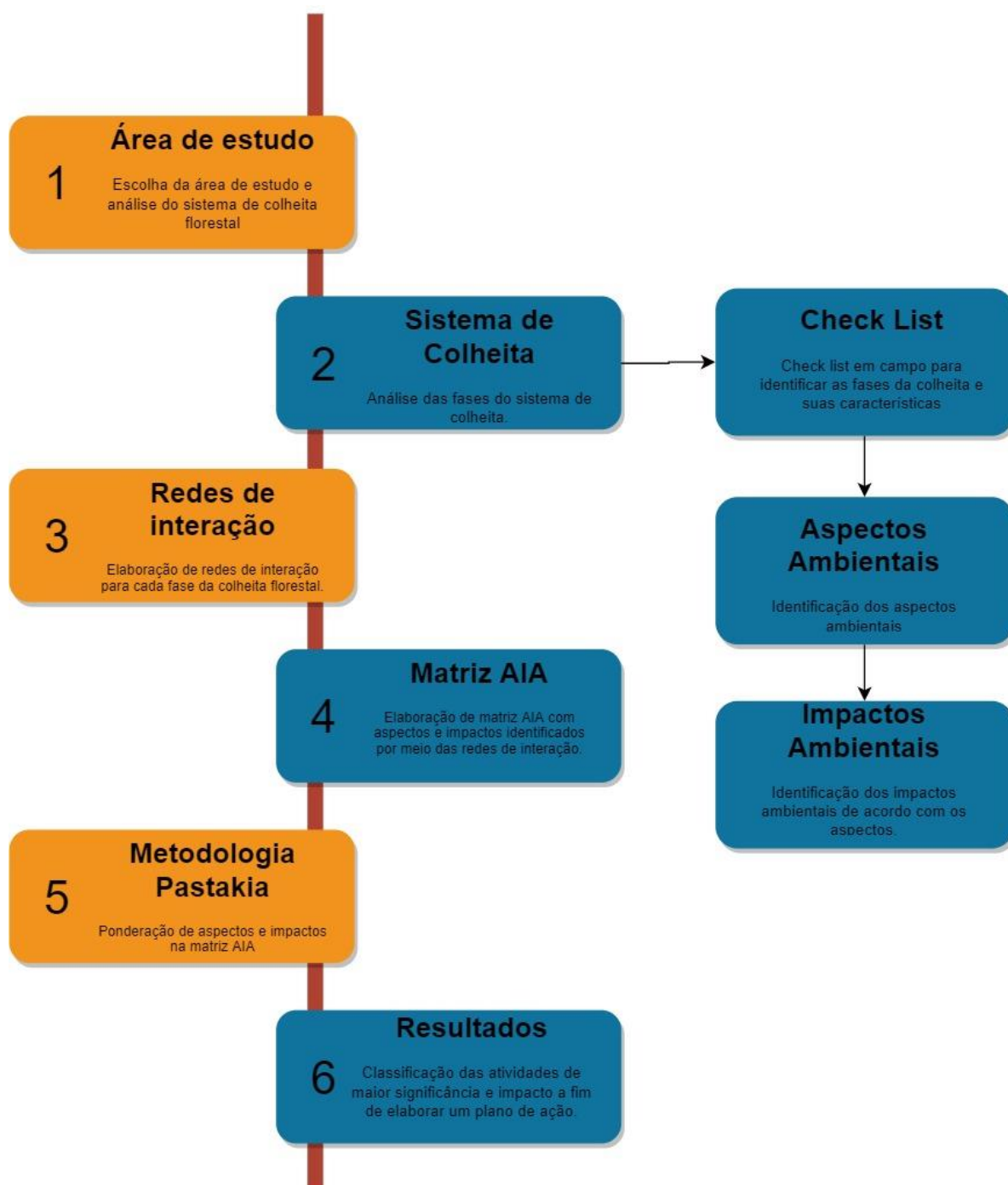
A área onde o estudo foi realizado está localizada na cidade de São Pedro, com área total de 194,37 hectares, no Estado de São Paulo. A classificação climática da região segundo Köppen (1936) é Cfa - Clima quente e temperado, com temperatura média de 20.6 °C e 1298 mm de pluviosidade média anual.

O solo da região é classificado como argissolo vermelho-amarelo (PVA4 - PVA Distrófico +LVA distrófico), segundo IBGE (2001); as principais restrições são relacionadas à fertilidade, em alguns casos, e susceptibilidade à erosão. Segundo análises da Embrapa (2018) *“são solos medianamente profundos a profundos, moderadamente drenados, com horizonte B textural (horizonte diagnostico que caracteriza a classe de solo), de cores vermelhas a amarelas e textura argilosa, abaixo de um horizonte A ou E de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica, bem apresentam argila de atividade baixa e saturação por bases alta.”*

Análise de dados

A análise de dados consistiu se na identificação de aspectos e impactos ambientais inerentes as operações de colheita florestal (pós colheita) – abertura e manutenção de estradas, corte, derrubada de árvores, arraste, baldeio e transporte, durante visitas *in loco*, bem como revisões na literatura:

Figura 3: Fluxograma das atividades desenvolvidas na metodologia

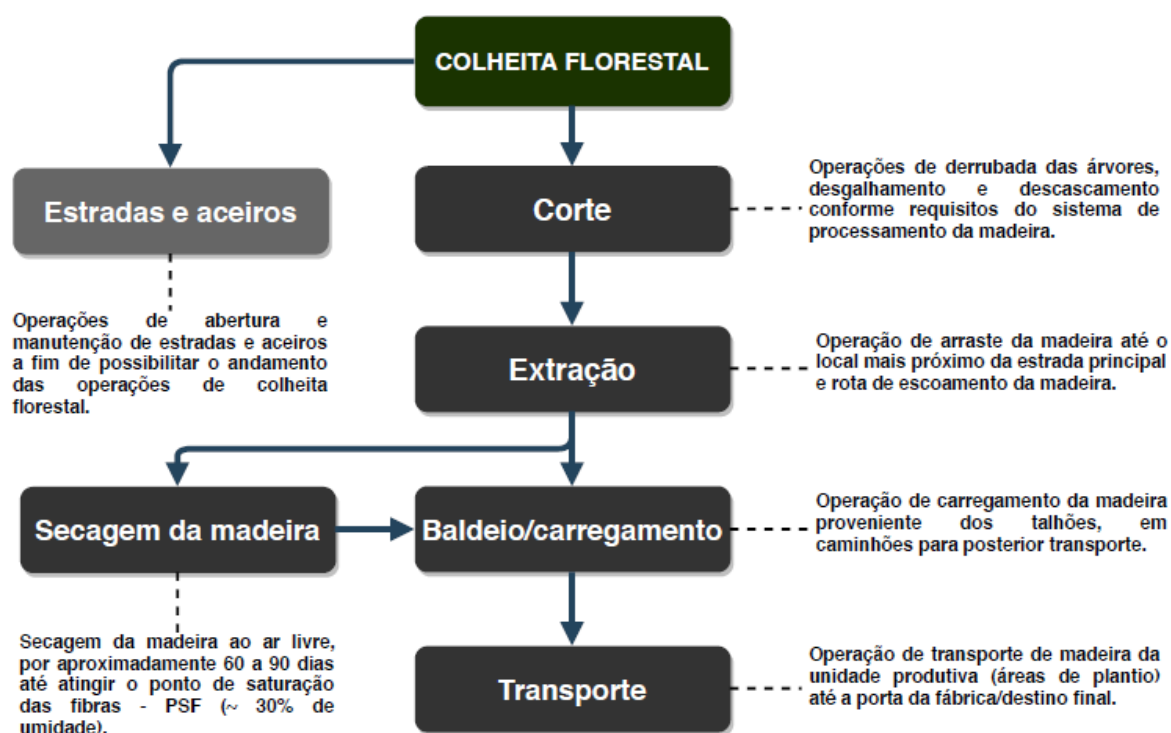


Fonte: autoria própria (2019).

Definição dos aspectos ambientais (ou atividades) relacionados a colheita florestal:

Cada atividade de um empreendimento pode gerar impactos positivos ou negativos quando interagem com o meio ambiente inserido. Sendo assim, o aspecto ambiental diz respeito a causa do impacto ambiental, ou seja, as atividades que fazem parte do processo analisado ou componentes dela. A partir de visita *in loco*, foram identificados os impactos ambientais visíveis em campo e de acordo com cada aspecto, bem como a necessidade de classificação dos aspectos (metodologia de check list). O fluxo de atividades é exemplificado abaixo:

Figura 4: Fluxograma do processo de colheita florestal



Fonte: NASCIMENTO et al., 2011, adaptado.

A quantificação e qualificação resultantes do estudo de impacto tornam possível uma melhor visualização dos pontos críticos e benéficos de um determinado projeto, avaliando os componentes do ecossistema, tal ferramenta norteia as tomadas de ação relacionadas ao monitoramento, prevenção e mitigação dos fatores de influência analisados (FREITAS et al., 2007). Por conseguinte, um

único método não abrange todos os parâmetros analisados, e faz-se necessária a integração de diferentes metodologias, as quais agregam mais informações para o resultado. O *checklist* foi aplicado in loco a fim de listar os principais impactos diretos perceptíveis e aplicados, posteriormente, na matriz AIA.

Adaptação da matriz de avaliação de impacto ambiental

O método da Matriz de Avaliação Rápida de Impactos (*Rapid Impact Assessment Matrix* – RIAM), criado por Pastakia (1998), consiste em um método de análise sistêmica dos impactos ambientais, derivados de uma atividade que gere um grau de modificação no meio em que está inserida, que avalia as modificações provocadas nos componentes ambientais pelo impacto e pelos seus efeitos. A metodologia toma como base critérios de avaliação padronizados, onde há a ponderação e avaliação dos impactos das atividades de um projeto. Tais critérios são divididos em A e B (A1 = importância, A2 = magnitude, B1 = permanência, B2 = reversibilidade e B3 = acúmulo).

A RIAM adota um Índice de Impacto (ES – *Environmental Score*) atrelado a cada um dos componentes ambientais, que para calculá-lo emprega cinco critérios, divididos em dois grupos (A e B). Os critérios do primeiro grupo são utilizados para avaliar a importância e magnitude da alteração causada pelo impacto, sendo eles: A1=importância da mudança e A2= magnitude da mudança (PASTAKIA,1998). Os critérios do segundo grupo estão associados aos efeitos que as alterações ocorridas provocam na população que habita na área de influência direta e nas fronteiras da região afetada pelo dano ambiental, sendo eles: B1= permanência da mudança, B2= reversibilidade e B3= acúmulo. Tal índice permite qualificar e quantificar impactos positivos e negativos.

O Índice de Impacto (ES) é calculado pela seguinte expressão:

$(ES) = (A1 \times A2) \times (B1 + B2 + B3)$, onde A1, A2, B1, B2 e B3 são os valores atribuídos aos critérios de avaliação do impacto, conforme tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Escala de valores numéricos e alfanuméricos – avaliação de impactos

Faixa de Valor (ES)	Escala Numérica (RV)	Classe de Impacto Ambiental
108 a 72	05	Extremamente Positivo
71 a 36	04	Significativamente Positivo

35 a 19	03	Moderadamente Positivo
18 a 10	02	Pouco Positivo
09 a 01	01	Muito Pouco Positivo
Zero	0	Inalterado
-01 a - 09	-01	Muito Pouco Negativo
-10 a -18	-02	Pouco Negativo
-19 a -35	-03	Moderadamente Negativo
-36 a -71	-04	Significativamente Negativo
-72 a -108	-05	Extremamente Negativo

Fonte: PASTAKIA, 1998.

De acordo com o método, cada critério do grupo A é resultante de uma multiplicação simples das pontuações e, para os critérios do grupo B são adicionados valores em conjunto resultando em uma soma simples:

$$\begin{aligned}(a1) \times (a2) &= aT \\ (b1) + (b2) + (b3) &= bT \\ (aT) \times (bT) &= ES\end{aligned}$$

Onde:

(a1) e (a2) são critérios de pontuação individual para o grupo (A);

(b1) a (b3) são pontuações individuais dos critérios para o grupo (B);

aT é o resultado da multiplicação de todos os escores (A);

bT é o resultado da soma de todos os escores (B)

ES é o escore de avaliação para o impacto.

Outra questão a ser observada é que os critérios do grupo A apresentam uma escala numérica que se inicia negativa, posteriormente o valor é zero e segue para valores positivos. No grupo B, deve-se evitar o valor zero, a variação de escala é de 1 a 3, em que o valor 1 representa uma situação neutra.

Dado que o método torna a definição teórica de vários critérios, o RIAM estabelece que, esses critérios devem satisfazer dois princípios:

- Universalidade e importância do critério;
- Característica do critério que o classifica para ao grupo A ou B.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Em resumo, o método de Pastakia (1998), opera com cinco critérios, os quais se integram para representar as condições de avaliação que são importantes para os estudos de impactos ambientais. O grupo A contém dois desses cinco critérios e o grupo B possui três, conforme descrição e pontuação apresentada a seguir:

Critérios do grupo A:

Extensão geográfica dos grupos afetados (A1): Pondera a medida da importância do alcance geográfico do impacto, avaliada em relação aos limites espaciais ou aos interesses humanos que ela afetará.

A1= 4 Internacional;

A1= 3 Nacional;

A1= 2 Regional (Bacia, Estado);

A1= 1 Local (Sub-bacia, município);

A1= 0 Nenhuma/Pouca.

Magnitude do impacto (A2): estima os benefícios ou gravidade da mudança ocorrida;

A2= 3 Benefícios positivos;

A2= 2 Melhora significativa do estado;

A2= 1 Melhoria no estado;

A2= 0 Nula;

A2= -1 Avaliação negativa do estado;

A2= -2 Mudança negativa considerável no estado;

A2= -3 Significativa mudança no estado (negativa).

Critérios do grupo B:

Estabilidade do impacto (B1): delimita se o impacto é permanente ou temporário

B1= 1 Nenhuma mudança;

B1= 2 Temporário;

B1= 3 Permanente.

Reversibilidade (B2): define se os impactos são reversíveis e se há medidas corretivas capazes de reduzir, alterar ou evitar o problema.

B2= 1 Sem possibilidade;

B2= 2 Reversível;

B2= 3 Irreversível.

Cumulativo (B3): estima se o impacto será único ou cumulativo ao longo do tempo, com base em seus efeitos.

B3= 1 nenhuma mudança;

B3= 2 não cumulativa/ isolada;

B3= 3 cumulativa/ sinérgica.

A metodologia necessita de parâmetros de avaliação específicos, conforme o empreendimento a ser avaliado. Cada componente foi abordado nas três categorias de análise:

- Meio Físico: parâmetros relacionados a aspectos do clima, solos, relevo, hidrologia e muitos outros.
- Meio Biótico: parâmetros biológicos como flora (vegetação) e fauna (avifauna, mastofauna, ictiofauna, herptofauna, dentre outros).
- Meio Antrópico: análise que envolve aspectos sociais (trabalhadores) e da comunidade local/regional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Redes de interação

O desenvolvimento e investimento em pesquisas quanto a avaliação de impacto ambiental são de extrema importância no sentido de se entender as especificidades de cada ferramenta, bem como onde cada uma pode ser aplicada de maneira a agregar informações, parâmetros, deficiências, oportunidades, benefícios e prejuízos, de maneira a potencializar os resultados e integração de diferentes ferramentas. Todavia, a associação de diferentes metodologias pode suprir as deficiências e lacunas de cada uma e abranger tipos diferentes de empreendimentos.

Para análise integrada dos aspectos e impactos ambientais foi realizado uma análise descritiva, mediante visitas in loco e levantamento bibliográfico ao longo do trabalho. Tal análise descritiva foi representada na forma de redes de interações. A visita em campo se deu em épocas antes, durante e após as operações de colheita florestal e, compreendeu além das visitas em campo e análises visuais, entrevistas com colaboradores da empresa e vizinhos da propriedade rural, conforme figuras:

Figura 5: Área de Reserva Legal em estágio de regeneração natural



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 6: Perturbação em áreas de conservação



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 7: Processo de assoreamento em beira de estrada



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 8: Erosão laminar em estrada interna



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 9: Área de Reserva Legal em estágio de regeneração natural



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 10: Área de extração de solo para construção/manutenção de estrada rural



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 11: Resíduos encontrados próximo de área de vivência



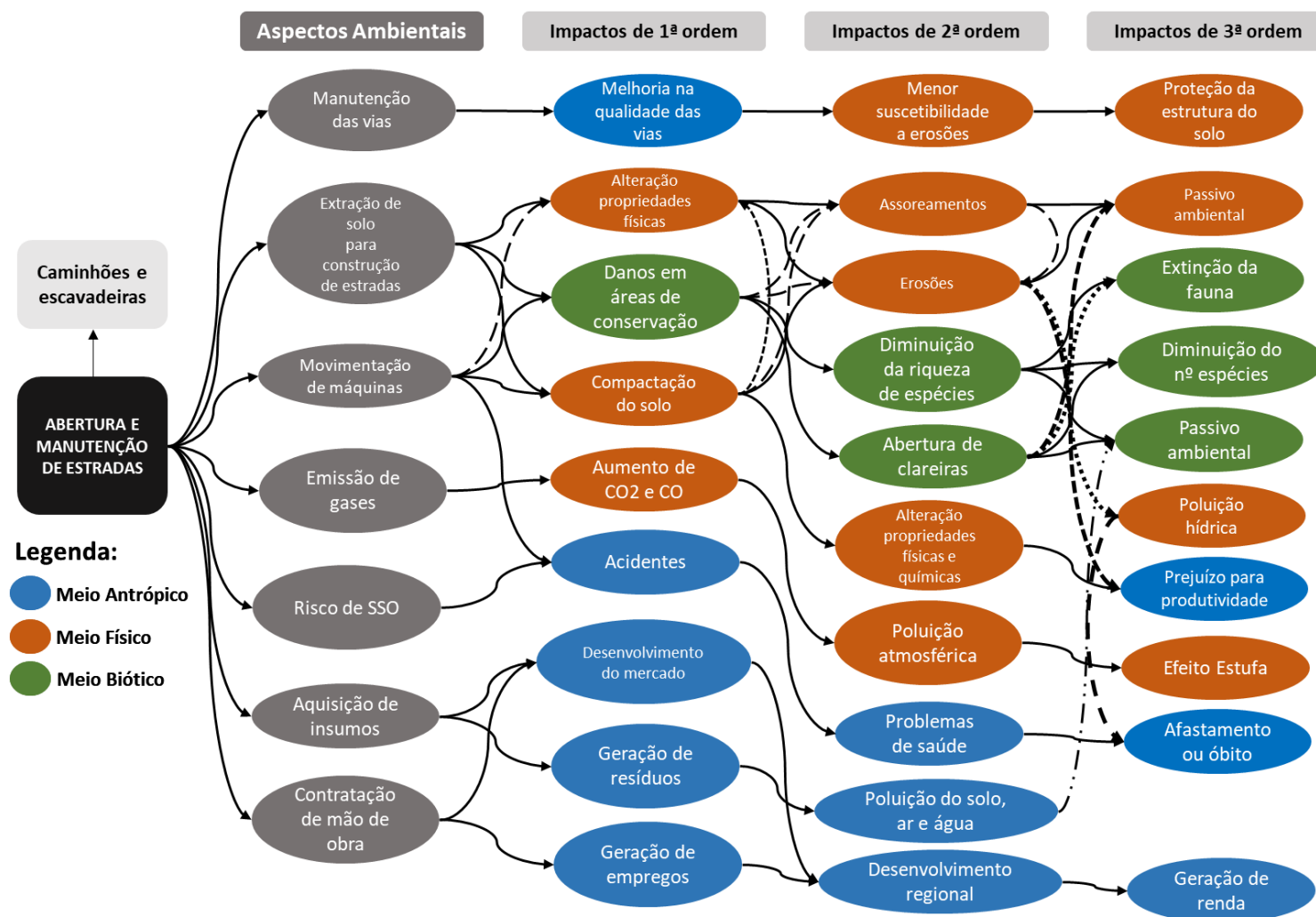
Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 12: Pilhas de madeira em borda de área de conservação



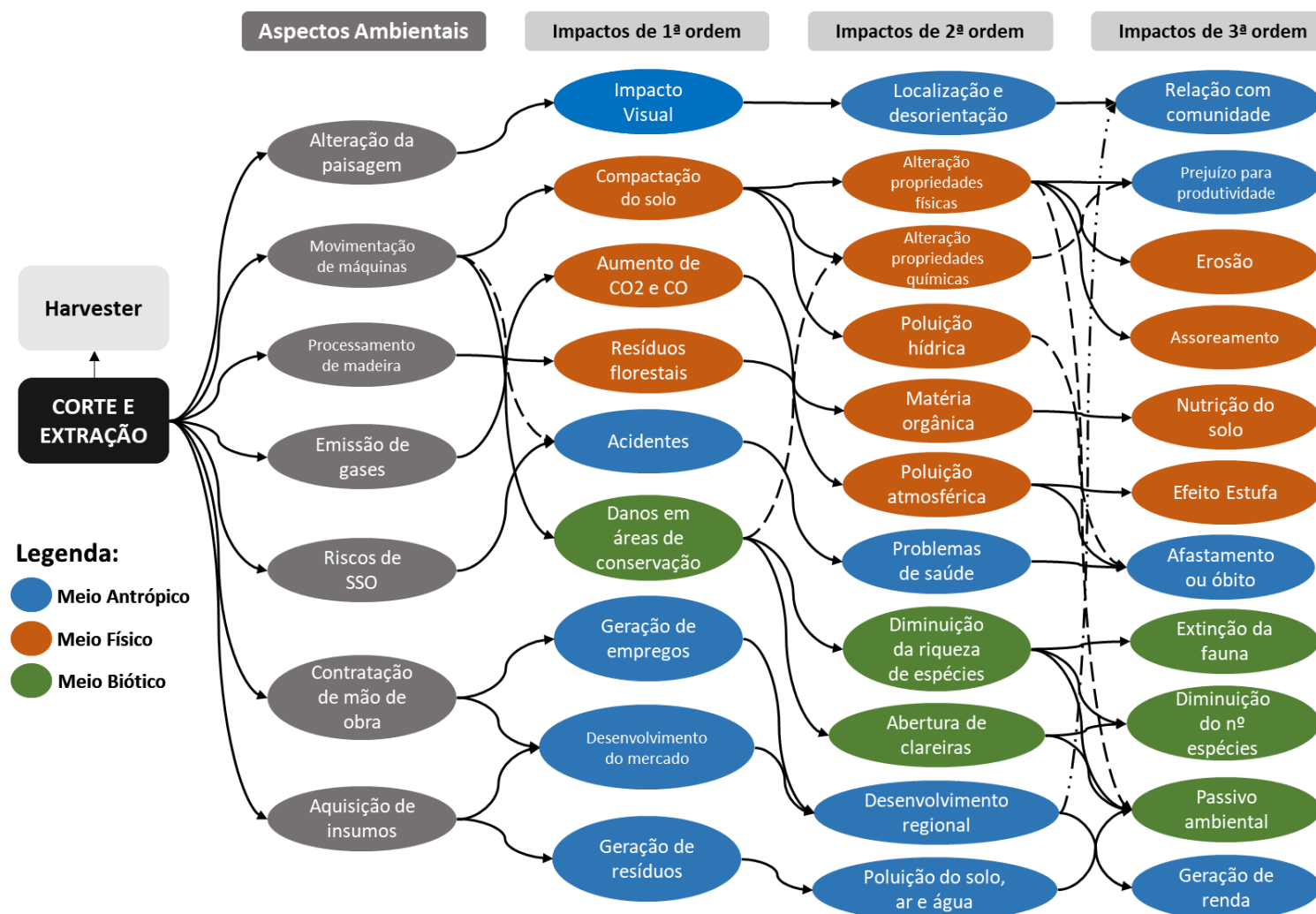
Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 13: Rede de interação de impactos e danos ambientais para abertura e manutenção de estradas florestais



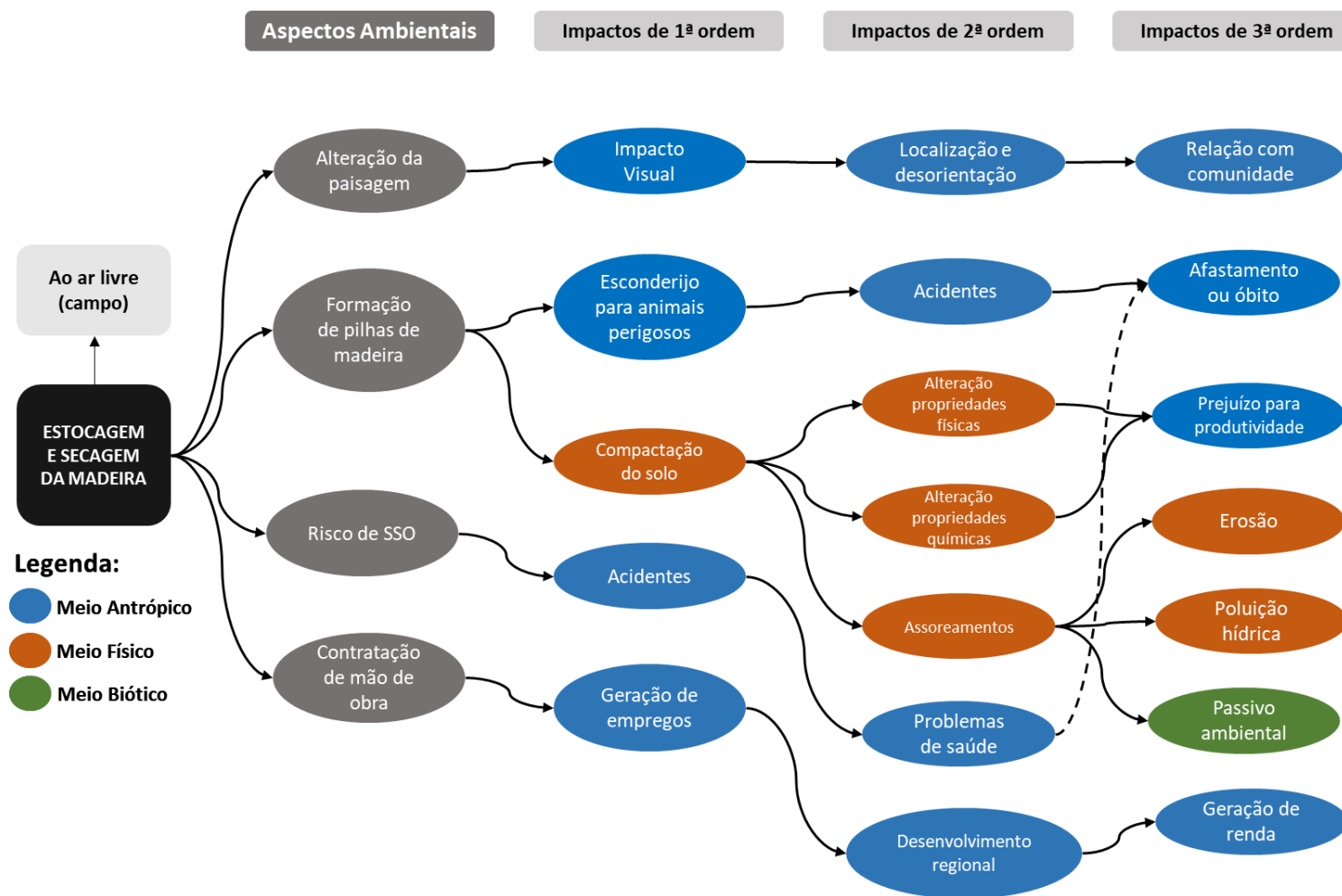
Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 14: Rede de interação de impactos e danos ambientais para corte e extração da madeira



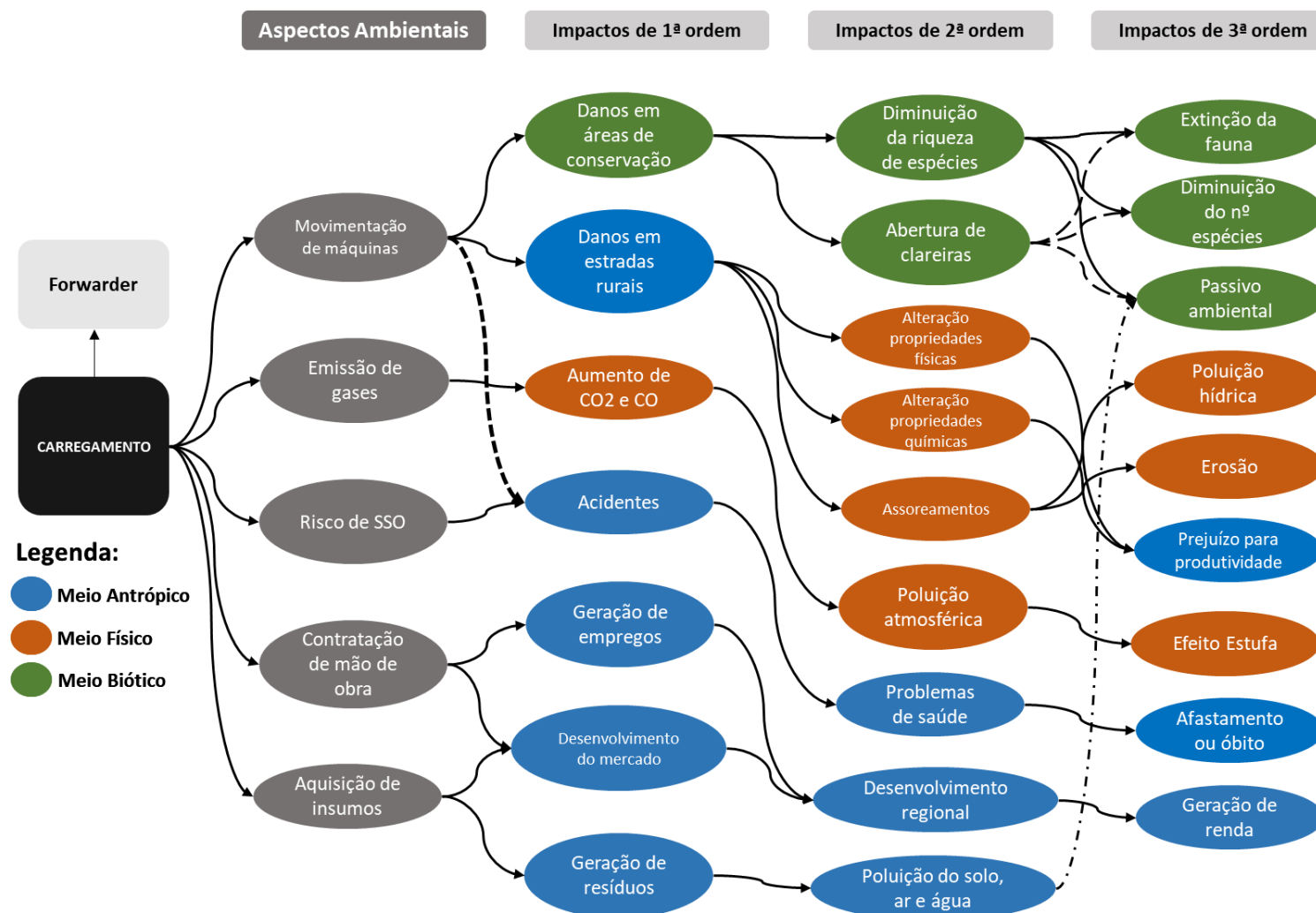
Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 15: Rede de interação de impactos e danos ambientais para estocagem e secagem da madeira



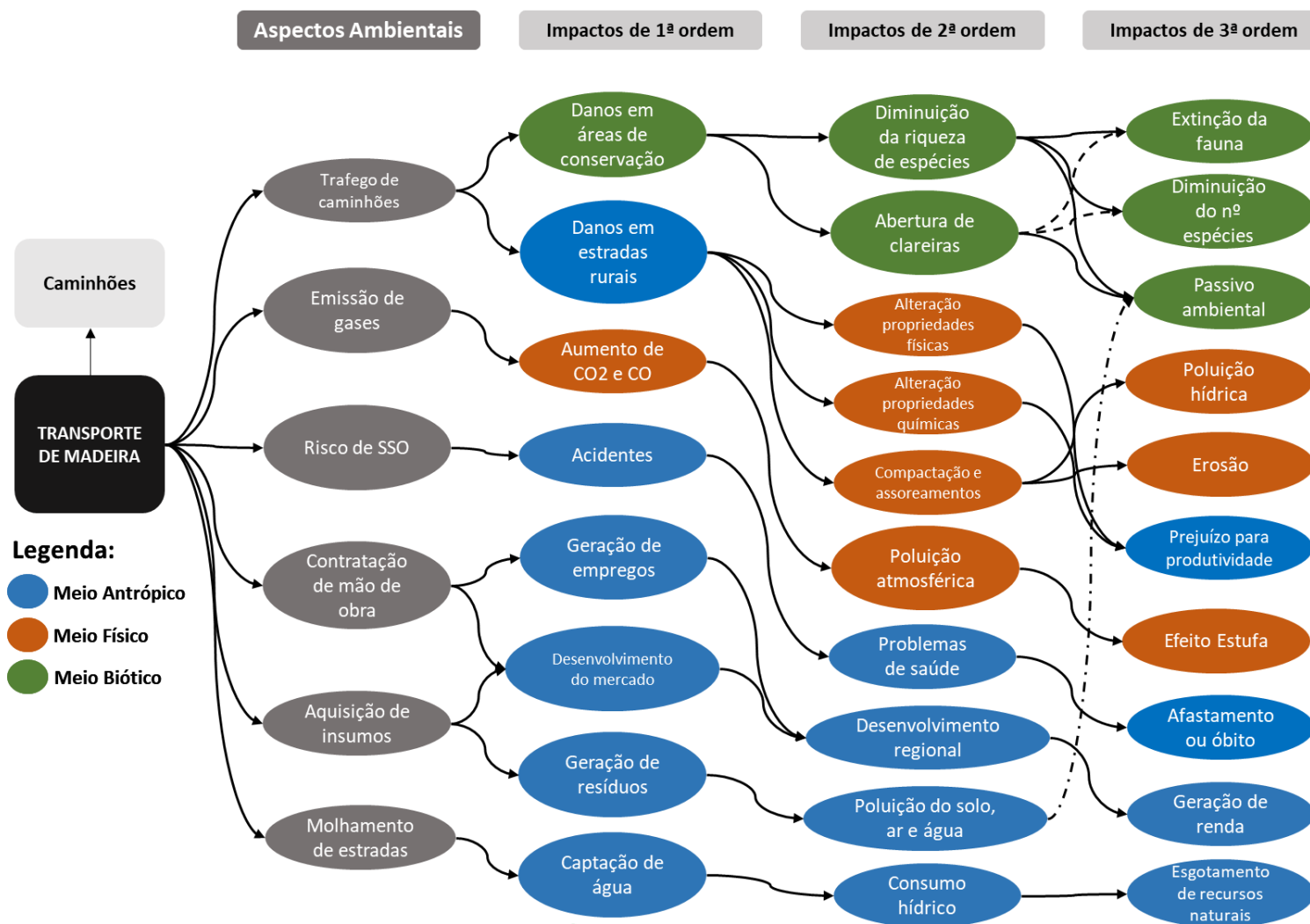
Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 16: Rede de interação de impactos e danos ambientais para carregamento de madeira



Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 17: Rede de interação de impactos e danos ambientais para transporte de madeira



Fonte: Autoria Própria (2019).

Redes de interações foram aplicadas por Nogueira (2019) com a finalidade de avaliar a interação dos aspectos e impactos ambientais na operação dos parques eólicos. Tal estudo demonstrou que, os aspectos fazem interação com os demais impactos ambientais, formando uma cadeia de ideias dependentes na fase de operação do empreendimento. A rede pode ser construída integrando os impactos ambientais específicos, a partir do conhecimento prévio dos efeitos ambientais de certas ações sobre determinados sistemas ambientais e na elaboração teórica da rede de interação por tipo de projeto. Isto visando auxiliar o raciocínio no decorrer dos estudos dos aspectos e impactos ambientais, quando a rede de interação pode ser ajustada para as especificidades do meio ambiente na área a ser afetada.

Cada etapa de um empreendimento, em sua maioria, acarreta em mais de um impacto que, por sua vez, promove uma sequência de impactos. Para Oliveira et. al. (2009), as redes facilitam as ligações entre as atividades exercidas pelo projeto e os decorrentes impactos ambientais diretos e indiretos. Destaca-se ainda o benefício de que a ferramenta facilita a visualização dos impactos indiretos, bem como os direcionamentos quanto suas respectivas causas.

Todavia, é importante destacar que a redução dos impactos diretos de um empreendimento pode ser analisada por meio da rede de interação, colaborando no controle dos impactos ambientais indiretos produzidos no início das atividades. Por conseguinte, pode-se elaborar um plano de prevenção e mitigação, com prevalência para redução dos impactos ambientais indiretos (primário, secundários e terciários).

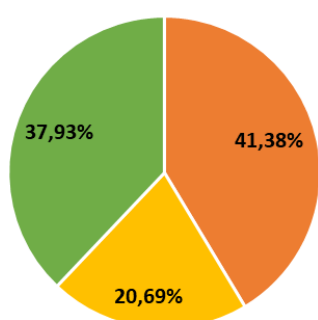
A etapa de colheita florestal apresenta diversos aspectos e impactos diretos e indiretos. Desta forma, o aspecto ambiental de maior significância nas redes de interação está relacionado ao tráfego de máquinas pesadas (de acordo com o número de impactos nos níveis da rede de interação), com enfoque para as atividades de abertura e manutenção de estradas e o corte e extração de madeira. Cada um desses impactos primários ainda se relaciona aos impactos secundários e terciários, demonstrando que tal atividade apresenta maior complexidade de variáveis a serem monitoradas dentro do processo de colheita florestal.

Os impactos foram classificados de acordo com seu meio de ação, sendo físico, biótico ou antrópico. A maior parcela de impactos do meio físico se deu na rede de interações elaborada para abertura e manutenção de estradas. A rede de

carregamento de madeira apresentou a maior porcentagem de impactos no meio biótico e a rede de estoque e secagem de madeira indicou maior parcela de impactos no meio antrópico (de acordo com o número de impactos total), como demonstram as Figura 18, Figura 19 e Figura 20. Embora as fases da colheita sejam mecanizadas, há o emprego de mão de obra no que concerne a controle de máquinas como *harvester* e *forwarder*, além de caminhões e tratores, bem como equipes de SSO e supervisores de colheita presentes no módulo florestal. A contratação de mão de obra é menor se comparada a colheitas semimecanizada ou manual, tal característica é refletida nas matrizes de avaliação de impacto quando da pontuação para escala e magnitude do impacto benéfico. As figuras a seguir indicam a distribuição de impactos em cada meio de acordo com cada uma das cinco redes desenvolvidas:

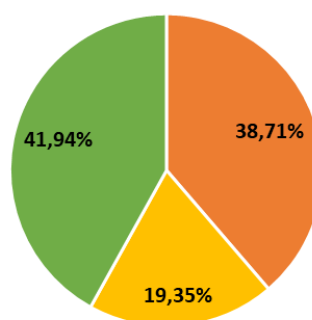
Figura 18: Classificação de impactos para redes de interações para atividades de abertura e manutenção de estradas e corte e extração de madeira

Classificação de Impactos - Rede de interação abert. e manut. de estradas



■ Físico ■ Biótico ■ Antrópico

Classificação de Impactos - Corte e extração



■ Físico ■ Biótico ■ Antrópico

Figura 19: Classificação de impactos para redes de interações para atividades de estoque e secagem de madeira e carregamento de madeira

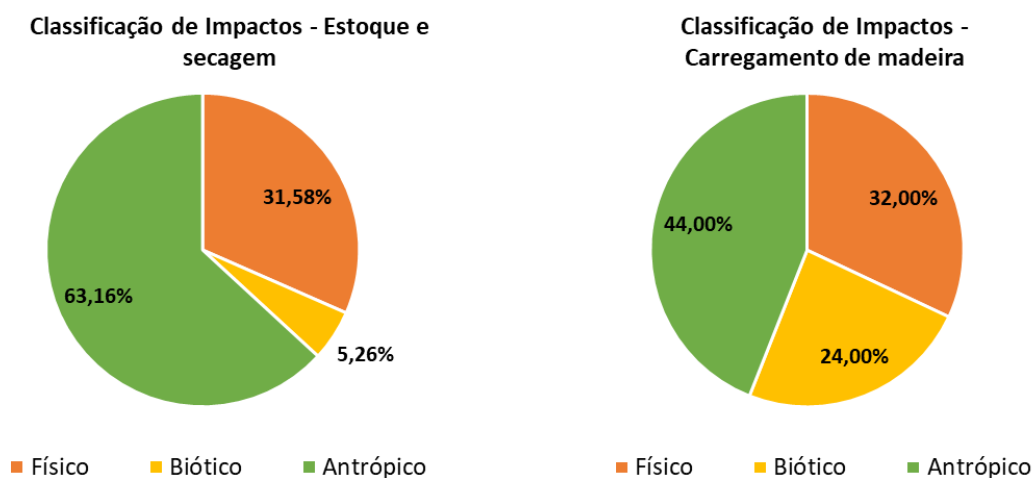
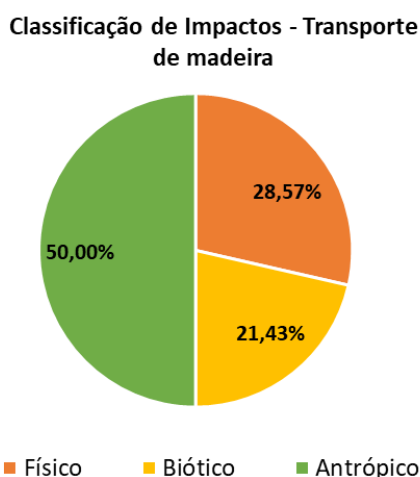


Figura 20: Classificação de impactos para rede de interação para atividades de transporte de madeira



Alguns impactos ambientais estão presentes em mais de uma rede de interação, porém, o que os diferencia é a escala, intensidade e magnitude de ocorrência para cada operação bem como o nível de mudanças que ocasionará no meio (físico, biótico ou antrópico). Os impactos ambientais de maior abrangência e relevância serão descritos a seguir:

- Impacto visual: Impacto mencionado pelos moradores da redondeza, em virtude da remoção da floresta de eucalipto, os quais muitas vezes se localizam com base nas estradas internas das fazendas.
- Compactação do solo: O trânsito de máquinas pesadas e veículos, bem como o arraste dos feixes de madeira, ocasiona a compactação do solo. Por

consequente, pode ocorrer a desestruturação do solo ou revolvimento, além de início de processos erosivos e assoreamentos.

- Aumento de CO₂ e CO: As atividades que envolvem queima de combustíveis como trânsito de máquinas pesadas, caminhões e outros veículos, corroboram para a depreciação da qualidade do ar devido a emissão de partículas sólidas e gases e consequente aumento de CO₂ e CO na atmosfera.
- Resíduos florestais: A atividade de corte e processamento da madeira (sistema de toras curtas) gera resíduos florestais como a copa das árvores, casca e galhos, os quais são deixados no local para contribuir como fonte de matéria orgânica, estrutura do solo e nutrição.
- Acidentes: As atividades que envolvem colaboradores em campo são passíveis de ocorrência de acidentes de trabalho.
- Danos em áreas de conservação: O tráfego de máquinas pesadas e veículos, bem como a abertura de novas estradas e jazidas para retirada de solo pode causar perturbações nas áreas de conservação, afetando assim a fauna e flora quanto a riqueza e abundância de espécies, bem como os níveis de resiliência.
- Geração de empregos: A contratação de mão de obra referente a colheita mecanizada é menor se comparada a colheita semimecanizada ou manual, porém, ainda assim, há um número elevado de pessoas envolvidas, como segurança e saúde, motoristas e operadores de máquinas, supervisores e colaboradores responsáveis pelo planejamento da colheita (presentes no módulo de colheita).
- Desenvolvimento do mercado: Há movimentação benéfica para o mercado desde as aquisições como insumos para manutenção das máquinas, contratação de alimentação, aquisições de materiais para trabalhos em campo (barracas de vivência, EPI, dentre outros). Em épocas de colheita, segundo moradores da região da fazenda, há grande mobilização de pessoas o que desenvolve desde o mercado local até o regional.
- Geração de resíduos: Todas atividades realizadas dentro da colheita florestal geram algum tipo de resíduos, seja do dia a dia de trabalho como alimentos,

lixo pessoal, como de manutenção das máquinas como embalagens de óleos, graxas e outros produtos químicos.

- Esconderijo para animais perigosos: Durante as conversas com colaboradores e vizinhos da fazenda, menciona-se a presença de aranhas e cobras próximo as pilhas de madeiras, as quais podem ficar de 60 a 90 dias em campo para secagem.
- Danos em estradas rurais: A movimentação de máquinas pesadas, caminhões e outros veículos pode ocasionar danos severos as estradas e demandar maior número de manutenções.
- Captação de água: Para manutenção das estradas é necessário realizar o molhamento, tal captação é realizada no corpo hídrico presente na fazenda. A utilização da água e frequente trânsito de caminhões pipa ao redor da APP pode ocasionar assoreamentos, turbidez dos corpos hídricos e danos aos componentes bióticos do meio aquático quanto a produtividade do ecossistema.

Resultados da Matriz de Avaliação Rápida de Impactos adaptada

De acordo com a metodologia de Pastakia (1998), foram atribuídos valores aos critérios de acordo com cada aspecto de componente analisado. A tabela a seguir ilustra a atribuição de valores aplicada a metodologia de ponderação:

Tabela 2: Atribuição de valores para os critérios de avaliação dos impactos por Pastakia

Grupo	Critério		Avaliação	Valores
A	A1	Importância do impacto (extensão geográfica dos grupos afetados)	Internacional	4
			Nacional	3
			Regional (Bacia, Estado)	2
			Local (Sub-bacia, município)	1
			Nenhuma/Pouca	0
	A2	Magnitude do impacto	Benefícios positivos	3
			Melhora significativa no estado	2
			Melhora no estado	1
			Nula/Sem mudança	0
			Variação negativa no estado	-1
			Mudança negativa considerável no estado	-2

			Significativa mudança no estado (negativa)	-3
B	B1	Permanência do impacto	Sem mudança/não aplicável	1
			Temporário	2
			Permanente	3
	B2	Reversibilidade	Sem mudança/Não aplicável	1
			Reversível	2
			Irreversível	3
	B3	Acúmulo	Nenhuma mudança	1
			Não cumulativa/isolada	2
			Cumulativa/Sinérgico	3

Fonte: Adaptado de Pastakia, 1998.

Segundo Pastakia (1998) os importantes critérios de avaliação se dividem em dois grupos:

(A) Critérios que são importantes para a condição, que individualmente podem alterar a pontuação obtida; e

(B) Critérios que são valiosos para a situação, mas que não devem individualmente ser capazes de alterar a pontuação obtida.

O valor atribuído a cada um desses grupos de critérios é determinado pelo uso de uma série de fórmulas simples. Essas fórmulas permitem que as pontuações dos componentes individuais sejam determinadas em uma base definida.

O sistema de pontuação requer multiplicação simples das pontuações atribuídas a cada um dos critérios do grupo (A). O uso do multiplicador para o grupo (A) é importante, pois garante imediatamente que o peso de cada score seja expresso, enquanto o simples somatório de scores poderia fornecer resultados idênticos para diferentes condições.

As pontuações do grupo de critérios de valor (B) são somadas para fornecer uma soma única. Isso garante que as pontuações de valores individuais não possam influenciar a pontuação geral, mas que a importância coletiva de todos os grupos de valores (B) seja totalmente levada em consideração.

Posteriormente a elaboração das redes de interações, há a necessidade de ponderar os impactos identificados a fim de hierarquizar as demandas para

potencializar os planos de prevenção e mitigação. Para isso, o resultado de cada rede foi transposto para as matrizes AIA (Tabela 3 a Tabela 7), o preenchimento das matrizes ficou a cargo da autora que já realizou consultorias acerca do tema em diferentes empresas de portes variáveis no Brasil (entre 2015 a 2019).

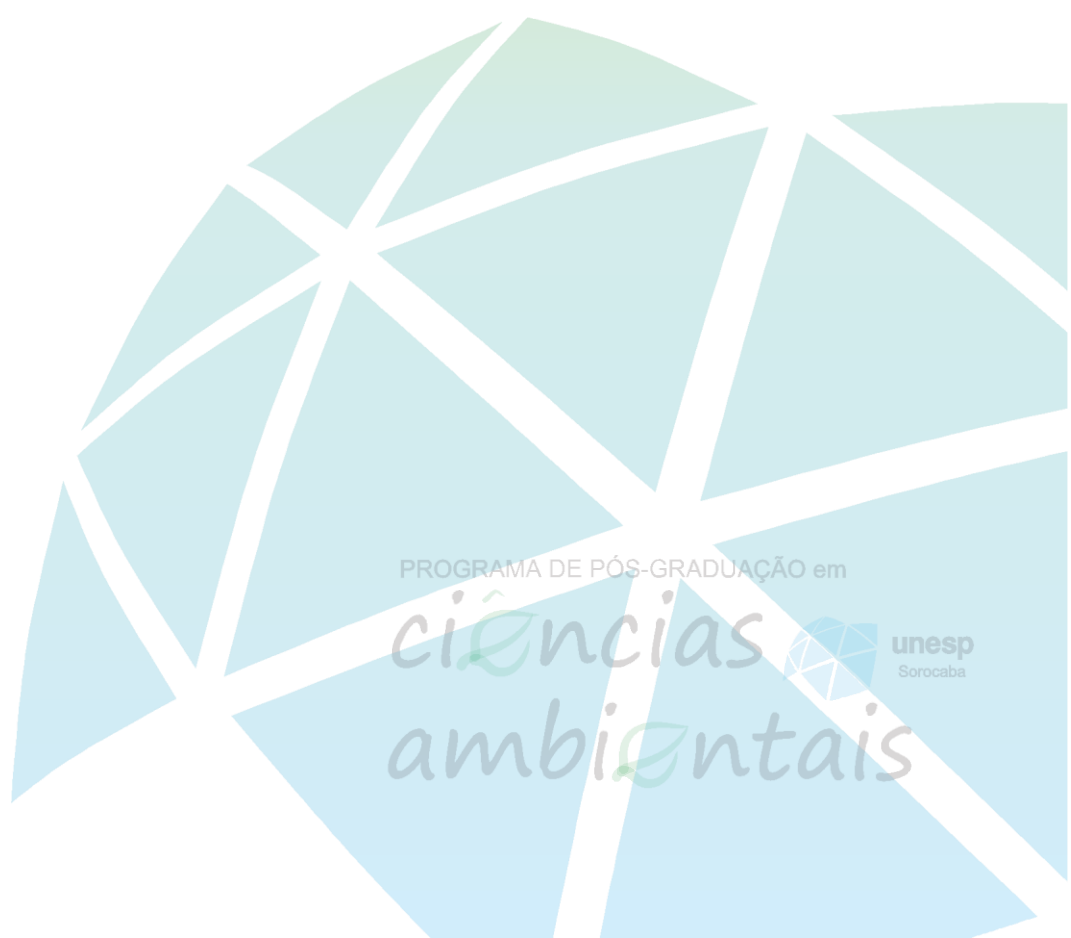


Tabela 3:Matriz RIAM para atividade de abertura e manutenção de estradas

MATRIZ DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE IMPACTOS - Rapid Impact Assessment Matrix – RIAM											
Atividade ou operação	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio	A1	A2	B1	B2	B3	ÍNDICE DE IMPACTO (ES)	VALOR NUM. (RV)	CLASSE DE IMPACTO AMBIENTAL
Abertura e manutenção de estradas	Manutenção de vias	Melhoria na qualidade das vias	Antrópico	1	3	2	2	3	21	3	Moderadamente Positivo
Abertura e manutenção de estradas	Manutenção de vias	Menor suscetibilidade a erosões	Físico	1	3	2	2	3	21	3	Moderadamente Positivo
Abertura e manutenção de estradas	Manutenção de vias	Proteção da estrutura edáfica	Físico	1	1	2	2	2	6	1	Muito Pouco Positivo
Abertura e manutenção de estradas	Extração de solo para construção de estradas	Assoreamentos	Físico	1	-3	3	2	3	-16	-2	Moderadamente Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Extração de solo para construção de estradas	Erosões	Físico	1	-3	3	2	3	-24	-3	Moderadamente Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Extração de solo para construção de estradas	Alterações das propriedades físicas	Físico	1	-2	3	3	2	-8	-1	Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Extração de solo para construção de estradas	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies flora)	Biótico	2	-2	3	2	3	-32	-3	Moderadamente Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Extração de solo para construção de estradas	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies fauna)	Biótico	1	-1	2	2	3	-7	-1	Muito Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Extração de solo para construção de estradas	Abertura de clareiras	Biótico	2	-2	3	2	3	-32	-3	Moderadamente Negativo

Abertura e manutenção de estradas	Movimentação de máquinas	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies flora)	Biótico	1	-1	2	2	2	-6	-1	Muito Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Movimentação de máquinas	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies fauna)	Biótico	1	-1	2	2	2	-6	-1	Muito Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Movimentação de máquinas	Abertura de clareiras	Biótico	2	-1	2	2	2	-12	-2	Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Movimentação de máquinas	Compactação do solo	Físico	1	-3	3	2	3	-24	-3	Moderadamente Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Movimentação de máquinas	Assoreamentos	Físico	1	-1	2	2	3	-7	-1	Muito Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Movimentação de máquinas	Erosões	Físico	1	-1	2	3	3	-8	-1	Muito Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Movimentação de máquinas	Acidentes	Físico	1	-2	2	2	2	-12	-2	Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Emissão de gases	Efeito Estufa	Físico	2	-1	3	3	3	-18	-2	Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Riscos de SSO	Acidentes	Antrópico	1	-2	1	2	2	-10	-2	Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Riscos de SSO	Problemas de saúde	Antrópico	1	-2	1	2	3	-12	-2	Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Riscos de SSO	Afastamento ou óbito	Antrópico	1	-3	3	3	3	-27	-3	Moderadamente Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Aquisição de insumos	Desenvolvimento regional	Antrópico	2	2	2	2	2	24	3	Moderadamente Positivo

Abertura e manutenção de estradas	Aquisição de insumos	Geração de renda	Antrópico	2	2	2	2	2	24	3	Moderadamente Positivo
Abertura e manutenção de estradas	Aquisição de insumos	Poluição de solo, água e ar	Físico	1	-1	3	2	3	-8	-1	Muito Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Aquisição de insumos	Geração de resíduos	Antrópico	1	-2	2	2	3	-14	-2	Pouco Negativo
Abertura e manutenção de estradas	Contratação de mão de obra	Geração de empregos	Antrópico	1	2	2	2	2	12	2	Pouco Positivo
Abertura e manutenção de estradas	Contratação de mão de obra	Desenvolvimento regional	Antrópico	2	2	2	2	2	24	3	Moderadamente Positivo

Tabela 4: Matriz RIAM para atividade de corte e extração de madeira

MATRIZ DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE IMPACTOS - Rapid Impact Assessment Matrix – RIAM											
Atividade ou operação	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio	A1	A2	B1	B2	B3	ÍNDICE DE IMPACTO (ES)	VALOR NUM. (RV)	CLASSE DE IMPACTO AMBIENTAL
Corte e extração	Alteração da paisagem	Localização e desorientação	Antrópico	0	-1	2	1	2	0	0	Inalterado
Corte e extração	Alteração da paisagem	Relação com a comunidade local	Antrópico	1	0	2	2	2	0	0	Inalterado
Corte e extração	Processamento de madeira	Fornecimento de matéria orgânica (resíduos florestais)	Físico	1	2	3	2	3	16	2	Pouco Positivo
Corte e extração	Movimentação de máquinas	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies flora)	Biótico	1	-1	2	2	2	-6	-1	Muito Pouco Negativo
Corte e extração	Movimentação de máquinas	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies fauna)	Biótico	1	-1	2	2	2	-6	-1	Muito Pouco Negativo
Corte e extração	Movimentação de máquinas	Abertura de clareiras	Biótico	1	-1	2	2	3	-7	-1	Muito Pouco Negativo
Corte e extração	Movimentação de máquinas	Compactação do solo	Físico	1	-2	2	2	3	-14	-2	Pouco Negativo
Corte e extração	Movimentação de máquinas	Assoreamentos	Físico	1	-1	2	2	3	-7	-1	Muito Pouco Negativo
Corte e extração	Movimentação de máquinas	Erosões	Físico	1	-1	3	2	3	-8	-1	Muito Pouco Negativo
Corte e extração	Movimentação de máquinas	Acidentes	Antrópico	1	-2	1	3	2	-12	-2	Pouco Negativo

Corte e extração	Emissão de gases	Efeito Estufa	Físico	2	-1	3	3	3	-18	-2	Pouco Negativo
Corte e extração	Riscos de SSO	Acidentes	Antrópico	1	-2	3	3	2	-16	-2	Pouco Negativo
Corte e extração	Riscos de SSO	Problemas de saúde	Antrópico	1	-1	1	3	3	-7	-1	Muito Pouco Negativo
Corte e extração	Riscos de SSO	Afastamento ou óbito	Antrópico	1	-3	3	3	2	-24	-3	Moderadamente Negativo
Corte e extração	Aquisição de insumos	Desenvolvimento regional	Antrópico	2	2	2	2	2	24	3	Moderadamente Positivo
Corte e extração	Aquisição de insumos	Geração de renda	Antrópico	1	2	2	2	2	12	2	Pouco Positivo
Corte e extração	Aquisição de insumos	Poluição de solo, água e ar	Físico	1	-1	3	2	3	-8	-1	Muito Pouco Negativo
Corte e extração	Aquisição de insumos	Geração de resíduos	Antrópico	1	-1	2	2	3	-7	-1	Muito Pouco Negativo
Corte e extração	Contratação de mão de obra	Geração de empregos	Antrópico	2	1	2	2	2	12	2	Pouco Positivo
Corte e extração	Contratação de mão de obra	Desenvolvimento regional	Antrópico	2	1	2	2	2	12	2	Pouco Positivo



Tabela 5: Matriz RIAM para atividade de estocagem e secagem da madeira

MATRIZ DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE IMPACTOS - Rapid Impact Assessment Matrix – RIAM											
Atividade ou operação	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio	A1	A2	B1	B2	B3	ÍNDICE DE IMPACTO (ES)	VALOR NUM. (RV)	CLASSE DE IMPACTO AMBIENTAL
Estocagem e Secagem da madeira	Alteração da paisagem	Localização e desorientação	Antrópico	0	-1	2	1	2	0	0	Inalterado
Estocagem e Secagem da madeira	Formação de pilhas de madeira	Esconderijo para animais perigosos	Antrópico	1	-1	2	2	2	-6	-1	Muito Pouco Negativo
Estocagem e Secagem da madeira	Formação de pilhas de madeira	Acidentes	Antrópico	1	-1	1	2	2	-5	-1	Muito Pouco Negativo
Estocagem e Secagem da madeira	Formação de pilhas de madeira	Compactação do solo	Físico	1	-1	2	2	3	-7	-1	Muito Pouco Negativo
Estocagem e Secagem da madeira	Formação de pilhas de madeira	Assoreamentos	Físico	1	-1	2	2	3	-7	-1	Muito Pouco Negativo
Estocagem e Secagem da madeira	Riscos de SSO	Acidentes	Antrópico	1	-1	1	2	2	-5	-1	Muito Pouco Negativo
Estocagem e Secagem da madeira	Riscos de SSO	Problemas de saúde	Antrópico	0	0	1	1	1	0	0	Inalterado
Estocagem e Secagem da madeira	Riscos de SSO	Afastamento ou óbito	Antrópico	1	-1	1	3	2	-6	-1	Muito Pouco Negativo
Estocagem e Secagem da madeira	Contratação de mão de obra	Geração de empregos	Antrópico	0	1	2	2	2	0	0	Inalterado

Estocagem e Secagem da madeira	Contratação de mão de obra	Desenvolvimento regional	Antrópico	0	1	2	2	2	0	0	Inalterado
--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------	---	---	---	---	---	---	---	------------



Tabela 6: Matriz RIAM para atividade de carregamento de madeira

MATRIZ DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE IMPACTOS - Rapid Impact Assessment Matrix – RIAM											
Atividade ou operação	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio	A1	A2	B1	B2	B3	ÍNDICE DE IMPACTO (ES)	VALOR NUM. (RV)	CLASSE DE IMPACTO AMBIENTAL
Carregamento de madeira	Movimentação de máquinas	Danos em estradas rurais	Antrópico	1	-2	3	2	3	-16	-2	Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Movimentação de máquinas	Compactação do solo	Físico	1	-2	3	2	3	-16	-2	Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Movimentação de máquinas	Assoreamentos	Físico	1	-2	3	2	3	-16	-2	Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Movimentação de máquinas	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies flora)	Biótico	1	-2	3	2	3	-16	-2	Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Movimentação de máquinas	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies fauna)	Biótico	1	-1	2	2	2	-6	-1	Muito Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Movimentação de máquinas	Abertura de clareiras	Biótico	1	-1	2	2	3	-7	-1	Muito Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Emissão de gases	Efeito Estufa	Físico	2	-1	3	3	3	-18	-2	Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Riscos de SSO	Acidentes	Antrópico	1	-2	2	1	2	-10	-2	Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Riscos de SSO	Problemas de saúde	Antrópico	1	-2	1	1	2	-8	-1	Muito Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Riscos de SSO	Afastamento ou óbito	Antrópico	1	-3	2	3	2	-21	-3	Moderadamente Negativo
Carregamento de madeira	Aquisição de insumos	Desenvolvimento regional	Antrópico	1	2	2	2	2	12	2	Pouco Positivo

Carregamento de madeira	Aquisição de insumos	Geração de renda	Antrópico	1	1	2	2	2	6	1	Muito Pouco Positivo
Carregamento de madeira	Aquisição de insumos	Poluição de solo, água e ar	Físico	1	-2	2	2	3	-14	-2	Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Aquisição de insumos	Geração de resíduos	Antrópico	1	-2	2	2	3	-14	-2	Pouco Negativo
Carregamento de madeira	Contratação de mão de obra	Geração de empregos	Antrópico	1	1	2	2	2	6	1	Muito Pouco Positivo
Carregamento de madeira	Contratação de mão de obra	Desenvolvimento regional	Antrópico	1	1	2	2	2	6	1	Muito Pouco Positivo



Tabela 7: Matriz RIAM para atividade de transporte de estradas

MATRIZ DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE IMPACTOS - Rapid Impact Assessment Matrix – RIAM											
Atividade ou operação	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio	A1	A2	B1	B2	B3	ÍNDICE DE IMPACTO (ES)	VALOR NUM. (RV)	CLASSE DE IMPACTO AMBIENTAL
Transporte de madeira	Trafego de caminhões	Melhoria na qualidade das vias	Antrópico	1	2	2	2	3	14	2	Pouco Positivo
Transporte de madeira	Trafego de caminhões	Compactação do solo	Físico	1	-2	3	2	3	-16	-2	Pouco Negativo
Transporte de madeira	Trafego de caminhões	Assoreamentos	Físico	1	-3	3	2	3	-24	-3	Moderadamente Negativo
Transporte de madeira	Trafego de caminhões	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies flora)	Biótico	1	-3	3	2	3	-24	-3	Moderadamente Negativo
Transporte de madeira	Trafego de caminhões	Danos em áreas de conservação (> nº de espécies fauna)	Biótico	1	-2	3	2	3	-16	-2	Pouco Negativo
Transporte de madeira	Trafego de caminhões	Erosão	Físico	1	-3	3	3	3	-27	-3	Moderadamente Negativo
Transporte de madeira	Emissão de gases	Efeito Estufa	Físico	2	-1	3	3	3	-18	-2	Pouco Negativo
Transporte de madeira	Riscos de SSO	Acidentes	Antrópico	2	-3	1	1	2	-24	-3	Moderadamente Negativo
Transporte de madeira	Riscos de SSO	Problemas de saúde	Antrópico	1	-1	1	1	2	-4	-1	Muito Pouco Negativo
Transporte de madeira	Riscos de SSO	Afastamento ou óbito	Antrópico	2	-3	1	1	2	-24	-3	Moderadamente Negativo
Transporte de madeira	Aquisição de insumos	Desenvolvimento regional	Antrópico	2	2	2	1	2	20	3	Moderadamente Positivo
Transporte de madeira	Aquisição de insumos	Geração de renda	Antrópico	2	2	2	1	2	20	3	Moderadamente Positivo

Transporte de madeira	Aquisição de insumos	Poluição de solo, água e ar	Físico	1	-2	2	2	3	-14	-2	Pouco Negativo
Transporte de madeira	Aquisição de insumos	Geração de resíduos	Antrópico	1	-2	2	2	3	-14	-2	Pouco Negativo
Transporte de madeira	Contratação de mão de obra	Geração de empregos	Antrópico	2	2	2	2	2	24	3	Moderadamente Positivo
Transporte de madeira	Contratação de mão de obra	Desenvolvimento regional	Antrópico	2	3	2	2	2	36	4	Significativamente Positivo
Transporte de madeira	Molhamento de estradas	Esgotamento de recursos hídricos	Físico	2	-2	2	2	3	-28	-3	Moderadamente Negativo



Segundo a ponderação aplicada para as matrizes em cada fase da colheita florestal, foi possível distinguir e identificar impactos e danos positivos e negativos de acordo com as alterações que cada etapa causa no meio físico, biótico ou antrópico.

A tabela abaixo representa a comparação quanto a classificação de impactos por atividade:

Tabela 8: Tabela de comparação entre as classificações dos impactos ambientais

Classificação do impacto	Porcentagem de impactos classificados				
	Abert. e man. de estradas	Corte e extração	Estoque e secagem	Carregamento	Transporte
Extremamente Positivo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Significativamente Positivo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,88%
Moderadamente Positivo	19,23%	5,00%	0,00%	0,00%	17,65%
Pouco Positivo	3,85%	20,00%	0,00%	6,25%	5,88%
Muito Pouco Positivo	3,85%	0,00%	0,00%	18,75%	0,00%
Inalterado	3,85%	10,00%	40,00%	0,00%	0,00%
Muito Pouco Negativo	23,08%	40,00%	60,00%	18,75%	5,88%
Pouco Negativo	26,92%	20,00%	0,00%	50,00%	29,41%
Moderadamente Negativo	23,08%	5,00%	0,00%	6,25%	35,29%
Significativamente Negativo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Extremamente Negativo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Os gráficos a seguir representam a classificação dos impactos por atividade, conforme a Tabela 8:



Figura 21: Gráficos de classificação de impactos para abertura e manutenção de estradas e corte/extração

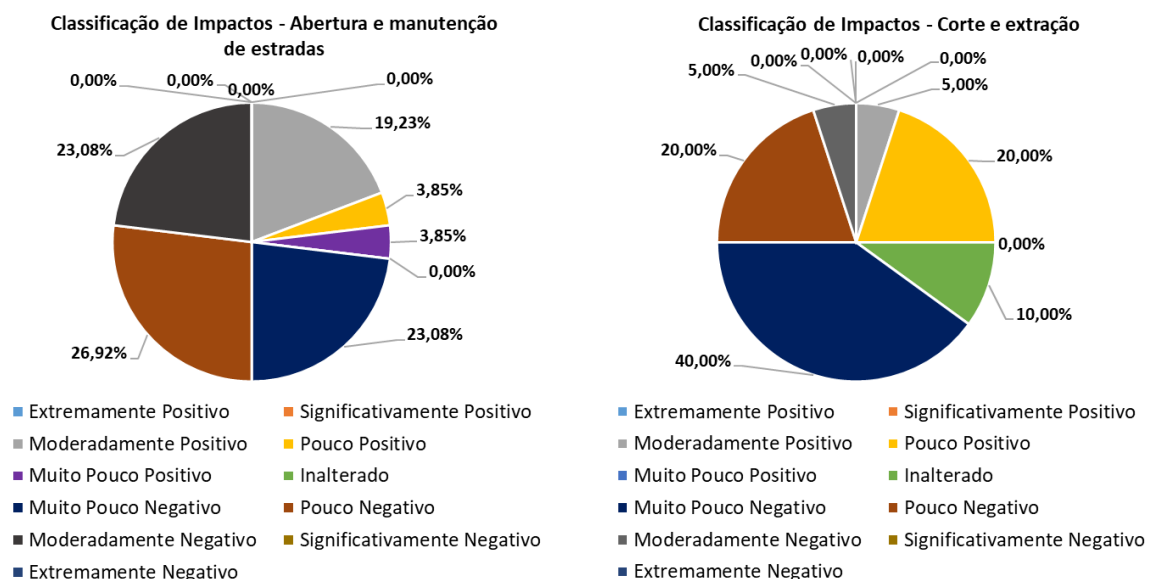


Figura 22: Gráficos de classificação de impactos para estoque/secagem de madeira e carregamento florestal

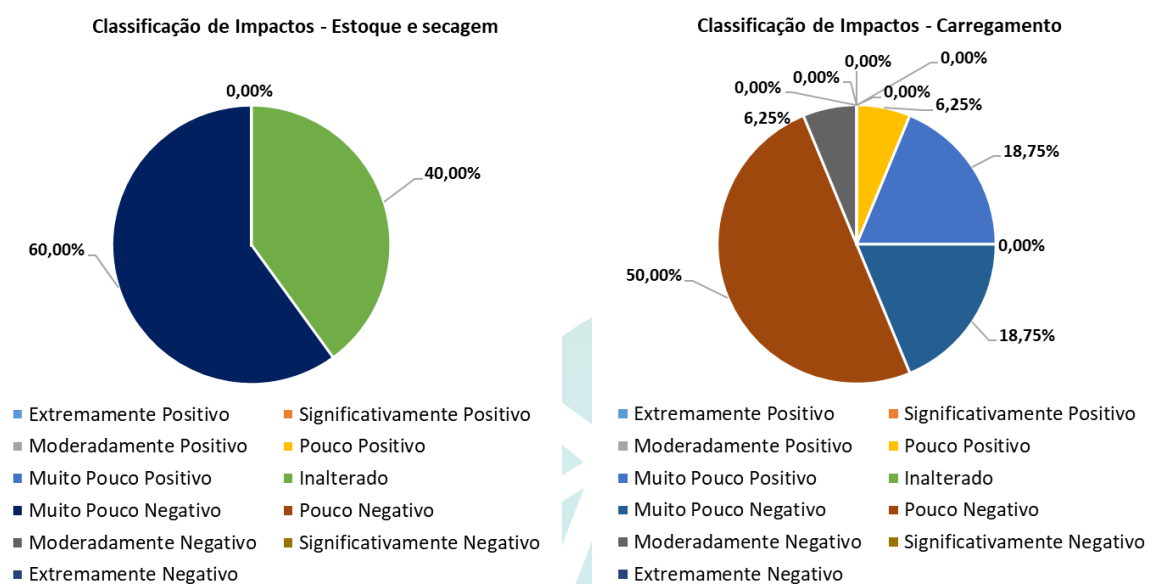
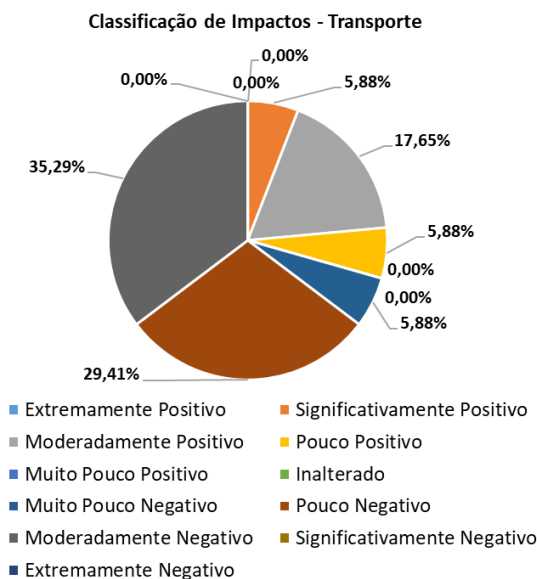


Figura 23: Gráfico de classificação de impactos para transporte florestal



Em todas as fases foi possível observar que a porcentagem de impactos negativos é maior do que os positivos. As atividades de carregamento e transporte apresentaram os maiores índices de impacto tanto negativos quanto positivos. O ES de impactos negativos para o carregamento florestal foi 5% maior do que para o transporte florestal, porém, o ES de impactos moderadamente negativos (de maior escala e magnitude de mudança negativa) foi maior para o transporte florestal. Embora as atividades de carregamento e transporte florestal ocorram concomitante e sejam complementares, o transporte florestal apresenta maior potencial de modificações nos meios físico, biótico e antrópico.

Ambas fases da colheita apresentaram porcentagens similares (pouco variáveis) quanto ao ES de impactos positivos, exceto para estoque e secagem da madeira em campo. Isso se deve ao fato de que as demais atividades envolvem a contratação de mão de obra e aquisição de insumos.

Abbas e Hendler (2017) realizaram um estudo aplicando a avaliação do ciclo de vida com o objetivo de avaliar os impactos associados à extração e transporte de madeira no estado do Tennessee. Ademais, tais impactos foram comparados a outros estudos de colheita florestal para ver como os sistemas predominantes no estado do Tennessee se comparam a outras regiões dos EUA. Foram identificados impactos negativos como mudanças na aptidão do solos para diferentes culturas, quantidade e qualidade da água e poluição do ar, e impactos positivos como o

benefício potencial de energia obtido com a madeira que está sendo entregue (20.107 MJ / tonelada seca) supera em muito os requisitos de energia fóssil associados à cadeia de operações para colheita da madeira (1052 MJ / tonelada seca).

Segundo Toivo et al. (2017), em pesquisa sobre os impactos do carregamento de madeira nas propriedades físicas de solos florestais no sul da Finlândia, as atividades de colheita florestal podem causar danos e perturbações no solo resultantes da compactação, formação de sulcos e mistura do solo. Isso afeta a estrutura e funções do solo e a produtividade da floresta. Ainda de acordo com o autor, a compactação do solo resulta, por exemplo, no aumento da densidade aparente e na diminuição da porosidade, afetando a umidade do solo, a infiltração de água e a aeração, ademais, análises acerca dos efeitos da colheita florestal em florestais boreais serão tendência no futuro devido ao aumento das atividades de colheita em solos descongelados (aquecimento climático).

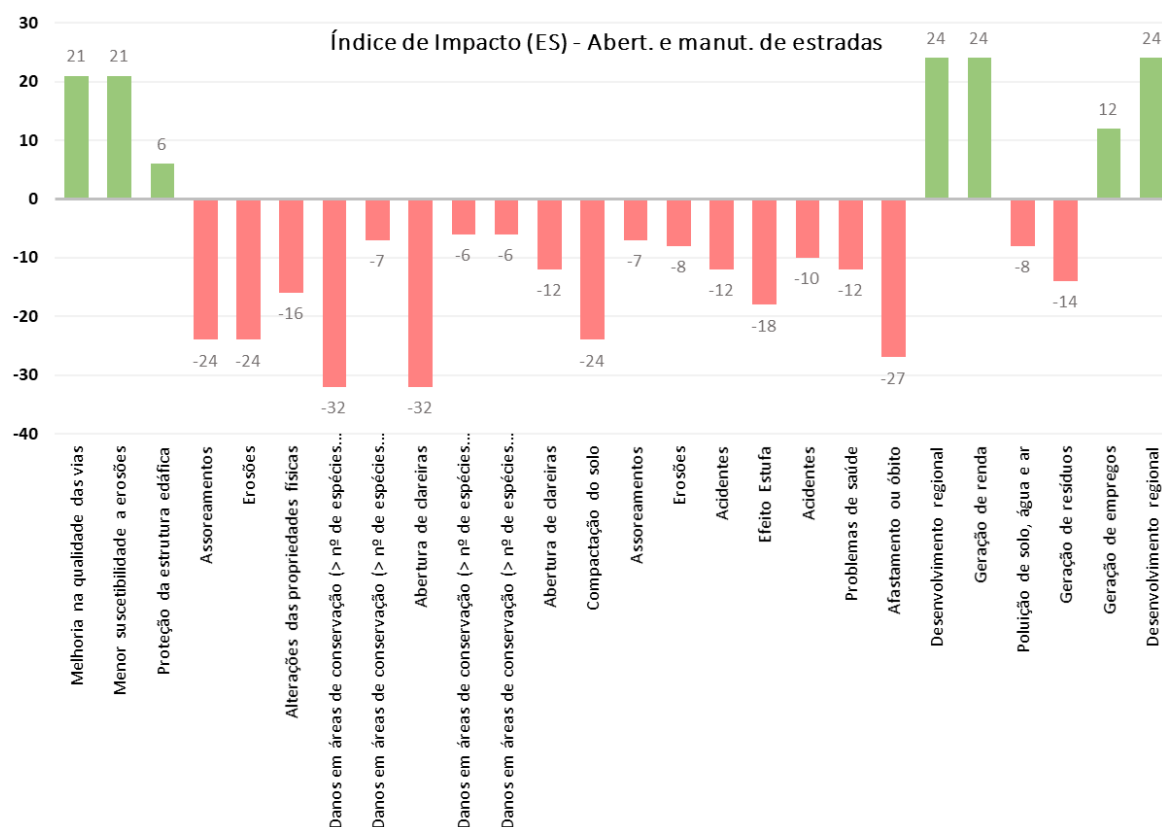
Labelle e Lemmer (2019) avaliaram os impactos ambientais em operações de colheita florestal com diferentes graus de mecanização e, verificou-se que o sistema totalmente mecanizado (*cut to length*) teve o melhor desempenho para os tratamentos finais de corte e impactos ambientais. O método de colheita *cut to length*, quando realizado em um sistema totalmente mecanizado, geralmente produz produtos de madeira de melhor qualidade e consistência do que o método *full tree* de uma maneira mais consciente, versátil e segura do ponto de vista ambiental (NURMINEN et al. 2006).

Freitas et al. (2007) avaliou parâmetros quantitativos no que concerne as atividades de colheita florestal em plantios de eucalipto e seus respectivos efeitos adversos positivos e negativos (colheita semimecanizada – motosserra + guincho e motosserra + forwarder), utilizando-se o método da matriz de interação e identificou os seguintes impactos de maior relevância: geração de empregos, depreciação da qualidade do ar, poluição dos corpos d'água causa pelo assoreamento e modificação dos parâmetros de qualidade da água, desregularização da vazão dos cursos d'água, efeitos benéficos quanto a análise química do solo, diminuição de habitat para a fauna terrestre, perturbação quanto aos componentes bióticos do meio aquático, possibilidade de ocorrência de acidentes de trabalho e impacto visual.

Outro trabalho recente foi desenvolvido por Laschi et al. (2016) em um ambiente representativo para a área mediterrânea, localizada no centro da Itália. O objetivo da pesquisa foi comparar, por meio da avaliação de ciclo de vida, os principais sistemas comuns para a produção de lenha em duas condições diferentes de terreno ('plana / baixa inclinação' e terrenos íngremes / muito íngremes), verificando que a colheita florestal foi a mais importante em termos de impactos ambientais na produção da lenha e uso de máquinas pesadas. Ainda segundo os autores, os principais impactos analisados foram as alterações climáticas; esgotamento de ozônio; acidificação dos terrenos; eutrofização da água doce; eutrofização marinha; formação de oxidantes fotoquímicos; e esgotamento fóssil.

Os gráficos abaixo ilustram a classificação de cada impacto dentro de cada atividade da colheita florestal:

Figura 24: ES para matriz de avaliação de abertura e manutenção de estradas



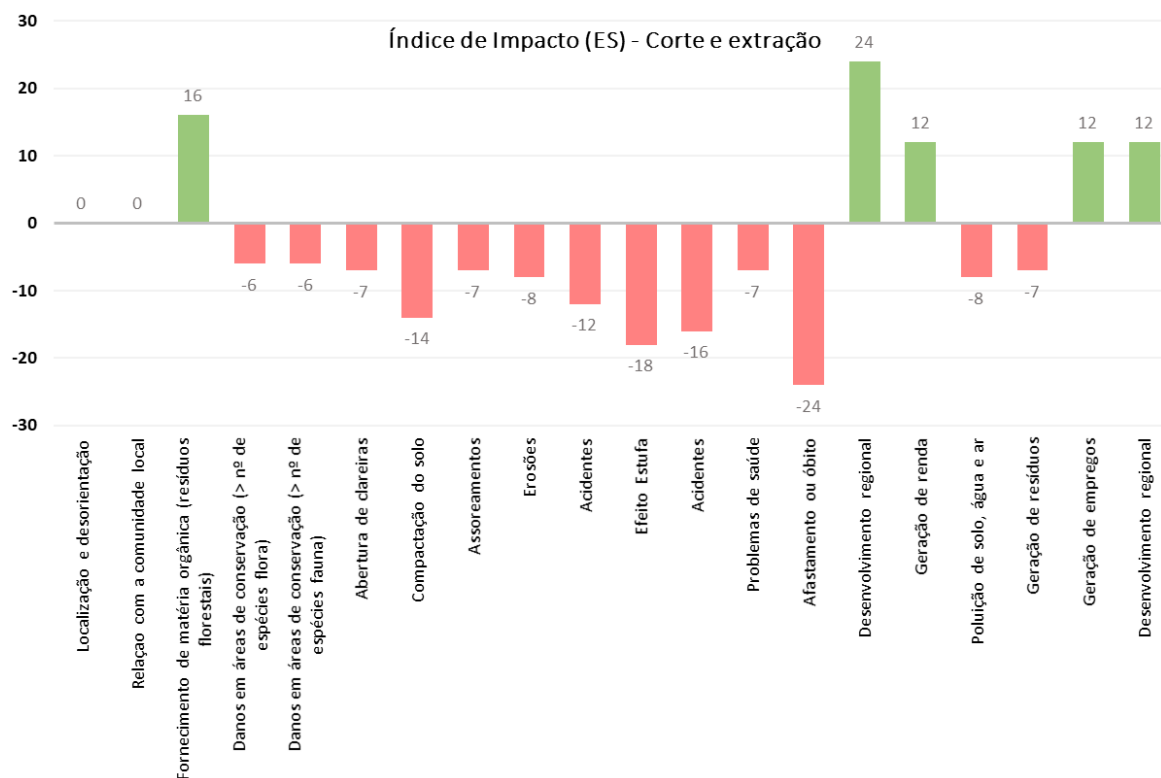
Nota: Os impactos assoreamento (-24), erosões (-24), danos em áreas de conservação – flora (-32), abertura de clareiras (-32) e danos em áreas de conservação – fauna (-7) são relacionados ao aspecto de extração de solo para construção de estradas. Já os impactos assoreamento (-7), erosões (-8), danos em áreas de conservação – flora (-6), abertura de clareiras (-12) e danos em áreas de conservação – fauna (-6) são relacionados ao aspecto de extração de movimentação de máquinas.

A atividade de abertura e manutenção de estradas apresenta destaque quanto a impactos positivos no meio antrópico devido ao fato de que são empregados tratores, maior número de mão de obra e caminhões, bem como impactos negativos no meio físico e biótico devido a abertura de jazidas para extração de solo que, por vezes, são próximas a locais de áreas de conservação (as jazidas de extração de solo requerem autorização de órgãos ambientais municipais). Os impactos positivos de maior ES foram: melhoria na qualidade de vias (ES=21, meio físico), menor suscetibilidade a erosões (ES=21, meio físico), desenvolvimento regional (ES=24, meio antrópico), geração de renda (ES=24, meio antrópico) e desenvolvimento regional (ES=24, meio antrópico). Os impactos negativos de maior ES foram: danos em áreas de conservação relacionados a flora (ES= -32, meio biótico), abertura de clareiras (ES= -32, meio biótico) e afastamentos ou óbito (ES = -27, meio antrópico).

Schweier et al. (2019) realizaram uma revisão quanto a avaliação de impactos na sustentabilidade de operações florestais, analisando 109 estudos e seus temas focais. A maioria dos estudos foram focados em aspectos ambientais, os indicadores de sustentabilidade mais utilizados foram o gás de efeito estufa, o estoque de carbono, e o potencial de aquecimento global; seguidos pelo uso de energia e demanda acumulada de energia. Além desses assuntos, em menor número, foram abordados assuntos como acidentes, segurança e saúde e toxicidade humana potencial, que pertencem ao pilar social da sustentabilidade.

O trabalho florestal, principalmente no corte e operações de extração, está associado a um alto risco de mortes acidentes, portanto, avaliações de segurança, saúde e risco parecem ser os mais populares entre os aspectos sociais das operações florestais. No entanto, poucos são os trabalhos que abordam tal tema talvez por ausência de dados, o que pode ser um indicador de crescente relevância quanto aos aspectos sociais (SCHWEIER et al., 2019)

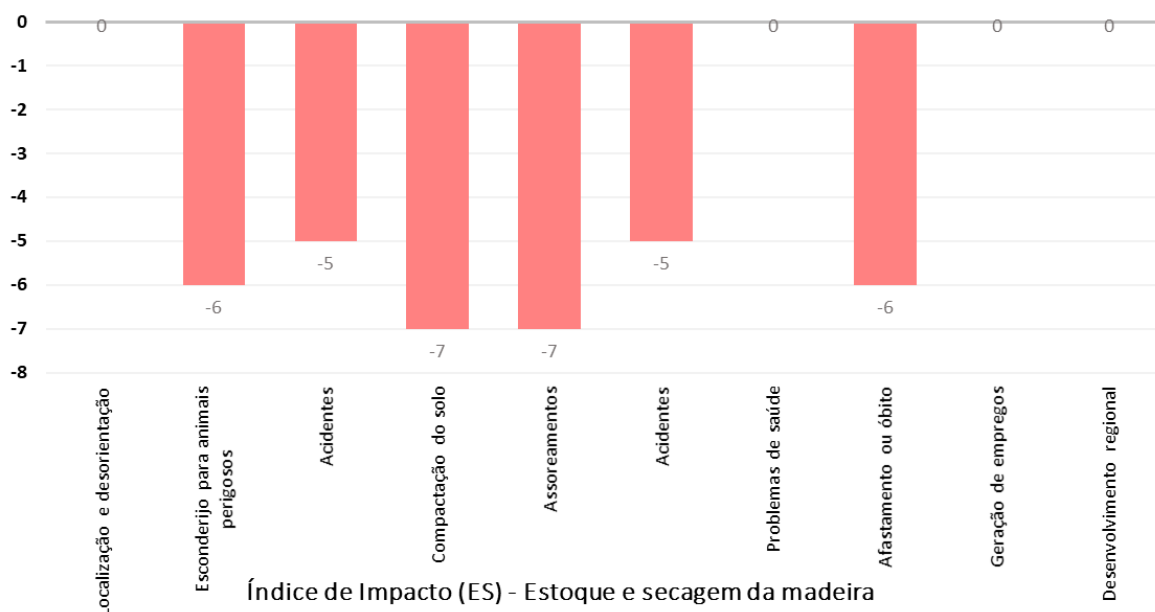
Figura 25: ES para matriz de avaliação de corte e extração de madeira



Nota: O impacto acidentes (-12), é relacionado ao aspecto de movimentação de máquinas, o impacto acidentes (-16) é relacionado ao aspecto de riscos de SSO (saúde e segurança operacional). Já os impactos desenvolvimento regional (24) e geração de renda (12) são relacionados a aquisição de insumos e o impacto desenvolvimento regional (12) é relacionado a contratação de mão de obra.

A atividade de corte e extração de madeira apresenta destaque quanto a impactos positivos no meio antrópico devido ao fato de que são empregados máquinas (*harvester*) que necessitam de operadores e equipes de segurança e gerencia, bem como impactos negativos no meio físico devido ao tráfego de máquinas pesadas e consumo de combustível fóssil e meio antrópico devido ao risco de acidentes frente ao trabalho com máquinas de grande porte. Os impactos negativos de maior ES foram: afastamento ou óbito (ES= -24, meio antrópico) e efeito estufa (ES= -18, meio físico), e desenvolvimento regional (ES=24, meio antrópico) quanto a impactos positivos.

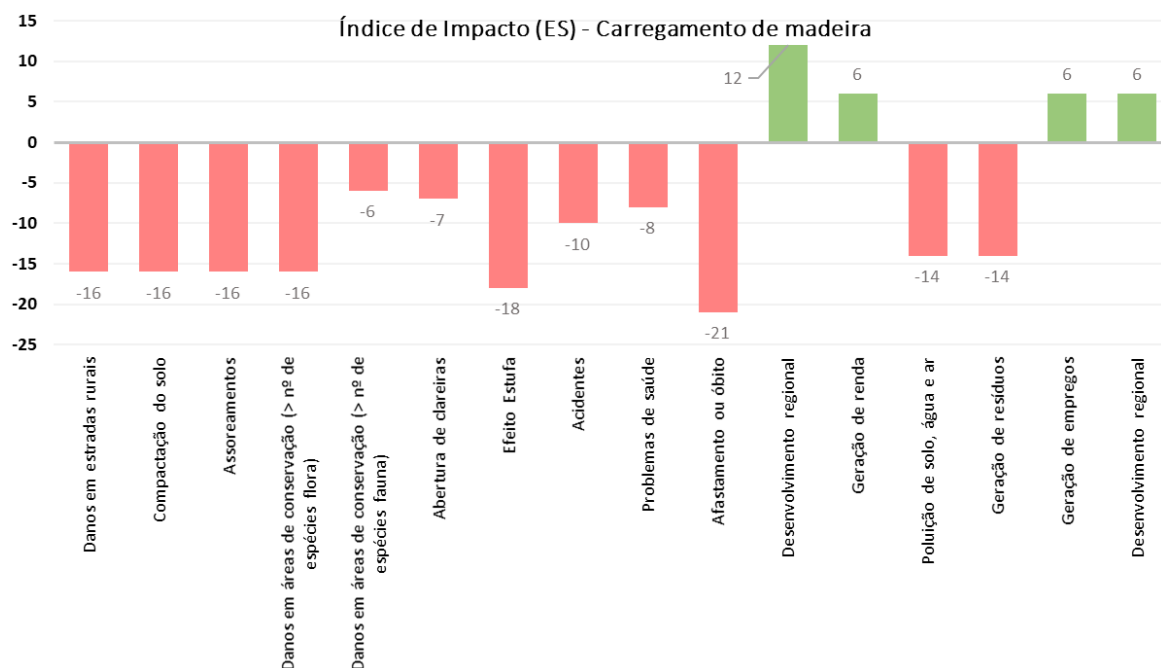
Figura 26: ES para matriz de avaliação de estoque e secagem da madeira



Nota: Um dos impactos acidentes (-5), é relacionado ao aspecto de formação das pilhas de madeira, e o outro é relacionado a riscos de SSO. Já os impactos desenvolvimento regional (24) e geração de renda (12) são relacionados a aquisição de insumos e o impacto desenvolvimento regional (12) é relacionado a contratação de mão de obra.

A atividade de estoque e secagem da madeira apresenta baixo nível de modificação dos meios, o destaque surge para impactos negativos quanto a compactação de solo devido a deposição das pilhas de madeira, muitas vezes próximas de áreas de conservação, bem como assoreamentos devido ao rolamento de toras para corpos hídricos ou interior de áreas de reserva. Os impactos negativos de maior ES foram: compactação do solo (ES= -7, meio físico), assoreamentos (ES= -7, meio físico), e afastamentos ou óbito (ES= -6, meio antrópico).

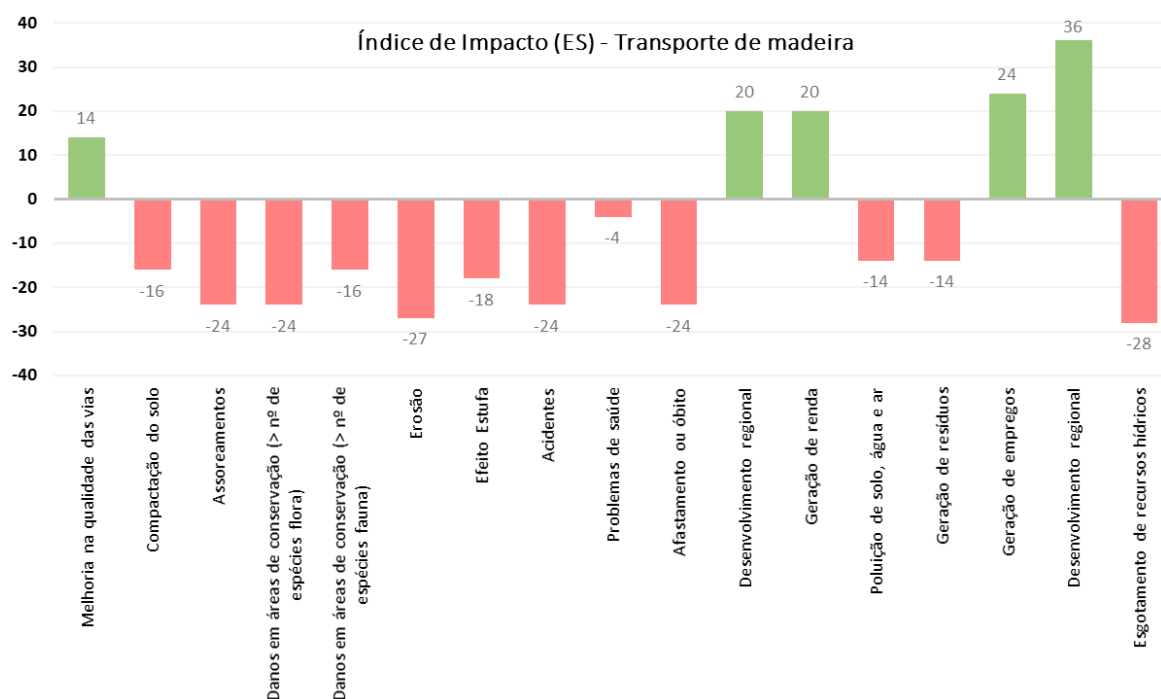
Figura 27: ES para matriz de avaliação de carregamento de madeira



Nota: O impacto desenvolvimento regional (12) é relacionado a aquisição de insumos e o impacto desenvolvimento regional (6) é relacionado a contratação de mão de obra.

A atividade de carregamento de madeira apresenta destaque quanto ao nível de modificação do meio devido ao tráfego de máquinas pesadas e também destaque para impactos positivos no meio antrópico. Os impactos negativos de maior ES foram: afastamento ou óbito (ES= -21, meio antrópico) e efeito estufa (ES= -18, meio físico). Já o impacto positivo de maior ES foi o desenvolvimento regional.

Figura 28: ES para matriz de avaliação de transporte de madeira



Nota: O impacto desenvolvimento regional (20) é relacionado a aquisição de insumos e o impacto desenvolvimento regional (36) é relacionado a contratação de mão de obra.

A atividade de transporte de madeira apresenta destaque quanto a impactos positivos no meio antrópico devido a contratação de motoristas de caminhões e equipes de segurança, posto que o transporte, assim como corte e extração, ocorre em período contínuo durante toda a semana. Já o destaque para os impactos negativos se dá pelo alto teor de aspectos que podem gerar modificações nos meios físico e biótico. Os impactos negativos de maior ES foram: esgotamento de recursos hídricos (ES= -28, meio físico) e erosões (ES= -18, meio físico). Os impactos positivos de maior ES foram: desenvolvimento regional (ES= 36, meio antrópico) e geração de empregos (ES= 24, meio antrópico). Ademais, dentro das atividades que compõe a colheita florestal, o transporte é a que mais despense tempo e planejamento, principalmente devido aos custos logísticos no Brasil (o transporte é rodoviário)

De maneira geral, comparando-se todas etapas da colheita e seus impactos maléficos e benéficos, é perceptível que os ES e número de impactos negativos são a maioria. Porém, a maior parte dos impactos tanto físicos, bióticos e antrópicos possuem relações com as boas práticas gerenciais e operacionais desempenhadas

pelos colaboradores que atuam na fazenda, ou seja, uma gestão dos aspectos e impactos pode prevenir problemas ambientais, sociais e econômicos.

Por outro lado, o ciclo da silvicultura é finalizado de maneira a ser viável economicamente se os custos da colheita florestal forem dimensionados de maneira adequada, o que deve levar em consideração também os aspectos e impactos ambientais inerentes a situação de colheita vivenciada.

A silvicultura, o que compreende principalmente a importante fase da colheita florestal, tornou-se com o passar dos anos uma importância atividade para o Brasil. Segundo dados do IBÁ (2019), o Brasil está entre os principais produtores mundiais de celulose, papel e painéis de madeira e contribuiu em 2018 com saldo na balança comercial de 9 bilhões, uma receita bruta referente a 7,84 bilhões de hectares plantados, 11,5 bilhões de arrecadação de tributos e 3,7 milhões de empregos gerados. Além disso, os benefícios ambientais englobam 5,6 milhões de ha conservados, 1,7 bilhão de toneladas de CO₂ eq. estocados (árvores plantadas) e 2,5 milhões de toneladas de CO₂ eq. estocados (áreas conservadas); além de 1,2 milhão de pessoas beneficiadas em programas sociais, 464 mil ha de plantios em parceria com pequenos e médios produtores e 5,8 milhões de ha certificados.

Moreira et al. (2017) reforça a importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro como a atratividade para produtores rurais, o destaque do segmento devido ao elevado impacto social e econômico, alto potencial de expansão com relação a geração de renda e emprego, a área de plantio pouco explorada em relação ao seu potencial produtivo e viabilidade de terras para cultivos florestais e a destinação dos plantios comerciais para uso múltiplo tornando a produtividade versátil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho traz contribuições para o desenvolvimento de metodologias aplicáveis ao dia a dia operacional na silvicultura e auxilia no aprimoramento dos modelos de gestão de impactos ambientais para empresas do setor florestal.

Nesse contexto, a integração de métodos para avaliação de impactos ambientais ainda carece de maior sistematização e estudos a fim de acompanhar as evoluções como no caso da silvicultura de precisão e a larga escala de produtividade. Como proposta para trabalhos futuros existe uma necessidade de

avaliar os impactos e danos ambientais do ponto de vista econômico no médio e longo prazo e também valorar a interação com os serviços ecossistêmicos.

Conclui-se que, de acordo com a metodologia aplicada e resultados obtidos, foi possível desenvolver, por meio da adaptação conjugação de metodologias, um instrumento de planejamento integrado para a gestão ambiental da colheita florestal.

As redes de interações com maior destaque para impactos a nível terciário foram para atividades de abertura e manutenção de estradas e transporte florestal. Os resultados da matriz RIAM - rapid impact assessment matrix para atividade de transporte de madeira apresentaram maiores índices ambientais (ES) tanto positivos quanto negativos. Os impactos negativos de maior significância referem-se ao esgotamento de recursos hídricos e erosões, já os positivos foram o desenvolvimento regional e a geração de empregos. As modificações de maior significância tanto positivas como negativas foram observadas em maior número para o meio físico e antrópico, sendo em menor número (ainda que significativa) para o meio biótico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, D., HANDLER, R. M. **Life-cycle assessment of forest harvesting and transportation operations in Tennessee**. Journal of Cleaner Production, ed. 176 p. 512 – 520, 2017.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ISO 14.001. **Sistema de gestão ambiental – Especificações e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 14p, 1996.

ANDRADE, S.C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois sistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.

CANTER, L. W. **Environmental impact assessment**. New York: McGraw-Hill Book. 331 p. (Series in Water Resources and Environment Engineering), 1977.

CARVALHO, D.L.; LIMA, A.V. **Metodologias para Avaliação de Impactos Ambientais de Aproveitamentos Hidrelétricos**. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre. 2010.

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M; CAMARGO, M. P.; KLAJN, F.F; FEIDE, A. **Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no**

Brasil. Revista Monografias Ambientais – REMOA. v.13, n.5, p.3821-3830, Santa Maria-RS, dez. 2014.

DIAS, M. S.; LEITE, F. P.; WINTER, M. E.; PIRES, J. V. G. **Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural de um Latassolo Vermelho-Amarelo cultivado com eucalipto na região de Peçanha-MG.** Revista Árvore; p. 343-349, 2003.

DUARTE, C. G.; DIBO, A. P. A.; SÁNCHEZ, L. E. **O que diz a pesquisa acadêmica sobre avaliação de impacto e licenciamento ambiental no Brasil? Ambiente e Sociedade.** São Paulo, v. XX, n. 1. p. 245-278. 2017.

EMBRAPA. **Agência Embrapa de Informação e Tecnologia.** Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r58asu5l.html. Acessado em 21 de julho de 2018.

ETTO T.L.; LONGO R. M.; ARRUDA, D. R.; INVENIONI, R. **Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras - Campinas-SP.** Revista Árvore; 37(6): 1063-1071, 2013.

FENNER, P. T. **Compactação do solo.** In: MACHADO, C.C. (Ed.) Colheita Florestal. Viçosa, MG: UFV, p. 375-396, 2002.

FIESP, 2007. In: Parizotto, R. **Identificação e classificação dos aspectos e impactos ambientais em uma Empresa Metal Mecânica.** Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2011.

FINUCCI, M. **Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para a liberação comercial do plantio de transgênicos.** Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo - SP. 2010.

FONSECA, A.; Sánchez, L. E.; Ribeiro, J. C. J. **Reforming EIA systems: A critical review of proposals in Brazil.** Environmental Impact Assessment Review. nº 62, p. 90–97. 2017.

Forests and Rangelands - FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG - Harvester. Disponível em: <http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/harvester.shtml>. Acessado em: 24/09/2019.

FREITAS, L. M.S. **Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em plantios equiâneos de eucalipto.** Universidade Federal de Viçosa, 113p., agosto de 2014.

FREITAS, L. C.; MACHADO, C.C.; SILVA, E.; JACOVINE, L. A. G. **Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em dois módulos.** Revista Ceres, p. 292-303., Viçosa-UFV, 2007.

IBGE. **Mapa de solos do Brasil.** Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 2001.

IBS. **Instituto Brasileiro de Florestas**. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/>. Acesso em: 01/05/2018.

JOHN DEERE. **Produtos John Deere**. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt/>. Acessado em 10/07/2019.

KÖPPEN, W.P. (1936). **Classificação climática de Köppen**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org> . Acesso em: abril. 2018.

LABELLE, E. R.; LEMMER, K. J. **Selected Environmental Impacts of Forest Harvesting Operations with Varying Degree of Mechanization**. Croatian Journal of Forest Engineering. Vol.: 40 (2), 2019.

LASCHI, A.; MARCHI, A.; González-García, S. **Forest operations in coppice: Environmental assessment of two different logging methods**. Science of the Total Environment 562 (2016) 493–503, 2016.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, D.; RODRIGUES, C. K.; DRINKO, C.H. **Compactação de um solo submetido ao tráfego do harvester e do forwarder na colheita de madeira**. Floresta e Ambiente, Irati, 22(2):223-230, 2015.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. **A procedure for evaluating environmental impact**. Washington, U. S. Geological Survey, 13p, 1971.

MACHADO, C.C.; LOPES, E.S. **Planejamento**. In: MACHADO, C.C. (Ed.) Colheita Florestal. Viçosa, MG: UFV, p. 169-213, 2002.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N., PEREIRA, R. S. **O setor florestal brasileiro e a colheita florestal**. In: Machado, C. C.; Colheita Florestal. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 2 ed., 2008.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de pinus na região Sul do Brasil**. Curitiba: FUPEF, 108p, 1998.

MEDEIROS, R. D. **Proposta metodológica para Avaliação de Impacto Ambiental aplicada a projetos de usinas eólio-elétricas**. Dissertação de Mestrado – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2010.

MENDES, J. C.T.; SEIXAS, F. **Avaliação dos impactos da colheita florestal nos atributos físicos do solo em uma reserva legal**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 46, n. 118, p. 143-155, jun. 2018.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente. Gestão ambiental em foco**. 7. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011.

MIRANDA, A. **Comparação de máquinas para corte florestal no sistema cut-to-length na região de Sengés-PR**. Trabalho de conclusão de curso de MBA, Universidade Federal do Paraná, 2016.

MONTEIRO, J. A. **"Estresse Ambiental: Considerações Econômicas"**. In: Simpósio Internacional sobre Estresse Ambiental: o milho em perspectiva. Belo Horizonte, 1992.

MORAES, C. D; D'AQUINO, C. A. **Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias**. Anais do 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul. Santa Catarina. P. 838. 2016.

MOREIRA, I.V.D. **Avaliação de impacto ambiental**. Rio de Janeiro: FEEMA, 34p, 1985.

MOREIRA, C.M. **Proposta de metodologia de agregação de atributos e ponderação de valores para avaliação da significância de impactos ambientais**. Holos Environmental, v. 15, n. 1, P-19, 2015.

MOREIRA, J. M. M. Á. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, E. B. **Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro**. Floresta, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 85 - 94, 2017.

NASCIMENTO, C.A.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. **Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller buncher**. Cerne, Lavras, v.17, p. 9-15, 2011.

NOGUEIRA, L. R. S. **Análise integrada dos aspectos e impactos ambientais da atividade operacional em parque eólico no sudoeste da Bahia Brasil**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, 73p. 2019.

NURMINEN, T., KORPUNEN, H., UUSITALO, J: **Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system**. Silva Fennica. Ed 40(2): 335–363, 2006.

OLIVEIRA, F.C.; MOURA, H.J.T. de. **Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará**. Revista Pretexto, v.10, n.4, p.79-98. 2009.

OLIVEIRA, F. M. **Revisão sobre a colheita de eucalipto em sistema de toras curtas (cut-to-length) no Brasil**. Revista da União Latino-americana de Tecnologia, Jaguariáiva, n.1 p. 42-54, 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração sobre meio ambiente e desenvolvimento adotada na Conferência do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992**. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 06 junho. 2019.

PASTAKIA, C. M. R. **The rapid impact assessment matrix (RIAM) — a new tool for environmental impact assessment**. In: Jensen K, editor. Environmental impact assessment using the rapid impact assessment matrix (RIAM). Fredensborg: Olsen & Olsen; p. 8-18, 1998.

PASTAKIA, C. M. R; JENSEN, A. **The rapid impact assessment matrix (RIAM) for EIA**. Environment Impact Asses Rev., p. 18:461–82, 1998.

PINTO, A. C. M.; AGOSTINHO, S.L.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C. C; MINETTE, L. J.; VALE, A. B. **Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime e manejo florestal sustentado na Amazônia ocidental**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.26, n.4, p.459-466, 2002.

POGGIANI, F. **Monitoramento ambiental de plantações florestais e áreas naturais adjacentes**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.10, n.29, p.22 – 35, nov. 1996.

PONSSE. **Ponsse produtos**. Disponível em: <https://www.ponsse.com/pt/produtos/>. Acessado em 20/04/2019.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html> Acesso em: 12/04/2018.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 66 p. (Documentos, 14), 1998.

ROSA, A. H.; FRACETO, L.F.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Meio ambiente e sustentabilidade** – Porto Alegre: Bookman, Cap. 10, p. 219, 2012.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.8, p.3-74, 1994.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental - Conceitos e Métodos** - 2ª Ed. 2013.

SANTOS, I. D. C. **A avaliação de impacto ambiental e a responsabilidade do Brasil diante da degradação ao meio ambiente**. Interfaces Científicas – Direito - Aracaju V.1. n.2 p. 67-74. 2013.

SCHWEIER, J.; MAGAGNOTTI, N.; LABELLE, E. R.; ATHANASSIADIS, D. **Sustainability Impact Assessment of Forest Operations: a Review**. Current Forestry Reports (2019) 5:101–113, 2019.

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E.D.; SOUZA, C.R. **Efeito da camada de resíduos florestais na compactação do solo causada pelo transporte primário da madeira**. Scientia Forestalis, v.54, p.9-16, 1998.

SILVA, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil**. Viçosa: UFV, 1994. 309p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.

SILVA, E. **Impactos ambientais**. Machado CC (Ed.) Colheita florestal. Viçosa, UFV. p.397-422, 2002.

SOARES, G. F. S. **Direito internacional do meio ambiente**. São Paulo: Atlas, 2003.

SORENSEN, J. C. **A framework for identification and control of resource degradation and conflict in the multiple use of the coastal zone.** University of California, Berkeley. 1971.

SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C. **Exploração florestal.** Viçosa: SIF/UFV, 1985. 24p. (Boletim Técnico, 1).

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata.**2001.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** GEOUSP - Espaço e Tempo. São Paulo. N° 15, pp 39-49, 2004.

STAMM, H. R. **Método para Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica.** Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2003.

TOIVIO, J.; HELMISAARIA, H. S.; PALVIAINENA, M.; LINDEMANB, H.; ALA-ILOMÄKIC, J.; SIRÉNC, M.; UUSITALOB, J. **Impacts of timber forwarding on physical properties of forest soils in southern Finland.** Forest Ecology and Management (405) p.22–30, 2017.