



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Presidente Prudente

Matias Emir Luemba

# **Análise Exploratória e Visualização de Dados Florestais Brasileiros a partir do Sistema DOF do IBAMA**

Presidente Prudente

Setembro 2021

Matias Emir Luemba

# **Análise Exploratória e Visualização de Dados Florestais Brasileiros a partir do Sistema DOF do IBAMA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação -PPGCC da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus de Presidente Prudente.

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Ciência e Tecnologias

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Wallace Correa de Oliveira Casaca

Presidente Prudente

Setembro 2021

*O presente trabalho é dedicado à minha família, pelo apoio incondicional dado em todos momentos.*

L948a

Luemba, Matias Emir

Análise Exploratória e Visualização de Dados Florestais  
Brasileiros a partir do Sistema DOF do IBAMA / Matias Emir  
Luemba. -- Presidente Prudente, 2021

79 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista  
(Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente  
Prudente

Orientador: Wallace Correa de Oliveira Casaca

1. Análise exploratória. 2. Visualização da informação. 3.  
Dados florestais. 4. Sistema DOF. 5. IBAMA. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da  
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo  
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MATIAS EMIR LUEMBA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA.**

Aos 03 dias do mês de setembro do ano de 2021, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de MATIAS EMIR LUEMBA, intitulada **Análise Exploratória e Visualização de Dados de Origem Florestal a partir do Sistema DOF do IBAMA**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. WALLACE CORREA DE OLIVEIRA CASACA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Coordenadoria de Curso de Engenharia de Energia / Câmpus Experimental de Rosana, Prof. Dr. ROGERIO GALANTE NEGRI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia Ambiental / Instituto de Ciência e Tecnologia do Câmpus de São José dos Campos/UNESP, Profa. Dra MARLUCE DA CRUZ SCARABELLO (Participação Virtual) do(a) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. WALLACE CORREA DE OLIVEIRA CASACA



Presidente Prudente, SP, 3 de setembro de 2021

Matias Emir Luemba

## Análise Exploratória e Visualização de Dados Florestais Brasileiros a partir do Sistema DOF do IBAMA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Presidente Prudente.

### Comissão Examinadora

Prof. Dr. Wallace Correa de Oliveira Casaca (Videoconferência)  
UNES – Câmpus de Rosana  
Orientador

Profa. Dra. Marluce da Cruz Scarabello (Videoconferência)  
INPE – Centro de Ciências do Sistema Terrestre

Prof. Dr. Rogério Galante Negri (Videoconferência)  
UNESP – Câmpus de São José dos Campús

Presidente Prudente  
03 de Setembro de 2021

# Agradecimentos

Agradeço a DEUS pelo dom da vida, por estar presente em todos os momentos e por me renovar a cada dia, a cada noite e a cada vez que eu tropecei durante minha jornada.

Um grande agradecimento ao meu estimado orientador, Professor Doutor Wallace Correa de Oliveira Casaca, e à sua esposa, Professora Doutora Marilaine Colnago, pela orientação acadêmica e científica tão exemplar; se não fosse sob sua orientação não teria sido tão gratificante e engrandecedor, muito obrigado!

Agradeço aos meus pais: Tiago Jorge Luemba e Maria da Purificação Sungo, pela presença e pelos ensinamentos de vida que me tornaram homem. Agradeço aos meus irmãos: Alberto Luemba, Afonso de Amaral Luemba, Sebastião Honor Luemba, Joaquim Jorge Luemba, Abel Vidente Luemba e Horácio Ramiro Luemba, pelo encorajamento e por toda força positiva endereçada a mim em todos os momentos. Um agradecimento especial à minha querida esposa, Ana Teresa Pedro, e à nossa filha, Emiriana da Purificação Pedro Luemba, pelas contribuições e pelo bem-estar que sempre me transmitiram. E um agradecimento à família em geral.

Igual modo, agradeço a todo corpo docente do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação e à Direção da Seção de Pós-Graduação pelos conhecimentos científicos administrados durante a formação e as orientações. Agradeço à Professora Doutora Ana Cecília Gazzola Queriquello e Sr. Hugo Gonzaga pela recepção e o acompanhamento em todo processo de intercâmbio. Ao meu colega e amigo Nsiamfumu Kunzayla, agradeço a disponibilidade que sempre teve para trabalhar em todas as atividades acadêmicas. Um agradecimento extensivo a todos os colegas bolseiros do INAGBE do mestrado do ano acadêmico 2019-2021 e aos colegas do curso de Ciência da Computação do ano acadêmico 2019-2021 pela partilha e pelo apoio nesta vida acadêmica. Os meus agradecimentos também vão para meus amigos: Ermenegildo Isidoro Mingas Sica, Domingos Sádica, Vicente Chicala, Valério Pambo, Alberto Mendes Jamba, Landry Muangala, Gilberto Ngimbi e Paulo Muanda, pela força e coragem transmitida no decorrer da formação. Os agradecimentos estendem-se igualmente ao Professor Doutor Carlos Yoba e ao Professor Doutor Kiombo Jean Mirie. Do mesmo modo, agradeço aos colegas de trabalho da ULAN; um agradecimento à Direção do INAGBE pela concessão da bolsa.

*Bem haja a todos!*

*“Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser descoberta.”*

*Carl Sagan*

# Resumo

O uso de dados em formato aberto por parte de diferentes setores da sociedade tem o potencial de aprimorar a governança ambiental, dando subsídios para a criação e manutenção de políticas que visam combater práticas ilegais e que fomentem a produção florestal e agrícola sustentável, além da redução das emissões de gases do efeito estufa e proteção de áreas florestais. Atentando-se à necessidade da análise e visualização de dados florestais brasileiros a partir do sistema Documento de Origem Florestal (DOF), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), objetivou-se nesta pesquisa realizar uma investigação do banco de dados DOF-IBAMA, buscando identificar padrões, caracterizar cadeias de suprimentos e as transações das empresas madeireiras, além de explorar os principais produtos, espécies e volumes transacionados a partir de técnicas de Visualização e de Análise Exploratória de Dados. Para tanto, inicialmente foi realizada uma revisão sistemática da literatura a fim de conduzir o estudo, incluindo técnicas de visualização mais utilizadas na condução de análises de dados dessa categoria. A partir da análise do levantamento bibliográfico, foram apontadas propostas das principais técnicas e ferramentas analíticas, as quais foram aplicadas na geração de modelos gráficos, visualizações e diagramas relacionais, utilizados para explorar os dados do sistema DOF-IBAMA. Finalmente, a pesquisa também resultou no desenvolvimento e construção de uma ferramenta interativa de análise de dados florestais.

**Palavras-chave:** análise exploratória. visualização da informação. dados florestais. sistema DOF. IBAMA. dados abertos.

# Abstract

The use of data in open format by different sectors of society has the potential of improving environmental governance, providing subsidies for the maintenance of policies focused on combating illegal practices and promoting sustainable forestry and agricultural production, in addition to reducing greenhouse gas emissions and protecting forest areas. Considering the need for analysis and visualization of Brazilian forest data from the Forest Origin Document (DOF) system of the Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA), the goal of this research was to carry out an investigation of the DOF-IBAMA database to identify patterns, characterize supply chains and transactions of timber companies, in addition to exploring products, species, and volumes transacted. To do so, a systematic literature review was carried out in order to conduct the study, including visualization techniques most used when conducting forestry data analysis. From the analysis of the bibliographic survey, different techniques and tools were applied to generate graphical models, visualizations and diagrams, used to explore the data from the DOF-IBAMA database. Finally, this research also resulted in the development and construction of an interactive tool for analyzing forest data.

**Keywords:** exploratory data analysis. information visualization. forest data. DOF system. IBAMA. open data.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Taxas consolidadas de desmatamento anual por estado da Amazônia Legal Brasileira na série histórica do PRODES (em km <sup>2</sup> ). . . . .	24
Figura 2 – Mapa de calor da ocorrência de desmatamento . . . . .	25
Figura 3 – Fluxo da produção e controle da cadeia produtiva de produtos madeireiros	29
Figura 4 – Menu principal da ferramenta visual de dados florestais criada para analisar dados do Sistema DOF do IBAMA. . . . .	48
Figura 5 – Submenu de visualização de emissão de DOF. . . . .	49
Figura 6 – Submenu de visualização de volume e valor produtos. . . . .	50
Figura 7 – Submenu de visualização de comercialização e transporte de produtos.	50
Figura 8 – Apresentação da área de visualização da ferramenta. . . . .	51
Figura 9 – Apresentação de gráfico em modo foco. . . . .	51
Figura 10 – Emissão de Documento de Origem Florestal. . . . .	52
Figura 11 – Dados do projeto DETER para o ano de referência. . . . .	53
Figura 12 – Quantidade de empresas remetentes e destinatários de produtos madeireiros nas diferentes regiões do Brasil entre os anos 2016 a 2018. . . . .	54
Figura 13 – Armazenamento - Pátio de produtos madeireiros. . . . .	55
Figura 14 – Volume de produtos por Municípios . . . . .	56
Figura 15 – Volume e valor por remetentes. . . . .	57
Figura 16 – Valor e volume da carga do produto transportado entre os anos 2016 a 2018. . . . .	58
Figura 17 – Valor e volume de comercialização e transporte de produtos por Estados produtoras e consumidoras de Brasil entre os anos de 2016 a 2018. . . . .	59
Figura 18 – Faturamento de produto agrupado por Região. . . . .	60
Figura 19 – Nome científico e popular das espécies da madeira transportadas entre os anos 2016 a 2018. . . . .	61
Figura 20 – Distância de transporte de produtos. . . . .	62
Figura 21 – Relação entre o valor e o volume. . . . .	63

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Estudos identificados. . . . .	33
Tabela 2 – Quantidades de estudos durante as fases da revisão. . . . .	33
Tabela 3 – Técnicas de visualização mais utilizadas. . . . .	34
Tabela 4 – Comparação das ferramentas tecnológicas de visualização de dados . .	44
Tabela 5 – Sumarização de produtos e subprodutos florestais do sistema DOF . .	47
Tabela 6 – Estudos incluídos na revisão. . . . .	76

# Lista de abreviaturas e siglas

2D	Visualizações Bidimensionais
3D	Visualização Tridimensional
AC	Acre
ACM	Association of Computing Machinery
AF	Autorização Florestal
AM	Amazonas
AP	Amapá
APP	Áreas de Preservação Permanente
BIO-RED	Biomass do Brasil - Resiliência, Recuperação e Diversidade
CPU	Unidade Central de Processamento
CSS	Cascading Style Sheets
CSV	Comma-Separated Values
CTF	Cadastro Técnico Federal
DAP	Diâmetro Médio à Altura do Peito
DE	Declaração de Estoque
DEM	Modelo de Elevação Digital
DIMF	Divisão de Manejo Florestal
DM3	Digital Marketing and Measurement Model
DOF	Documento de Origem Florestal
EC	Exploração Convencional
EIR	Exploração de Impacto Reduzido
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FRA	Avaliação dos Recursos Florestais

G7	Grupo de 7 Países mais Industrializados do Mundo
GIS	Geographic Information Systems
HTML	Hypertext Markup Language
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineering
IMAC	Instituto de Meio Ambiente do Acre
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
iOS	Sistema Operacional Móvel da Apple
JSON	JavaScript Object Notation
KPIs	Key Performance Indicators
LAPES	Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDS	Dados Multivariados
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MT	Mato Grosso
NF	Nota Fiscal
ONGs	Organizações Não Governamentais
OpenGL	Open Graphics Library
OTCA	Organização do Tratado de Cooperação Amazônica
PA	Pará
PIB	Produto Interno Bruto
PMFS	Planos de Manejos Florestal Sustentável
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
RO	Rondônia

RR	Roraima
RL	Reserva Legal
S2S	Madeira Aplainada 2 Faces
S4S	Madeira Aplainada 4 Faces
SERFLOR	Sistema Estadual de Reposição Florestal Obrigatória
SINAFLOR	Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais
SQL	Structured Query Language
TO	Tocantins
Unesp	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
WF	Windows Workflow Foundation
WFE	Web Front End
XML	Extensible Markup Language

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
1.1	Identificação do problema	18
1.2	Motivação e Justificativa	19
1.3	Objetivos	19
1.4	Organização do Trabalho	20
<b>2</b>	<b>CONCEITOS PRELIMINARES</b>	<b>21</b>
2.1	Florestas brasileiras	21
2.2	Extração de madeira	21
2.3	Desmatamento florestal	23
2.4	Sistema DOF do IBAMA	25
2.5	Transporte de produtos florestais	29
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E SUAS ETAPAS DE CONSTRUÇÃO</b>	<b>31</b>
3.1	Planejamento	31
3.2	Condução	32
3.3	Dados a serem extraídos	33
3.4	Resultados do levantamento	34
3.5	Técnicas adotadas nos estudos da literatura	34
3.6	Limitações identificadas nos estudos presentes na literatura	34
3.7	Revisão bibliográfica	34
3.8	Considerações finais	37
<b>4</b>	<b>MÉTODOS E ETAPA METODOLÓGICA</b>	<b>38</b>
4.1	Análise exploratória	38
4.2	Visualização de dados	38
4.3	Ensaio Metodológico	45
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>52</b>
5.1	Fluxos de atividade madeireira nos Estados do Acre e Rondônia com dados do sistema DOF do Brasil: 2016 a 2018	52
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>67</b>

<b>APÊNDICES</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE A – CONTRIBUIÇÕES . . . . .</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE B – ESTUDOS INCLUÍDOS NA REVISÃO . . . . .</b>	<b>75</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A análise exploratória e a visualização de grandes volumes de dados podem contribuir significativamente para a compreensão e solução de desafios socioambientais relacionados à diversos temas, incluindo a questão da extração controlada de madeira e a preservação florestal. A organização dos dados pode virar informação, que é analisada e se transforma em conhecimento e inteligência para o planejamento e a tomada de decisão.

A disponibilidade de dados em formato aberto para fins de pesquisas científica e aplicada tem o potencial de aprimorar a governança ambiental, bem como criar políticas públicas que combatam práticas ilegais e que fomentem a produção florestal e agrícola sustentável. Tais ações podem corroborar na redução de emissões de gases do efeito estufa e na adaptação às mudanças climáticas (MORGADO; BEZERRA, 2017).

Neste contexto, as técnicas de Análise Exploratória e Visualização de Dados têm propiciado a criação e aperfeiçoamento de políticas públicas mais efetivas no transporte de madeira e licenciamentos ambientais, além de permitir agir com rigor na fiscalização do manejo de madeira, rastrear parte das atividades de extração, mapear as rotas utilizadas e prevenir ocorrências e possíveis sinais de irregularidades.

A Análise Exploratória de Dados (AED) auxilia analistas e cientistas a fim de melhor compreender as principais características dos dados, principalmente por meio de métodos visuais, podendo fomentar a formulação de hipóteses e a realização de novos experimentos. De fato, a AED é um dos eixos fundamentais da área de Ciência de Dados, que corresponde às etapas de pré-processamento, visualização de dados, e obtenção de *insights* sobre os dados. Assim, a AED é o processo de resumir características importantes dos dados para obter uma melhor compreensão de suas relações (SAMVELYAN; SHAPTALA; KYSELOV, 2020).

Já a Visualização de Dados (VD) é constituída de um conjunto de técnicas e ferramentas gráficas que visam, principalmente, a obtenção de sumários e a simplificação dos dados, além do realce de informações importantes com base na experiência do domínio (ZHANG et al., 2020). Esse conjunto de técnicas computacionais tem sido empregado com sucesso em diferentes contextos e aplicações, como geração de *playlists* de vídeo (GOMEZ-NIETO et al., 2013), simulações computacionais (MOTTA et al., 2018), e visualização de dados jurídicos (GOMEZ-NIETO et al., 2016) e ambientais (GRAINGER; MAO; BUYTAERT, 2016).

Com relação aos processos legais de desflorestamento, é válido pontuar que a legalidade no desmatamento é a *desflorestação* ou *desflorestamento* autorizado pelo órgão ambiental competente, e que possua documento legal (AZEVEDO et al., 2015).

Para a exploração legal da madeira, é necessária uma Autorização de Exploração (AUTEX), a qual pode ser originada a partir de um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), ou de uma autorização de desmatamento para uso alternativo da terra ou, ou ainda, a partir de uma autorização de remoção de vegetação (IBAMA, 2012).

Já a ilegalidade do desmatamento é a desflorestação ilegal, cujo processo ocorre sem autorização para o desmatamento e se caracteriza por ser, em geral, uma ação rápida, predatória e devastadora sobre grandes áreas de floresta nativa (AZEVEDO et al., 2015). Estas, muitas vezes, ocorrem até mesmo em Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), ou seja, em áreas protegidas por lei. Portanto, a extração ilegal de madeira continua sendo um problema completo e de difícil solução no Brasil, sendo a floresta amazônica a principal afetada por essa atividade (IBAMA, 2012).

## 1.1 Identificação do problema

A ilegalidade da exploração madeireira dificulta localizar e quantificar a madeira que está sendo extraída das florestas, principalmente porque muitas vezes a extração não forma grandes clareiras que possam ser visualizadas em imagens de satélite. Esse problema é intensificado quando é considerada a exploração em regiões que não deixam vestígios que possam ser capturados por satélites, como a exploração em áreas alagáveis, na qual a madeira é transportada por via fluvial sem a necessidade de abertura de estradas e pátios de estocagem.

Há, ainda, problemas de falsificação de documentos fiscais, incluindo aquele que é nosso foco de análise, isto é, o Documento de Origem Florestal (DOF), que é uma autorização emitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a fim de regulamentar o manejo de madeira em áreas florestais. Finalmente, como desafio, tem-se também manobras realizadas como desviar-se das estradas principais para sair do foco das fiscalizações (SCABIN et al., 2010).

Diante das dificuldades expostas, este trabalho foca na exploração e análise dos registros do tipo DOF a partir de técnicas de AED e VD, na tentativa de identificar discrepâncias nos dados, bem como quantificar a de madeira transacionada e suas rotas de escoamento. A partir da investigação dos registros do tipo DOF, diferentes linhas de estudo podem ser conduzidas com o aparato computacional desenvolvido. A seguir apresentamos algumas delas:

- Explorar grandes volumes de dados florestais que estão disponíveis em formato aberto, entretanto, suas análises demandam o uso de ferramentas e técnicas específicas de AED e VD, na linha do *Big Data*. Exemplos: criação de sumários, geração de grafos de relacionamento entre produtores e receptores da indústria madeireira, detecção

de anomalias e possíveis fraudes, entre outras tarefas que requerem o uso de técnicas e plataformas computacionais desenhadas para comportar bases de dados florestais em escopo nacional.

- Investigar os indicadores de evolução da indústria madeireira. Por exemplo, relacionar as cadeias de transporte madeireiro e seus produtos transacionados. Nesse âmbito, procuramos explorar as seguintes questões:
  1. Composição das espécies de madeira;
  2. Fluxo de comercialização do transporte madeireiro;
  3. Preços e rendimentos da madeira;
  4. Quantidade de empresas em diferentes regiões;
  5. Mercados a serem alcançados.

## 1.2 Motivação e Justificativa

Dentre os propósitos do registro DOF, um deles é o de compreender a sequência dos fluxos da madeira e das cadeias de produção individuais.

No entanto, é importante ressaltar que, devido aos elevados níveis de exploração ilegal em áreas protegidas, sobretudo, tal como observado nos últimos anos no Brasil, e pela falta de transparência na comunicação dos dados públicos, o que inclui a “contaminação” dos dados devido às fraudes e ilegalidade, esse tema – dados da floresta Amazônica – despertou o interesse de diversas Organizações Não Governamentais (ONGs) de proteção ambiental: daí a inquietação de compreendermos o funcionamento e as particularidades da indústria madeireira.

Além dos desafios apontados na subseção anterior e da grande escassez de dados públicos abertos sobre o tema, o sistema DOF, o qual tem a missão de registrar e auxiliar no controle e regulação de todo o fluxo da atividade madeireira em nível nacional, se mostra como uma alternativa viável e interessante para conduzir tal análise de dados sobre a extração de madeira no Brasil, além de dispensar, em partes, a necessidade de coleta de dados e averiguações em campo.

## 1.3 Objetivos

A seguir, são apresentados os objetivos da pesquisa:

- Realizar a análise exploratória de um subconjunto de dados da base DOF, buscando identificar padrões, caracterizar cadeias de transporte e o comportamento das empresas madeireiras, bem como explorar os principais produtos, espécies e volumes transacionados;
- Detectar anomalias e candidatos à *outliers* (discrepâncias) nos dados, identificando assim possíveis irregularidades e comportamentos não usuais das empresas que operam no setor;
- Facilitar o acompanhamento eficiente das operações realizadas pelas empresas de extração de madeira. Dessa forma, as análises e visualizações conduzidas nesta pesquisa podem servir de base para promover a transparência e auditar as transações registradas no sistema DOF;
- Desenhar e painéis gráficos de navegação a fim de possibilitar a interação com os dados recolhidos do sistema DOF.

## 1.4 Organização do Trabalho

Esta dissertação está organizada em 6 capítulos e 2 apêndices, incluindo a presente introdução. No Capítulo 2, são explorados os conceitos para fundamentar o trabalho. No Capítulo 3, é apresentada a revisão bibliográfica e suas etapas de construção. No Capítulo 4, dá-se uma visão sobre a descrição dos métodos e das etapas metodológicas. No Capítulo 5, contém a discussão de resultados. Finalmente, no Capítulo 6, apresenta conclusão.

## 2 CONCEITOS PRELIMINARES

Neste capítulo, apresentamos os conceitos básicos acerca de nosso contexto de estudo, isto é, definições e aspectos de contextualização sobre transporte e extração de madeira, sob a perspectiva da base de dados do Sistema DOF.

### 2.1 Florestas brasileiras

O Brasil possui a segunda maior área florestal em nível mundial, atrás apenas da Federação Rússia. Esses dois países detêm mais de um quarto de todas as florestas do Globo (FAO, 2015).

Entre os países tropicais, o Brasil é o que abriga a maior extensão contínua de florestas, cujo ícone maior é a Amazônia (IBGE, 2004). Embora a Amazônia Internacional seja composta por 9 países (Brasil, Colômbia, Peru, Venezuela, Equador, Bolívia, Guiana Inglesa, Guiana Francesa e Suriname), representando 7 milhões de quilômetros quadrados, o Brasil integra 79% dessa extensão territorial, ou seja, 5,5 milhões de quilômetros quadrados da maior Floresta Tropical do planeta, com 9 estados compondo a Amazônia Legal (Amazonas, Acre, Roraima, Rondônia, Amapá, Pará, parte do Mato Grosso, do Tocantins e do Maranhão) (BRAGA, 2020). Mais da metade da sua vegetação, 61%, encontra-se em território brasileiro, entre os estados do Amazonas, Acre, Amapá, Rondônia, Pará e Roraima (ADRIANA, 2018).

Embora diversificada e abrangente, a cobertura florestal brasileira tem apresentado reduções recorrentes, cuja perda registrada está entre as maiores do mundo (KEENAN et al., 2015). Em uma tentativa de colaborar com a comunidade internacional, o Brasil tem reportado seus dados florestais à Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) a cada cinco anos, informando a dinâmica temporal das áreas florestais, os estoques volumétricos de madeira, biomassa e carbono, entre outros, no relatório intitulado “Avaliação dos Recursos Florestais”, conhecido como FRA (FAO, 2015).

### 2.2 Extração de madeira

A extração florestal pode ser caracterizada pela retirada da madeira do interior dos talhões para as margens das estradas florestais ou pátios (SIMÕES; FENNER, 2010). Esse processo exige um planejamento da operação, de modo a utilizar equipamentos próprios para a extração e condução da madeira até os pontos de armazenamento e/ou transporte.

Atualmente, no Brasil, a extração mecanizada tem sido conduzida por meio de “skidders” e “forwarders” (LACERDA et al., 2015). Conforme destacado por (LEITE et al., 2012), Skidders são tratores florestais articulados com tração 4×4, 6×6 ou 8×8, com rodados de pneus ou esteiras móveis. O forwarder é um trator transportador, empregado na extração da madeira do interior do talhão para as margens das estradas, onde a carga é então empilhada de modo a facilitar seu transporte (LEITE et al., 2012).

A extração de madeira é uma atividade importante para vários setores da economia. Nesse âmbito, o combate às organizações criminosas, que exploram ilegalmente as florestais na Amazônia, depende diretamente da existência e análise de dados confiáveis e recorrentemente atualizados, coletados a partir de metodologia adequada para fins de identificação da ilegalidade, apuração e julgamento (FERREIRA; WATANABE, 2020). Além disso, a extração ilegal da madeira deixa a floresta suscetível a diferentes práticas ilegais. Estradas são abertas em áreas onde há concentração de grandes quantidades de espécies, de alto valor monetário, visto que a exploração dessas espécies viabiliza financeiramente a construção das vias. Para a abertura dos acessos, os madeireiros utilizam os chamados “carreadores”, que possuem largura suficiente para passar um trator ou caminhão, mas são de difícil detecção via satélite devido à remoção de pouca cobertura florestal (BRITTO et al., 2015).

A exploração de madeira geralmente é seletiva, isto é, extraem-se de 3 a 7 árvores por hectare, abrindo-se pequenas clareiras (PEREIRA et al., 2010). Tal processo de extração (seletiva) consiste na extração de espécies de alto valor comercial, e emprega técnicas convencionais de extração.

De acordo com Sabogal et al. (2006), o manejo florestal é um processo de exploração de madeira conduzida de forma planejada e sustentada, de modo a assegurar a preservação da floresta para outros ciclos de corte. Assim, a exploração de madeira na Amazônia só é permitida por meio de planos de manejos florestais sustentáveis (PMFS’s), autorizados por órgãos governamentais competentes (PEREIRA et al., 2010).

O Manejo Florestal Sustentável é definido pelo decreto 2.788/1998, artigo 1º, §2, como a “administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies de madeiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal”. Conforme (SILVA, 2013), o inventário florestal viabiliza o mapeamento da área de exploração, levando à redução dos prejuízos às florestas e à maior possibilidade de colheitas em horizontes de planejamento futuros.

Exploração de impacto reduzido consiste na implementação de diretrizes pré e pós-exploração, desenhadas para proteger a regeneração, minimizar os danos ao solo, prevenir danos desnecessários às espécies que não serão exploradas, para manter a estrutura florestal

mais semelhante possível às condições pré-extração (SCHWARTZ et al., 2012).

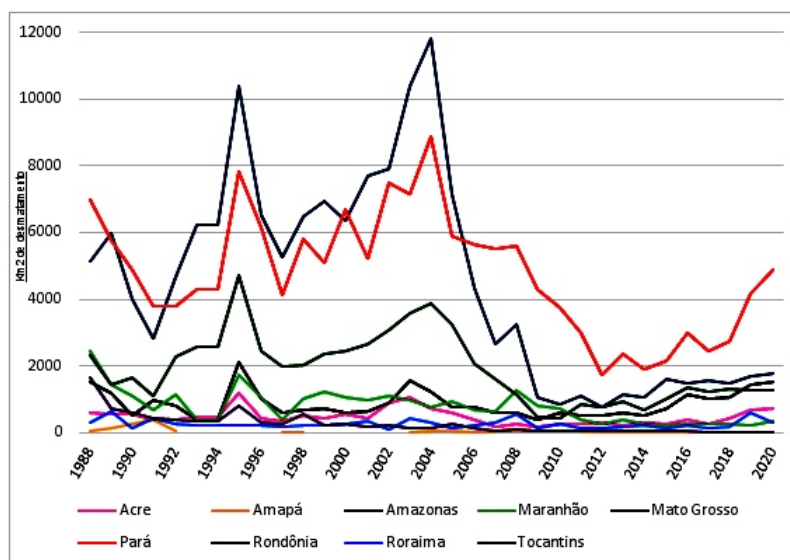
## 2.3 Desmatamento florestal

O desmatamento é definido como sendo a eliminação do corte raso de uma floresta madura ou primária (NEPSTAD et al., 2014). Além disso, a extração de madeira, a atividade agricultura, e a pecuária são os principais motores de mudança no uso da terra, e podem ser conectados através de um processo dinâmico envolvendo o uso da terra desde a floresta madura até a fronteira desmatada (MARTIN, 2008).

Conforme destaca (CAVIGLIA-HARRIS et al., 2016), a floresta amazônica vem sendo ameaçada pelo desmatamento desenfreado. Tal afirmação encontra respaldo na Figura 1, que apresenta as taxas consolidadas de desmatamento anual por estado da Amazônia Legal Brasileira na série histórica do chamado Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), que é o programa oficial do Governo brasileiro que calcula o desmatamento no Brasil. Note que, conforme destacado anteriormente, a Amazônia Legal ou Amazônia Brasileira é uma extensão geográfica que abrange 9 Estados do Brasil (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e parte de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão) que faz parte da bacia Amazônica, foi instituída no Brasil pela lei 1806/1953 (SUDAM, 2020).

Já o Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER) é uma plataforma de apoio à fiscalização e controle do desflorestamento e degradação na Amazônia Legal Brasileira (ALB). Assim o DETER emite alertas diários na modificação da cobertura florestal dado uma extensão maior que 3 hectares. Os alertas remetem a áreas completamente desmatadas (chamado de corte raso), bem como áreas em processo de degradação florestal (exemplo: exploração de madeira, mineração, queimadas). Os dados dos alertas com relação ao desmatamento podem ser acessados via web services, no site IBAMA (INPE, 2019).

Figura 1 – Taxas consolidadas de desmatamento anual por estado da Amazônia Legal Brasileira na série histórica do PRODES (em km<sup>2</sup>).

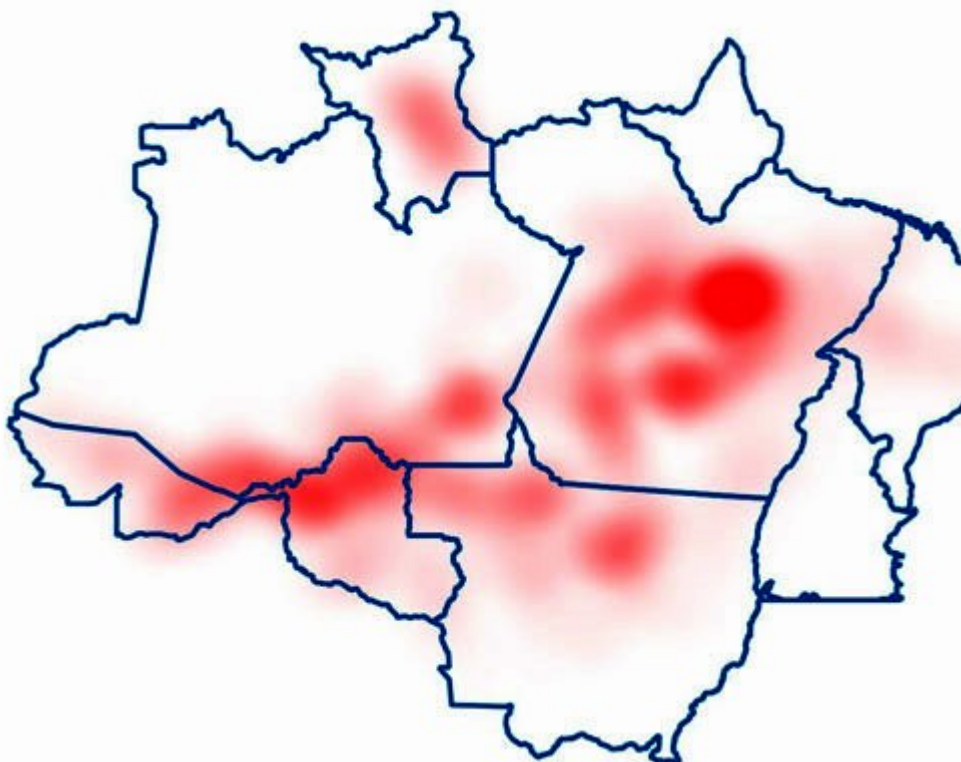


Fonte: <http://www.inpe.br/noticias/arquivos/imagens/7-imagem-21.05.2021.jpg>

Em junho/2021, a floresta Amazônia perdeu uma extensão de 926 km<sup>2</sup> de vegetação, de acordo com os dados de Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON) (IMAZON, 2021). O desflorestamento, no período de agosto/2020 até junho/2021, atingiu 8.381 km<sup>2</sup> de desaparecimento completo e permanente de áreas florestais. Além disso, houve um acréscimo de 51% em relação ao período anterior, de agosto/2019 à junho/2020, o qual resultou em 5.533 km<sup>2</sup> de devastação (IMAZON, 2021).

Pode-se dizer que os incêndios florestais estão relacionados com os desmatamentos florestais, que podem ser causados por queimadas, a partir da prática agropecuária e da extração das árvores, normalmente para fins de comercialização da madeira. A Figura 2 apresenta o mapa de calor da ocorrência de desmatamento nas 99 cenas prioritárias usadas na estimativa do PRODES 2019.

Figura 2 – Mapa de calor da ocorrência de desmatamento



Desde 2010, os países que partilham o território amazônico (Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela) foram acompanhados pela organização do Tratamento de Cooperação Amazônica em capacitação e monitoramento florestais via satélite (INPE, 2017).

Em agosto de 2019, na última cúpula do Grupo dos 7 países mais industrializados do mundo (G7), foi inserida na pauta de discussões as queimadas na Amazônia. O Canadá reagiu sobre a necessidade da conservação da Amazônia em prol do futuro do planeta. Já o estado Francês ressaltou a concessão do *status* internacional à floresta Amazônica. Diante dessa situação, as autoridades brasileiras não tornaram firme parcerias internacionais, o que tem desperdiçado a chance de avançar em medidas mais efetivas de combate às mudanças climáticas, incluindo a implementação de programas de desenvolvimento sustentável na Amazônia, que viabilizem a manutenção da floresta ao mesmo tempo que promove a inclusão social e melhoria na qualidade de vida das pessoas (BRAGA, 2020).

## 2.4 Sistema DOF do IBAMA

O DOF é um certificado digital/licença atribuída às empresas transportadoras e armazenadoras de produtos florestais, cujo registro e controle são realizados pelo IBAMA, desde setembro-2006, via Portaria 253/06. A exploração de todos os produtos e subprodutos de origem florestal no Brasil precisam de DOF (IBAMA, 2016; MORGADO; BEZERRA,

2017)

É considerado o produto florestal bruto, todo produto no seu estado natural, tais como: as plantas, madeira em tora, escoramento, acha e lasca nas fases de extração ou fornecimento, lenha e produtos florestais não madeireiros da floresta brasileira. O produto florestal processado é aquele originado a partir da extração de um produto bruto, tal como piso, forro e porta lisa feitas de madeira maciça, serrada, aplainada, lâmina faqueada, resíduos da indústria madeireira, carvão de resíduos, entre outros (IBAMA, 2016; MONTAÑO, 2016).

piso, forro e porta lisa feitos de madeira maciça, madeira serrada, madeira aplainada, laminina faqueada, resíduos da indústria madeireira, carvão de resíduos

Para exercer a atividade de comercialização, transporte e armazenamento dos produtos/subprodutos madeireiros, cada pessoa deve conter um Cadastro Técnico Federal (CTF), estabelecido pela lei 6938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente) a partir de seu CPF/CNPJ para ter o acesso ao sistema IBAMA (IBAMA, 2016; MONTAÑO, 2016; BRASIL, 1981).

No âmbito de banco de dados de controle, as atividades madeireiras são registradas conforme os seguintes sistemas:

- Dados de transporte, comercialização e processamento de madeira:
  - Floresta (toras) até o elo de processamento antes de ser considerado como ‘produto acabado’.
- Sistemas Específicos de Controle:
  - Sistema Federal DOF: AC, AM, AP, MT, PA, RO, RR e TO (2007- 2018).
  - SISFLORA: Pará (2016-2018).
  - SISFLORA: Mato Grosso (2014-2018).

### 2.4.1 Emissão do DOF

Os que devem ser preenchido no DOF:

- Dados do remetente:
  1. Emissor
  2. Ibama / CTF
  3. Endereço
  4. Bairro

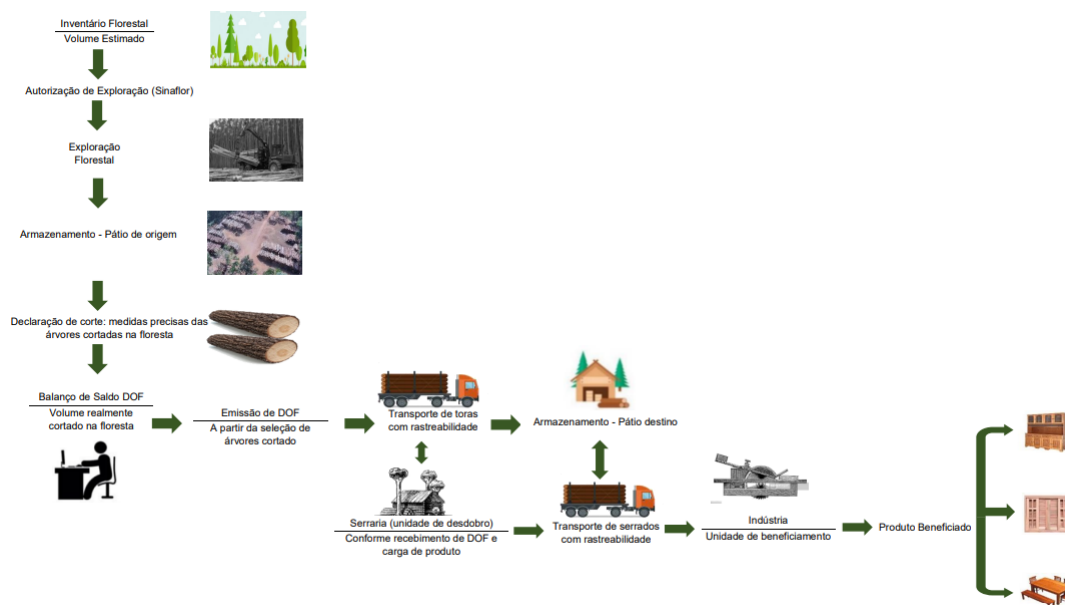
5. Município
  6. Origem (pátio)
  7. Coordenadas
  8. Endereço
  9. Bairro
  10. Município
  11. Roteiro de acesso
  12. Autorização
  13. tipo de autorização
  14. Produto/espécie
  15. Quantidade
  16. Unidade
  17. Valor
- Dados Destinatário:
    1. Destinatário
    2. Ibama/CTF
    3. Endereço
    4. Cidade
    5. País
    6. Destino (pátio)
    7. Coordenadas
    8. Endereço
    9. Bairro
    10. Município
    11. Roteiro de acesso
    12. Meio de Transporte
    13. Placa/Registro
    14. Município origem
    15. Município destino
    16. Número do documento fiscal
    17. Validade

18. Rota de transporte
19. Armazém retaguarda
20. Código de controle
21. Fiscalização do Ibama

A Figura 3 sumariza a cadeia produtiva de produtos madeireiros, começando pelo inventário florestal, que visa estimar o volume das na floresta árvores a serem derrubadas; autorização de Exploração, que é a licença florestal obrigatória homologada pelo Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor) para exploração florestal nativa; Pátio de origem espaço, onde são armazenados produtos floretas nativas.

É obrigatório o empreendedor homologar pelo órgão ambiental competente, a indicação do endereço completo, tamanho da área, descrição de acesso e coordenadas geográficas, os produtos guardados no pátio devem estar organizados por tipo, espécie, dimensões, de maneira a facilitar a identificação e mensuração dos mesmos; declaração de corte: documento que declara as medidas precisas das árvores cortadas na floresta; emissão de DOF nesta etapa é feito a emissão de DOF, informado os dados de veículos a transportar os produtos florestais, validade do DOF, número da nota fiscal, volume a partir da seleção das árvores cortadas; transporte de toras é o transporte de madeira em tora com DOF impresso acompanhada com o produto da origem ao destino, precisamente de acordo com os dados informados (tipo de transporte, volume, produto); pátio destino armazenamento de produtos florestais como madeira em tora, madeira serrada; serraria nesta etapa é feito o recebimento das toras conforme o DOF e as toras são serradas; as madeiras serradas são transportadas com rastreabilidade para indústria, nas unidades de beneficiamento para produção e processamento de produtos beneficiado.

Figura 3 – Fluxo da produção e controle da cadeia produtiva de produtos madeireiros



Fonte: <https://blogs.iadb.org/brasil/pt-br/brasil-referencia-mundial-em-governanca-eletronica-ambiental/>  
- Adaptada pelo autor

## 2.5 Transporte de produtos florestais

Todos os transportes de produtos madeireiros nativos devem ser acompanhados do DOF, e Nota Fiscal (NF) para o seu destino (MONTAÑO, 2016). O IBAMA oferece duas possibilidades de transporte e armazenamento para a solicitação do crédito do volume de produto florestal:

1. O solicitante deve possuir o CTF no sistema IBAMA e solicitar, por meio do Formulário de Solicitação de Autorização Florestal no Sistema DOF, o crédito do volume. Para tal, apresentar a Solicitação de Autorização Florestal no Sistema DOF devidamente preenchido pelo solicitante, anexa uma cópia da autorização florestal. Este processo é geralmente mais vantajoso para autorizações que contêm uma grande quantidade de volumes, visto que o proprietário da autorização pode realizar a distribuição do saldo dentro do sistema a terceiros.
2. O solicitante deve firmar o contrato de compra com companhia reconhecida; os dados são informados, produto, volume e número de autorização florestal, que deve ser anexado com cópia da Licença Florestal.

Caso seja necessária a alteração de alguma informação da unidade de transporte no sistema do IBAMA, o solicitante poderá obtê-la pelo próprio site, porém, após a alteração, o veículo ficará suspenso. Quando esta circunstância acontecer, o requerente deve apresentar um pedido de liberação do veículo assinado pelo gerente da empresa, que

inclui: os dados da empresa em que o caminhão está matriculado, a placa do veículo e uma cópia do documento de identidade do dono (BLIHARSCKI, 2014).

Já com relação ao armazenamento da madeira, este é feito no pátio, que é o lugar onde são conservados os produtos florestais. Este também deve ser lançado pelo solicitante e aprovado pelo órgão ambiental competente. Para o cadastramento, é necessário formalizar o formulário de solicitação para aprovação do pátio no sistema DOF (BLIHARSCKI, 2014).

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E SUAS ETAPAS DE CONSTRUÇÃO

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) visa mapear, identificar e avaliar criticamente os resultados de estudos já publicados relevantes sobre um determinado tema de pesquisa. A RSL consiste em várias etapas, ou seja, determinar o tópico de pesquisa, selecionar a pesquisa correspondente, minerar os dados necessários, analisar e descrever a descoberta (KURNIAWAN; ROSMANSYAH; DABARSYAH, 2019).

### 3.1 Planejamento

Em nosso estudo, o planejamento da RSL se deu a partir dos seguintes pontos:

- Objetivos da revisão sistemática;
- Bases científicas;
- Critérios de inclusão e exclusão e métodos de avaliação.

#### 3.1.1 Objetivo em meio ao tema estudado

Para atender o objetivo de nosso estudo, os seguintes pontos de pesquisa foram definidos:

- Levantar técnicas e ferramentas de análise de dados no contexto florestal e madeireiro, que venham a utilizar informações do sistema DOF e que corrobore com o debate proposto nessa pesquisa;
- Propor estudos, análises e ferramentas gráficas para auxiliar gestores na tomada de decisões, com foco na criação de políticas públicas e privadas que combatam práticas ilegais e que reúnam dados da produção florestal e agrícola sustentável;

#### 3.1.2 Base de dados científicas

A etapa seguinte foi a realização de buscas por estudos primários. Para tal, foram utilizadas três bases científicas: *ACM Digital Library*, *IEEE Xplore Digital Library*, *Scopus*. Os termos-chave selecionados para as buscas foram os seguintes: “visualization”, “visual”, “exploratory”, “information”, “data”, “analytics”, “forest information”, “Wood extraction”.

### 3.1.3 Critérios de inclusão e exclusão e métodos de avaliação

Os critérios de inclusão e exclusão separam os estudos relevantes daqueles que não preenchem corretamente o tema objeto-de-estudo da pesquisa.

- Inclusão:
  - Apresentam instrumentos teóricos e/ou práticos para a visualização da informação aplicada na dinâmica da extração/produção de madeira;
  - Identifica uma técnica visual - foram selecionados os estudos que mostram a prática visual da utilização de técnicas de visualização.
- Exclusão:
  - Não apresenta instrumentos teóricos e/ou práticos para o estudo com os temas desejados;
  - Os estudos que não apresentam a necessidade dos temas desejados foram excluídos;
  - Não é um artigo científico – resultados retornados que não poderiam ser considerados estudos foram desconsiderados. Entre eles, estão artigos de opinião, índices de anais de eventos, entre outros.

## 3.2 Condução

Com a execução da busca por estudos primários, a pesquisa de informações nas bases de dados científicas trouxe como resultado as publicações pertinentes e interessantes. A Tabela 1 apresenta a quantidade de artigos resultante da busca nas bases científicas, enquanto a Tabela 2 mostra a quantidade de estudos analisados em cada etapa da revisão sistemática.

A partir da revisão, foram identificadas e analisadas oito técnicas de visualização (vide Tabela 3), as quais podem ser aplicadas no processo de visualização e análise exploratória dos dados florestais do sistema DOF. Os estudos têm se concentrado no inventário das florestas, manejo de florestas nativas e planejamento da exploração florestal.

A seguir, listamos algumas das tendências observadas em termos de técnicas visuais, tecnologias envolvidas e fontes de dados empregadas:

- Técnicas visuais: notou-se uma tendência na criação de técnicas próprias, partindo muitas vezes de técnicas clássicas e executando as adaptações que se julgam necessárias. Entretanto, o uso de técnicas como mapa, mapa de calor é bem frequente em comparação com as demais técnicas.

- Fonte de dados: nota-se a forte tendência na utilização de dados na base de dados digitais (imagens).
- Tecnologias envolvidas: nota-se a tendência de uso da linguagem C#, para desenvolvimento de aplicativos voltados visualização de dados florestais com de ferramentas tecnológicas como: HTML5, WebGL, CSS, é constante nos estudos, mostrando assim a tendência de utilização destas ferramentas de apoio que agilizam o desenvolvimento.

Tabela 1 – Estudos identificados.

Base de dados	Estudos
ACM Digital Library	428
IEEE Xplore Digital Library	214
Scopus	36
Total	678
Duplicados	81
Estudo únicos	597

Fonte: Produzida pelo autor.

Tabela 2 – Quantidades de estudos durante as fases da revisão.

Categorias	Quantidades
Estudos identificados	678
Estudos duplicados	81
Estudos não selecionados	562
Estudos selecionados	32
Estudos excluídos	20
Estudos incluídos	12

Fonte: Produzida pelo autor.

### 3.3 Dados a serem extraídos

A extração de dados permite selecionar os critérios de inclusão a partir dos estudos primários necessários, com os critérios seguintes:

- Técnicas de visualização utilizadas;
- Fontes de dados utilizadas na visualização;
- Nome da ferramenta;
- Tecnologias utilizadas na construção da ferramenta.

### 3.4 Resultados do levantamento

Conforme ilustrado na Tabela 2, um total de 12 artigos foram selecionados e incluídos nos estudos primários que consistiam nos critérios de inclusão. Assim, os estudos analisados tratam de temas relacionadas a inventário florestal e plano de manejo florestal.

### 3.5 Técnicas adotadas nos estudos da literatura

Os estudos analisados apresentaram oito técnicas de visualizações, que auxiliaram no processo de apresentação de dados. A Tabela 3 sumariza as técnicas de visualização aplicadas em mais de um estudo. Notou-se que foram mais utilizadas nos estudos analisados, técnicas de visualização baseadas em mapa geográfico, tabelas e gráficos de linha.

Tabela 3 – Técnicas de visualização mais utilizadas.

Técnica de visualizações	Utilizações
Mapa geográfico	5
Tabela	5
Pizza	1
Gráfico de barra	2
Gráfico de dispersão (Visualização 3D)	3
Mapa de calor	1
Projeção Multidimensional (MDS)	1
Gráfico de linha	5

Fonte: Produzida pelo autor.

### 3.6 Limitações identificadas nos estudos presentes na literatura

Notou-se a ausência de estudos relacionados à análise exploratória e visualização de dados florestais, de extração e transação de madeira como tipos de espécies, volume de transação, etc, sendo este aspecto uma das contribuições de nosso estudo.

### 3.7 Revisão bibliográfica

Após a condução do processo de seleção dos trabalhos, foi então realizada a discussão desses trabalhos com enfoque em nosso tema de pesquisa. A seguir, apresentamos tal discussão.

Em [Jifeng, Kainan e Ji \(2014\)](#), os autores propuseram o uso da tecnologia 3S para construir um banco de dados de gerenciamento de informações de recursos florestais. Foram discutidos a aplicação da tecnologia 3S na aquisição de informações de recursos florestais, o uso do sistema de posição global, sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica

em recursos florestais, e a gestão na construção de banco de dados de recursos florestais, com o intuito de realizar o gerenciamento inteligente e detalhado de recursos florestais por meio da integração de sistemas. O problema abordado no estudo foi como obter, com rapidez, e precisão, a situação atual dos recursos florestais, além dos recursos florestais como um todo, formulando um planejamento de proteção e uso adequado de recursos.

Os autores [Tian, Wang e Zhao \(2019\)](#) avaliaram os impactos do declive da superfície da terra nos espaços florestais. Tais estudos ajudam a ter uma compreensão mais profunda das funções e estabilidade do ecossistema florestal, planejamento científico e gestão racional dos recursos florestais. A cidade de Dali, na província de Yunnan, China, foi selecionada como área de pesquisa neste estudo. A área total da cidade de Dali é de cerca de 1.738 km<sup>2</sup>, a área montanhosa representa 70 %, a área de água 15 %, e a área da barragem 15 %. Foi utilizado o Modelo de Elevação Digital (DEM) de RS/GIS, que é uma simulação digital da superfície do terreno por meio de dados de elevação do terreno. Os resultados mostraram que a cidade de Dali é relativamente plana, e o terreno é complexo e diversificado. A floresta tem uma grande distribuição de área na cidade, que está relacionado ao clima de monções do planalto subtropical em Dali.

Já o autor [Yue \(2018\)](#) aplicou tecnologia GIS para estabelecimento do modelo 3D da floresta. A tecnologia GIS tem sido largamente utilizada para inventário florestal, monitoramento de incêndios florestais, planejamento de exploração madeireira e tomada de decisões, além do apoio à preparação de programas de manejo florestal. Para a referida pesquisa, o autor estabeleceu um sistema de paisagem florestal virtual em 3D, que realiza a exibição do mapa 3D da floresta, a análise de distância mais próxima e outras funções.

Para que se possa atender à crescente demanda de produtos geográficos em formação recursos, tal como florestas informatizadas, segurança florestal e desenvolvimento social, no futuro, as florestas se desenvolverão a partir de dados de estruturas geoespaciais 2D a dados de estruturas geoespaciais dinâmicas multidimensionais. Isso permitirá fornecer aos usuários verdadeiros recursos de dados geoespaciais básicos em 3D, e alta precisão. O estabelecimento de uma plataforma de modelagem de paisagem florestal em 3D permitirá o compartilhamento de dados e melhorará muito a qualidade e a eficiência do gerenciamento, reduzirá os riscos potenciais à segurança e fornecerá mais serviços de informação a outros departamentos governamentais e empresas, bem como aos cidadãos.

Os autores [Yang et al. \(2017\)](#) utilizaram a tecnologia de workflow WF, combinada com o plano de manejo florestal da fazenda florestal estatal Hunan Youxian Huangfengqiao. Foi utilizada a tecnologia WF (Windows Workflow Foundation), que é uma estrutura de aplicativo para comunicações de fluxo de trabalho lançada em 2005 pela Microsoft. A estrutura é dividida em quatro camadas: modelo de fluxo de trabalho, tempo de execução, host e programa host. Os autores focaram no processo de formulação do plano de manejo florestal em nível de fazenda florestal, construíram as atividades relacionadas ao plano

de manejo, combinado com o processo empresarial de manejo florestal. Os resultados mostraram todo o processo de planejamento de manejo florestal em nível de floresta, além das medidas de manejo do sub compartimento, volume de corte, benefícios ecológicos no período de manejo, que foram mostrados diretamente na cena tridimensional.

Em Prandi et al. (2015), apresentaram um sistema de simulação visual 3D baseado na web, que suporta modelagem realista baseada em informações espaciais e renderização em tempo real de cenas de floresta. Foi usado a visualização 3D de paisagens florestais para entender a sucessão ecológica dos povoamentos, a transformação da paisagem e o planejamento regional. O estudo contém os primeiros resultados do projeto europeu SLOPE: Sistemas Integrados de Processamento e Controle para a Produção Sustentável em Fazendas e Florestas. Os autores objetivaram implantar um sistema web capaz de fornecer acesso às informações florestais, normalmente gerenciadas em GIS.

Já o trabalho de Bona et al. (2015) explorou a viabilidade econômica da atividade florestal num plano de manejo florestal sustentável, em uma área pertencente à Fazenda São Pedro, no município de Nova Monte Verde, Estado de Mato Grosso. Para determinar a viabilidade econômica, foi utilizado o método da relação receita/custo. A atividade exploratória mostrou-se economicamente viável, pois apresentou uma relação receita/custo de R\$ 1,70. Assim, considerando as despesas administrativas e exploratórias, o lucro líquido total foi de R\$ 560.405,51 (41,33%), gerando, em média, R\$ 71,60 de lucro líquido por m<sup>3</sup>.

Na pesquisa de Biazatti et al. (2019), os autores relataram a capacidade de produção das florestas nativas de acordo com o ambiente e os planejamentos florestais de forma que foi possível apoiar a sustentabilidade da silvicultura na região. Também consideraram a caracterização do potencial de produção e planejamento exploratório em uma área reservada, localizada na Flona do Jamari - Rondônia (RO), para visualizar a dinâmica da produção madeireira. Eles avaliaram os aspectos da disponibilidade de recursos florestais e a prática do planejamento exploratório de baixo impacto.

Em Pinagé et al. (2015), analisaram as diferenças nas áreas florestais exploradas ao longo dos anos de 2007 a 2010, em uma propriedade particular no Estado do Pará usando dados de *Light Detection and Ranging* (LiDAR) de (Projeto Paisagens Sustentáveis 2014). O LIDAR é um sensor remoto a bordo de plataformas do tipo tripuladas ou, ainda, não tripuladas, o qual apresenta um método direto de aquisição de dados, emitindo feixes de laser na banda do infravermelho capaz de modelar a superfície do terreno tridimensionalmente. A pesquisa estimou a área de clareiras de dossel por hectare, extraída de um modelo de altura de dossel. Os impactos no sub-bosque da floresta também foram avaliados, por meio de uma métrica que calcula a proporção de retornos abaixo de 0,5 metros em relação ao total de retornos. Os resultados obtidos indicaram diferenças significativas no número de clareiras do dossel entre florestas não perturbadas e exploradas, mas não entre os anos de colheita.

Considerando o trabalho realizado por [Pereira et al. \(2010\)](#), estratificaram uma porção de floresta na região amazônica, em áreas estruturalmente semelhantes, aplicando técnicas baseadas em análises multivariadas para melhorar o planejamento da produção florestal. Eles usaram métodos que dependem de agrupamento e análise discriminante. Foi realizado um censo florestal, no qual foram analisadas as seguintes variáveis: número de árvores, altura comercial média, diâmetro médio à altura do peito (DAP), Área basal e volume comercial.

Já em [Pegorare et al. \(2018\)](#), um estudo baseado em dados foi realizado por meio de pesquisa exploratória sobre o setor de atividade rural a partir de bases de dados secundárias, disponíveis no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os modelos computacionais aplicados no estudo mostraram-se eficazes na tarefa de evidenciar os efeitos de aumento/redução do Produto Interno Bruto (PIB), melhorando o desenvolvimento rural e a economia verde.

Finalmente, [Silva et al. \(2015\)](#) avaliaram os quinze principais gêneros e espécies florestais legalmente explorados na Amazônia brasileira do estado do Acre. Também foram analisados o número de autorizações emitidas para exploração de florestas manejadas, o volume de madeira e a área de manejo licenciada pelo Instituto do Meio Ambiente do Acre de janeiro de 2005 a agosto de 2012.

### 3.8 Considerações finais

A presente seção buscou investigar a área de pesquisa de análise e visualização de dados através da realização de uma revisão sistemática de literatura, conduzida em diversas bases de dados e que, após as devidas fases de seleção, resultou na inclusão de 12 estudos primários neste trabalho. Na Tabela 6 (vide apêndice), são apresentados dados sobre os estudos incluídos como: títulos, autores e ano de publicação, técnicas de visualizações, fontes de dados, nome das ferramentas e tecnologia de desenvolvimento.

Apesar de diferentes estudos apresentados na literatura, os quais buscam focar em determinados nichos de aplicação como floresta tropical, inventário florestal, manejo de florestas nativas, planejamento da exploração florestal, manejo florestal sustentável, Amazônia legal, exploração seletiva, índice de vegetação, etc., nos últimos anos poucos trabalhos tem focado na análise exploratória e visualização de dados florestais no Brasil a partir do uso do sistema DOF, em especial, acerca de explorar cadeias de produção individuais, sendo este um dos principais objetivos de nosso estudo. Dos poucos trabalhos encontrados os autores analisaram o fluxo de produtos florestais brasileiros a partir dos dados do sistema DOF do IBAMA ([FABIANO et al., 2019](#)).

## 4 MÉTODOS E ETAPA METODOLÓGICA

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos e os métodos usados ao longo da construção desta pesquisa.

### 4.1 Análise exploratória

A AED auxilia analistas e cientistas a compreenderem melhor e com maior amplitude as principais características dos dados, do que ocorre a partir do meio da interação com métodos visuais, levando à formulações de hipóteses e à realização de novos experimentos (KALERU; DHANIKONDA, 2018; YU, 2016).

Em termos metodológicos, a AED constitui a etapa inicial de decifrar os dados, mostrando primeiro suas representações visuais com base no uso de diferentes ferramentas de processamento de dados (KHAN; VELAN, 2020). Assim, de uma forma geral, quanto mais dados são pré-processados e visualizados, mais informações podem ser obtidas. Por exemplo, uma consequência direta dessa dinâmica de processamento é a melhor capacidade de modelos de Aprendizado de Máquina em aprender com os dados (PAULA et al., 2020). As etapas básicas da Análise Exploratória de Dados são as seguintes:

- Limpeza de Dados: visa detectar e remover anomalias dos dados, com o objetivo de melhorar sua qualidade (RAHM; DO, 2000).
- Condução do processo de Descoberta de Conhecimento (DC), cujas técnicas são aplicadas aos dados com o intuito de se verificar hipóteses ou descobrir novos padrões entre os dados. Por exemplo, ao utilizar essa estratégia, é possível identificar novos padrões de sazonalidade em dados temporais (LEME et al., 2020).
- Visualização da informação, que será contemplada em detalhes a seguir.

### 4.2 Visualização de dados

A etapa de visualização envolve a exploração dos dados por meio de representação visuais. Ela está intimamente relacionada à mineração de dados, que utiliza métodos e ferramentas computacionais para explorar padrões e conexões em um conjunto de dados (MATTHES, 2016). Por exemplo, tal etapa permite a transformação dos dados em tabelas ou gráficos a fim de melhor explorar as relações entre os atributos dos dados. Além disso, técnicas de visualização permitem abordar incertezas e o uso de diferentes paradigmas de visualização da informação (SOUZA et al., 2020).

### 4.2.1 Técnicas de visualização: aspectos gerais

A análise de dados, também conhecida como *Data Mining* (DM) ou Descoberta de Conhecimento, permite extrair informações preciosas a partir de dados desorganizados por meio de algoritmos. Assim, o processo de limpar, transformar e modelar dados para descobrir informação útil pavimenta a via para a utilização de técnicas de visualizações, substituindo outras abordagens clássicas do DM, que são mais limitadas a conjuntos de dados relativamente pequenos, de baixa dimensão (KEIM et al., 2008).

É conveniente explorar as características dos dados que mais influenciam as técnicas de visualização para estabelecer diretrizes. As escolhidas na pesquisa foram técnicas de visualização *standard*, que descrevem cinco classes de técnicas (KEIM, 2002):

- Gráficos padrão 1D, 2D e 3D;
- Técnicas iconográficas;
- Técnicas geométricas;
- Técnicas orientadas a pixel;
- Técnicas baseadas em gráficos ou hierarquias.

A seguir, apresentamos sucintamente cada uma das classes acima:

- Gráficos padrão 1D, 2D e 3D: são utilizados na estatística para alcançar uma estimativa, uma certeza, uma hipótese, distribuição ou frequência de um atributo no conjunto de dados. Normalmente são utilizados para a análise de dados quantitativos. Essa classe fornece gráficos para efetuar comparações, classificações, e determinar a ligação entre atributos. Gráficos estatísticos são usados na análise de dados para descobrir padrões, estruturas dos dados, e identificar *outliers* (valores discrepantes nos dados).
- Técnicas iconográficas: os atributos são mapeados de acordo com propriedades que variam nos valores dos atributos. Gráficos de ícones representam cada dado individualmente, o que permite entender o comportamento dos dados.
- Técnicas geométricas: os atributos multidimensionais são mapeados para um espaço de duas-dimensões, que permite a visualização de diferentes atributos. Os gráficos representados por tais técnicas são adotados para representar e interagir tanto com dados qualitativos como quantitativos. Gráficos que permitem uma vista pormenorizada ou global sobre todos os dados e que verificam a correlação entre atributos, padrões, comportamentos e regras são uma opção eficaz explorar grandes conjuntos de dados.

- Técnicas orientadas a pixel: cada atributo é mapeado em um pixel de cor, e colocado na tela, dividido em janelas que correspondem a um atributo. Neste caso podem ser analisadas a correspondência de relações entre os atributos.
- Técnicas baseadas em gráficos e hierarquias: possui uma estrutura de relação entre os dados. Podem ser representadas por mapas de árvore, gráficos de mosaicos, entre outros. Os gráficos utilizados para tal técnica são ideais para exibir quando existe uma ou mais relações entre os dados.

#### 4.2.2 Técnicas de visualização: aspectos específicos

A seguir, descrevemos sucintamente as técnicas de visualização adotadas para explorar os dados florestais do sistema DOF.

- Gráfico de linhas

Gráficos de linha constituem um dos elementos visuais mais utilizados para explorar dados, especialmente no formato de séries temporais. Eles evidenciam a relação entre duas variáveis, usados para rastrear mudanças ou tendências ao longo do tempo (com duas variáveis evoluindo sobre o tempo no eixo x).

Os gráficos de linhas conectam pontos de dados para ajudar a inferir tendências emergentes durante certo período. Eles são empregados para mostrar mudanças dependentes do tempo nos valores de alguma medida, como alterações no preço de ações específicas ao longo de 5 anos ou mudanças no número de telefonemas diários para uma central de atendimento de cliente ao longo de um mês (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2019).

- Gráfico de barras

Os gráficos de barras estão entre os elementos visuais mais básicos usados para representação de dados. Eles são indicados quando existem dados nominais ou dados numéricos bem segmentados entre diferentes categorias, deixando claramente perceptíveis os resultados comparativos e tendências nos dados. Os gráficos de barras são frequentemente utilizados para comparar dados entre múltiplas dimensões em um único diagrama (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2019).

- Gráfico de dispersão

Gráficos de dispersão costumam ser empregues para explorar a relação entre duas ou três variáveis (em visuais bi ou tridimensionais), por serem ferramentais de exploração visual, quando há mais do três variáveis. Eles constituem uma maneira eficiente de explorar tendências, concentrações e valores discrepantes.

Por exemplo, em um gráfico de duas variáveis (dois eixos), uma representação em dispersão pode ser usada para ilustrar as correlações entre idade e peso de pacientes cardíacos (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2019).

- Mapa de calor

Os mapas de calor são uma visão 2D de uma distribuição de frequência bivariada quando o objetivo é ilustrar a comparação de valores contínuos entre duas categorias a partir de cores. O objetivo consiste em ajudar o usuário a “enxergar rapidamente” onde a interseção das categorias é mais pronunciada e mais tênue em termos de valores numéricos.

Pode-se empregar mapas de calor, por exemplo, para exibir análise segmentadas de mercado, onde a medida por gradiente de cor seria a quantidade de compras, e as dimensões, distribuição etária e de renda (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2019).

- Trimaps

Os treemaps são técnicas de visualização para representar dados hierárquicos usando retângulo aninhados. Cada nível da hierarquia é representado por um retângulo colorido. Os retângulos são organizados no tamanho da parte superior esquerda (maior) à parte inferior direita (menor). Como as dimensões de cor e tamanho são correlacionados com a estrutura da árvore (ou do treemap) pode-se, muitas vezes, ver padrões que seriam difíceis de detectar em outras formas de visualização (MICROSOFT, 2020).

- Mapa geográfico

Quando o conjunto de dados inclui algum tipo de dado de localização (endereço físico, código postal, nomes das ruas ou abreviações, nomes de países, latitude/longitude ou algo tipo de codificação geográfica customizada), é melhor e mais informativo visualizá-los a partir de um mapa. Em geral, os mapas geográficos são usados em conjunção com outros diagramas e gráficos, e raramente de forma isolada. Eles podem ser utilizados, por exemplo, para ilustrar a distribuição de solicitação de serviços a clientes por tipo de produto (via gráficos de pizza) por localização geográfica.

Uma grande variedade de informações (como faixa etária, distribuição de renda, nível educacional, crescimento econômico ou alterações populacionais) pode ser retratada em um mapa geográfico como auxílio na tomada de decisões. Esses tipos de sistemas chamados Sistemas de Informação Geográfico (GIS – Geographic Information Systems) (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2019).

- Tabelas

A tabela é uma representação matricial, que contém dados relacionados em uma série de lógica de linhas e colunas. Ela também pode conter cabeçalhos e linhas de

totais para ver os detalhes e comparar os valores. As tabelas são simples de entender, analisar e interpretar o método de representação dos dados (MICROSOFT, 2020).

- Gráfico dirigido por força

O gráfico dirigido por força implementa um diagrama de “layout de força” D3 com caminhos curvos. A espessura do caminho representa o peso do relacionamento entre os nós. O gráfico dirigido por força mostra a magnitude e a direção dos relacionamentos entre duas ou mais variáveis categóricas. (NETZ AMIR; PAIGE, 2015)

- Gráfico de área

O gráfico de áreas baseia-se no gráfico de linhas. O espaço entre o eixo e a linha do gráfico é preenchida com cores para mostrar o volume ou quantidade desejada. Os gráficos de área ressaltam a intensidade da variação ao longo do tempo, usado para chamar a atenção para um valor total entre uma tendência (MICROSOFT, 2020).

- Gráfico rosca

Um gráfico de rosca é idêntico a um gráfico de pizza que exhibe a relação das partes. Possui um centro, que é um espaço em branco que permite inserir um ícone ou um rótulo (MICROSOFT, 2020).

- Visualizações de cartão de número único

Os cartões de número único são visualizações, utilizadas para comparar valores diferentes. (MICROSOFT, 2020)

### 4.2.3 Ferramentas e plataformas computacionais

A seguir, é dada uma visão geral sobre as ferramentas tecnológicas empregadas a fim de atingir o objetivo do presente trabalho.

#### 4.2.3.1 Power BI

O Power BI é uma ferramenta da Microsoft do tipo *software business intelligence*. Ela foi desenvolvida com o intuito das empresas visualizarem seus dados e otimizarem suas práticas de negócios (NILES et al., 2019; MICROSOFT, 2020).

A interface do Power BI oferece uma abordagem moderna para ferramentas de análise de dados do tipo *business intelligence*. Ela conta com várias opções de visualização de dados, permitindo painéis visuais personalizados e compartilháveis na internet. Por exemplo, o usuário pode se conectar rapidamente à diferentes conjuntos de dados por meio do pacote Office da Microsoft ou, de vários bancos de dados a partir do *Structured Query Language* (SQL) (NILES et al., 2019; MICROSOFT, 2020). A ferramenta também

oferece uma “mistura” de visualizações 2D e 3D, incluindo gráficos de barras, gráficos de linha, gráficos de pizza e mapas para visualizar a localização geográfica afetada pelos dados subjacentes.

O Power BI inclui o *Power Query*, que permite ao usuário realizar a manipulação de dados dentro do software sem a ajuda de uma ferramenta externa. A ferramenta possui vasta documentação no site da Microsoft, incluindo tutoriais detalhados sobre vários aspectos do Power BI como instalação, configuração e recursos (MICROSOFT, 2020). Além da documentação oficial, existem fóruns da comunidade dedicados ao Power BI, que permitem o compartilhamento de informações e experiências de diferentes usuários. Finalmente, a ferramenta oferece suporte apenas para máquinas Windows, no entanto, a versão da web é compatível com Microsoft Edge, Internet Explorer 11, Chrome, Safari e Fire fox. O Power BI também dispõe de um aplicativo móvel para iOS e Android.

Assim, para a construção do *dashboard* interativo, utilizamos os recursos do Power BI, que compreende desde o gerenciamento dos dados até a construção dos layouts de visualização e a utilização de diferentes formas e recursos de visualização.

#### 4.2.3.2 Python

O Python é uma linguagem de programação de alto nível interpretada e orientada a objetos, que evoluiu para uma poderosa linguagem de propósito geral. A linguagem contém uma biblioteca padrão e uma biblioteca de extensão, que pode gerar rapidamente protótipos de programas e ajudar os desenvolvedores (LI; WANG, 2019). Além disso, ela apresenta uma codificação bastante versátil e é de código aberto.

Outro ponto importante é a existência de grupos de desenvolvedores que disponibilizam bibliotecas que permitem o uso de diferentes funções e métodos, como bibliotecas de programação. Por exemplo, nesse âmbito, tem-se o Pandas, que é uma biblioteca de código aberto que fornece uma estrutura de dados eficiente, eficaz, e de fácil manuseio (KUMAR; DHANDA; PANDEY, 2018). Já o Numpy (*Numerical Python*) é um pacote básico para a computação científica com o Python (KUMAR; DHANDA; PANDEY, 2018). Além do Numpy, há também o Matplotlib, que é um pacote para plotagem gráfica no Python (ARI; USTAZHANOV, 2014).

Finalmente, tem-se ainda à disposição o Jupyter notebook, que é uma plataforma baseada em navegador que suporta trabalhos de programação e documentos. Ela é usada em muitos estilos, por exemplo, para executar códigos parciais no programa ou executar um sistema paralelo com trabalhos de documentação (RAGAN-KELLEY et al., 2014).

A Tabela 4 sumariza as principais características das plataformas computacionais descritas acima, as quais foram utilizadas no desenvolvimento da pesquisa.

Tabela 4 – Comparação das ferramentas tecnológicas de visualização de dados

	Power BI	Python
Usabilidade	Simples	Codificação e Debugging é mais fácil, pois a sintaxe é bem simples.
Custo	Desktop: grátis Pro: R\$ 57,10/ por usuário mês; Premium: R\$ 114,30 /por usuário mês	Custo zero
Segurança	Desktop: Dispositivo Local; Servidor: Padrão da Indústria	Desktop: Dispositivo Local; Servidor: Padrão da Indústria
Variedade de visualização	Oferece 2D e 3D limitado	Oferece 2D e 3D
Personalização	Suporta R e Python	Suporta R
Habilitado para web (servidor)	Sim	Sim
Área de trabalho	Sim	Sim
Suporte ao Desenvolvedor	Sim	Sim
Compatibilidade	Windows; iOS e Android	Mac; Windows; Linux; iOS e Android
Eficiência com dados grandes	Testado e trabalhado com 2,3 GB de dados, formato do arquivo csv gerado	Dados ilimitado, formato do arquivo csv gerado

Fonte: Produzida pelo autor.

#### 4.2.3.3 Dashboard

*Dashboard* é um painel visual que contém informações, métricas e indicadores a respeito de um conjunto de dados. Eles oferecem exibições visuais de importantes informações consolidadas e organizadas em uma única tela, para que possam ser dirigidas em um simples relance e facilmente exploradas e aprofundadas (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2019). Exemplos podem ser encontrados desde painéis empresariais, como (PRESTHUS; CANALES, 2015), até plataformas interativas de monitoramento de pandemias, como em (AMARAL et al., 2021).

Segundo Sharda, Delen e Turban (2019), em geral, as características mais distintivas de um *dashboard* são suas três camadas de informação:

1. Monitoramento: dados gráficos e abstratos para monitorar indicadores-chaves de desempenho.
2. Análise: dados dimensionais resumidos para analisar a causa-raiz dos problemas
3. Gerenciamento: dados operacionais detalhados que identificam quais ações devem ser tomadas para resolver um problema. Devido a essas camadas, os *dashboards* agrupam muitas informações em uma única tela.

Dentre os dados tipicamente apresentados em plataformas do tipo *dashboard*, tem-se: comparações com valores passados, valores previstos, valores de *benchmark* ou médios, múltiplas instâncias da mesma medida e os valores de outras medidas (como receitas versus custos) (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2019).

Outras características importantes dos *dashboards* são as seguintes (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2019):

- Utilizam componentes visuais (como diagramas, barras de desempenho, indicadores e medidores) para destacar, em um vislumbre, os dados e exceções que requerem ação.
- São claros para o usuário, ou seja, exigem o mínimo de treinamento e são extremamente fáceis de usar.
- Combinam dados provenientes de uma variedade de fontes em uma mesma plataforma unificada.
- Possibilitam a navegação aprofundada ou lateral entre fontes de dados e relatórios subjacentes, fornecendo mais detalhes quanto às bases comparativas e o contexto avaliativo.
- Apresentam uma visão dinâmica do mundo real, com renovação ágil de dados, permitindo que o usuário final permaneça atualizado sobre mudanças recentes com relação à aplicação em estudo.
- Exigem pouco ou nenhuma codificação customizada para serem implementados, utilizados e mantidos.

### 4.3 Ensaio Metodológico

Atentando-se à necessidade da análise e visualização de dados florestais brasileiros a partir do sistema DOF-IBAMA, foi realizada uma revisão sistemática na literatura de técnicas de visualização e de análise de dados. Esta revisão teve como objetivo encontrar o estado atual do uso de análise exploratória e visualização nos dados de origem florestal.

A partir do levantamento, foi então possível direcionar os esforços para quais técnicas de visualização e modelos gráficos deveriam ser aplicados a fim de explorar os dados do sistema DOF.

Já com relação aos dados utilizados no estudo, estes compreenderam aos registros do sistema DOF do IBAMA coletados entre os anos de 2016 à 2018, e foram constituídos de subconjuntos (recortes) da base DOF, em razão do elevado volume de informações presente na base completa e pelo alto índice de exploração ilegal de madeira e crimes ambientais registrados pelas autoridades fiscalizadoras do meio ambiente no referido período. Além disso, optou-se por avaliar dois subconjuntos em particular, que compreendem os estados do Acre e de Rondônia, os quais concentram grande fluxo de exploração de madeira ao longo do período 2016-2018.

Os principais campos de dados avaliados foram: as empresas de extração/produtoras de madeira, suas localizações (municípios e estados), empresas que receberam esses produtos, as datas relacionadas aos documentos (datas de emissão e validade), especificação do produto - tipo de produto de madeira, espécie, respectivos volumes (metros cúbicos), preços desses produtos, entre outros campos de interesse.

Alguns desses campos são apresentados a seguir:

- Nome da empresa / pessoa e CPF/CNPJ (remetente);
- UF/Cidade de origem (latitude e longitude);
- UF/Cidade de origem (latitude e longitude);
- Nome da empresa/pessoa e CPF/CNPJ (destinatário);
- UF/Cidade de destino (latitude e longitude);
- Data de emissão e Validade do DOF;
- Produto e Espécie da carga;
- Volume, unidade e valor da carga.

Ao longo do desenvolvimento do estudo, foram também implementados *dashboards* a partir do uso de diversas técnicas de visualização (baseadas em projeções hierárquicas e tabelas) tais como: gráfico de barra, gráfico de linha, gráfico de rosca, treemap, mapa geográfico, gráfico de área, gráfico de dispersão, cartão, gráfico dirigido por força e tabela.

A ferramenta tecnológica usada para a construção dos painéis foi o Power BI (Microsoft), por esta ser uma ferramenta voltada para a elaboração de relatórios e ter uma documentação de fácil compreensão, além de um suporte técnico na comunidade que é acessível aos seus usuários, conforme já salientado anteriormente.

Desta forma, a partir do uso das técnicas de análise de dados aplicadas, foi possível originar diferentes modelos gráficos e de visualização de dados, possibilitando a obtenção de resultados a partir dos registros DOF e de suas análises.

A Tabela 5 lista todos os produtos e subprodutos cadastrados no sistema. Neste estudo, eles foram categorizados de acordo com o resumo dos produtos apresentados nos documentos DOF.

Tabela 5 – Sumarização de produtos e subprodutos florestais do sistema DOF

Produtos	Subprodutos	
Produtos acabados de madeira	Alisar; Portal ou Bamente; Forro (Lambрил); Porta Lisa Maciça; Madeira Aplainada 2 Faces (S2S)	Pisos e Assoalhos; Decking; Tacos; Rodapé; Madeira Aplainada 4 Faces (S4S);
Madeira em Tora	Tora; Palanques roliços por metro estéreo (st); Toretes (st);	Rolete; Toretes; Palanques roliços
Madeira Serrada	Madeira serrada (caibro); Madeira serrada (tábua); Sarrafo; Madeira serrada (pranchão desdobrado); Viga Curta; Caibro Curto; Madeira serrada (vareta); Vigota Curta; Ripas;	Madeira serrada (prancha); Madeira serrada (viga); Bloco, quadrado ou filé; Madeira serrada (vigota); Tábua Aplainada 4 Faces (S4S); Tábua Curta; Caibrinhos; Ripa Curta; Sarrafo Curto;
Resíduos de Madeira	Resíduo da Indústria Madeireira para Fins de Aproveitamento Industrial; Resíduo para Fins Energéticos	Resíduo da Indústria Madeireira para Fins Energéticos; Resíduo de lâmina
Laminado	Lâmina Desenrolada; Lâmina Faqueada	
Lascas	Lascas (st)	
Lenha	Lenha m3	
Cavacos	Cavacos	
Mourão	Mourões	
Estacas	Estacas	
Casca	Cascas	

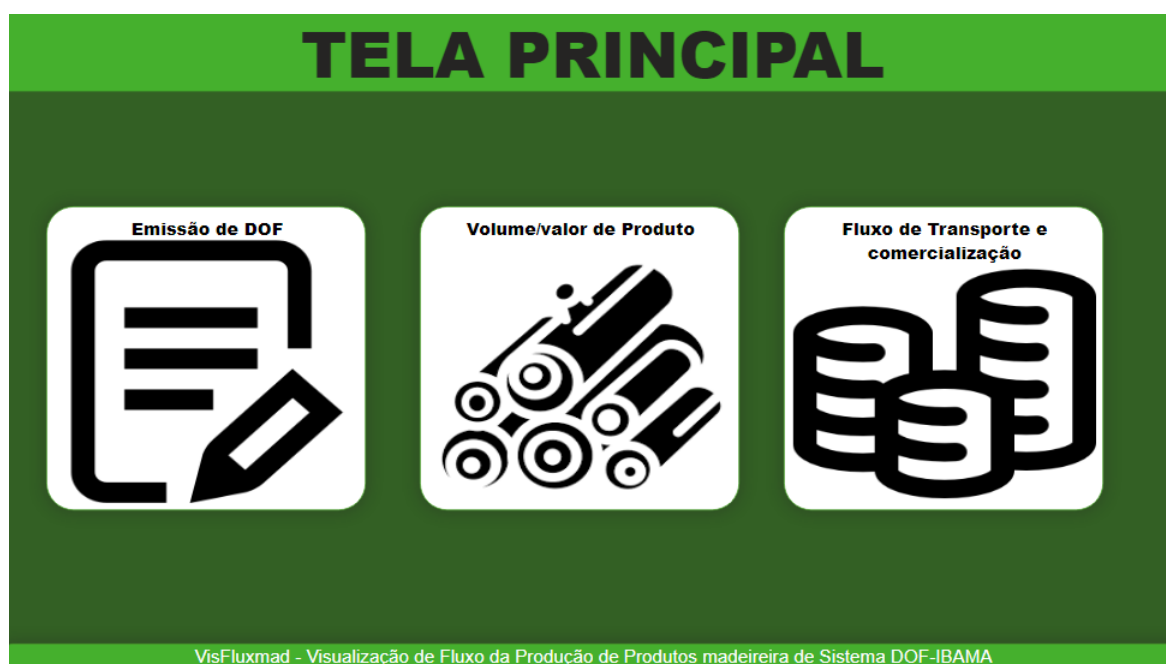
Fonte: Produzida pelo autor.

### 4.3.1 Apresentação da ferramenta visual construída para análise e visualização de dados florestais de sistema DOF do IBAMA (*dashboard*)

O painel interativo desenvolvido foi construído observando-se as técnicas de criação de interfaces gráficas de outras plataformas e trabalhos revisados da literatura.

Conforme já mencionado, o painel foi construído a partir da ferramenta Power BI Desktop. Além disso, como fonte de dados primária, foram utilizados os dados do sistema DOF, do IBAMA. O processo de limpeza de dados foi realizado no Power Query para produzir as informações corretas, as medidas adicionais foram criadas por meio da programação DAX para expressar os indicadores necessários que não eram campos. O DAX (Data Analysis Expressions) é uma biblioteca de funções e operadores que podem ser combinados para criar fórmulas e expressões no Power BI. As fórmulas DAX incluem funções, operadores e valores para realizar cálculos avançados e consultas em dados nas tabelas e colunas relacionadas nos modelos de dados tabulares. (MICROSOFT, 2021)

Figura 4 – Menu principal da ferramenta visual de dados florestais criada para analisar dados do Sistema DOF do IBAMA.



Fonte: Produzida pelo autor

Na Figura 4, é apresentada a tela principal do painel de análise de dados florestais desenvolvido. Esta contém 3 botões que dão acesso às diferentes submenus da página de ferramenta, que são as seguintes:

- Emissão de DOFS;
- Volume e valor de produtos;

- Comercialização e fluxo de atividade madeireira.

A Figura 5 ilustra o submenu que dá acesso às páginas: Emissão de DOF e Quantidades de empresas em diferentes regiões. Já na Figura 6, é apresentado o submenu que dá acesso às páginas: valor e volume de produto agrupado por Estados, valor e volume por produto, nome científico e popular de madeira; volume de produto por município, armazenamento-pátio e valor e volume por Estado.

No submenu representado pela Figura 7, tem-se as seguintes páginas contempladas: distância de transporte de produtos, comparação de preço e volume de produtos madeireiros por empresas remetentes, variação de preço e volume de produto.

Figura 5 – Submenu de visualização de emissão de DOF.



Fonte: Produzida pelo autor

Figura 6 – Submenu de visualização de volume e valor produtos.



Fonte: Produzida pelo autor

Figura 7 – Submenu de visualização de comercialização e transporte de produtos.

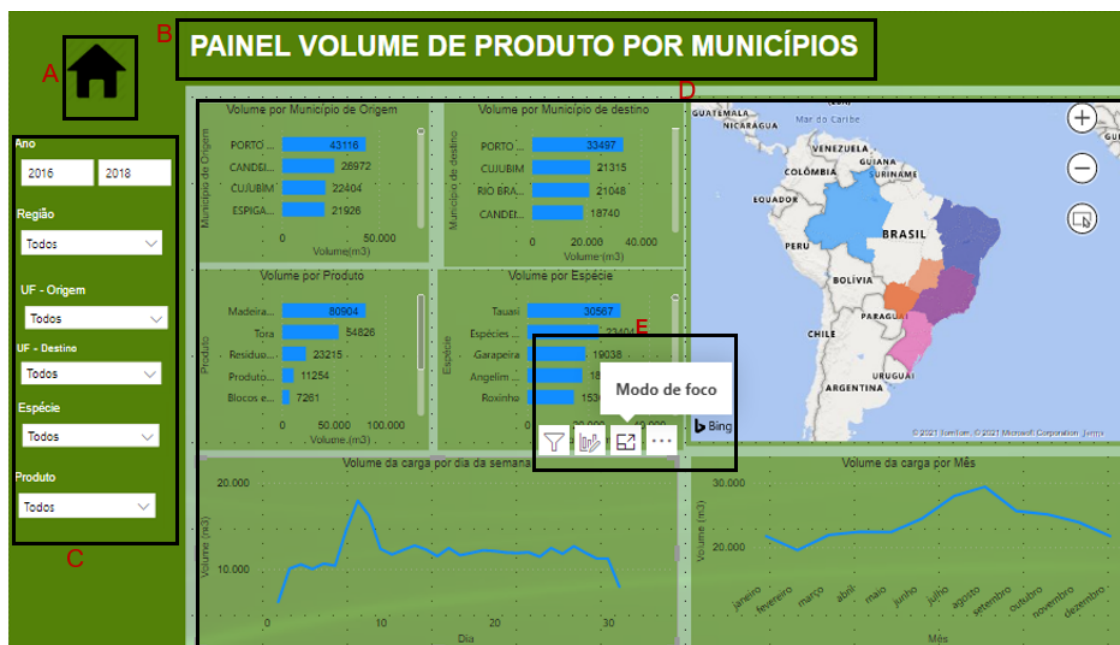


Fonte: Produzida pelo autor

Já na Figura 8, é apresenta a área visual da ferramenta: A contém um ícone home com um botão que permite voltar à tela principal; B contém uma barra de título com o nome da página exibido; C mostra campos para filtragem dados a serem analisados; D mostra a área de visualização, contendo diversos gráficos e diagramas; E apresenta

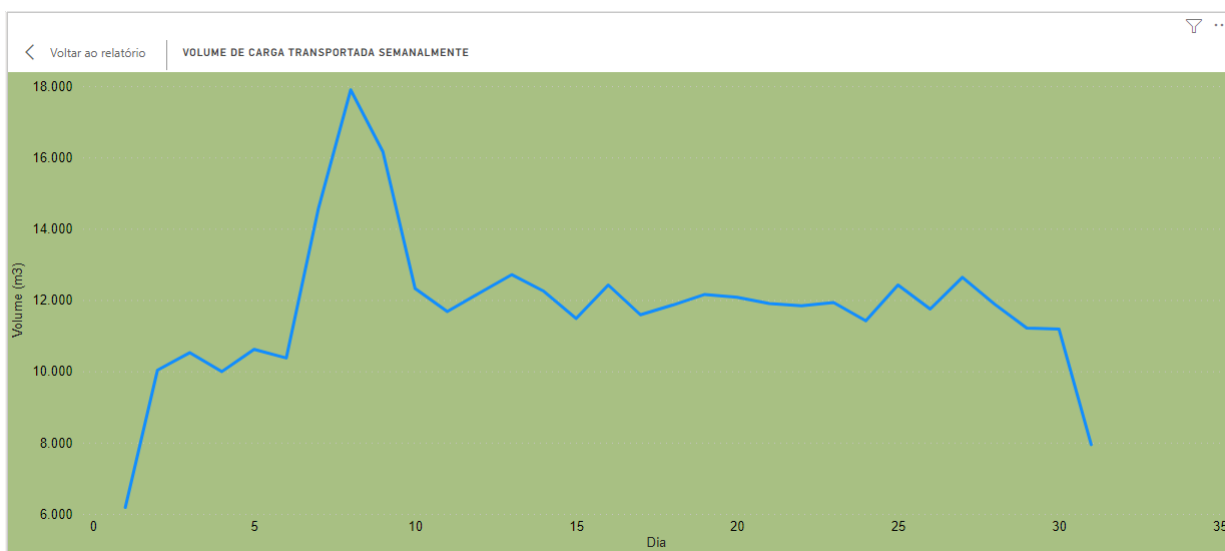
botões que permitem visualizações mais detalhadas, no caso o botão “Modo de Foco”, este permite uma visualização do gráfico em sobreposição e tela cheia, tal como evidenciado na Figura 9.

Figura 8 – Apresentação da área de visualização da ferramenta.



Fonte: Produzida pelo autor

Figura 9 – Apresentação de gráfico em modo foco.



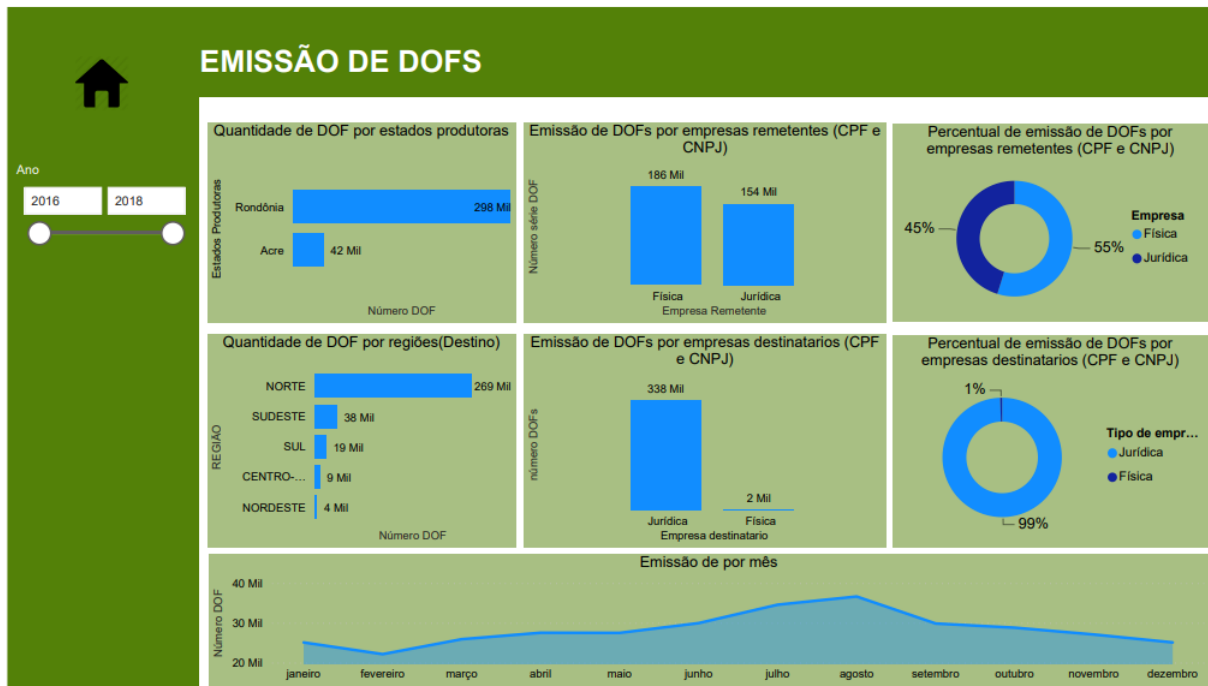
Fonte: Produzida pelo autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos na presente pesquisa, bem como os produtos gerados, em particular, a ferramenta interativa gráfica construída para a análise de dados florestais do sistema DOF do IBAMA.

### 5.1 Fluxos de atividade madeireira nos Estados do Acre e Rondônia com dados do sistema DOF do Brasil: 2016 a 2018

Figura 10 – Emissão de Documento de Origem Florestal.



Fonte: Produzida pelo autor

A Figura 10 apresenta a quantidade de Documentos de Origem Florestais emitidos entre os anos de 2016 a 2018, organizado por Estados de Origem e de Destino de produtos madeireiros. Visando analisar o total de emissões de DOFs nos estados objetos-de-estudo, foi computado um gráfico de barras que apresenta o maior número de registros dos mesmos. Note que 298 mil registros de DOF foram emitidos no estado de Rondônia, enquanto o estado do Acre registrou 42 mil DOFs.

Ainda como um dos recorte da Figura 10, tem-se um gráfico de barras, o qual reúne a quantidade de DOF emitidos nos estado Destino, porém, no referido gráfico, eles são exibidos por regiões. Assim, a região Norte conta com um número maior de DOFs (269

mil), a seguir a região Sudeste, com 38 mil registro. Já a região Sul contabiliza, entre os anos 2016 a 2018, 19 mil DOFs emitidos, contra 9 mil registro computados para a região Centro-Oeste. Finalmente a região Nordeste do país é apontada como aquela que apresenta o menor índice de registros DOFs, totalizando 4 mil emissões.

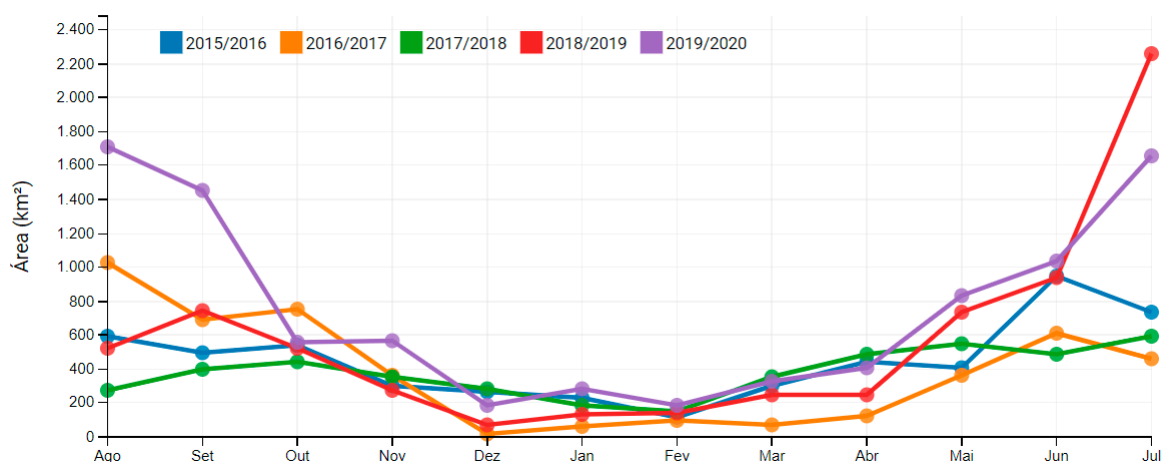
Para analisar as emissões do DOF por Pessoa Jurídica e Pessoa Física (CPF e CPNJ) – empresas remetentes –, foi traçado um gráfico de barra vertical. A partir do gráfico plotado, pode ser observado um total de registro de 186 mil emitidos para Pessoa Física, enquanto Pessoa Jurídica foram registradas 154 mil emissões de DOFs.

Para Pessoa Jurídica e Pessoa Física – destinatários de transporte de produtos madeireiros –, foi também traçado um gráfico de barras, onde são exibidos números comparativos de registro para cada categorial empresarial. Para Pessoa Física, foram obtidas um total de 2 mil registros, e para Pessoa Jurídica, 338 mil registros.

O painel ainda apresenta um gráfico do tipo “rosca”, onde é apresentado um percentual de emissão de DOFs para Pessoa Jurídica e Pessoa Física. Nota-se que há um percentual de 45% para Pessoa Jurídica, e 55% para Pessoa Física. Para empresas destinatárias, foi apresentado no gráfico de rosca, tendo os seguintes percentuais: nas empresas destinatárias, 338 mil delas são Pessoa jurídica, o que representa 99 %, e 2 mil registros são Pessoa Física, o que representa 1 %. Assim, Pessoas Jurídica são maioritária na comercialização e transporte setor madeireiro.

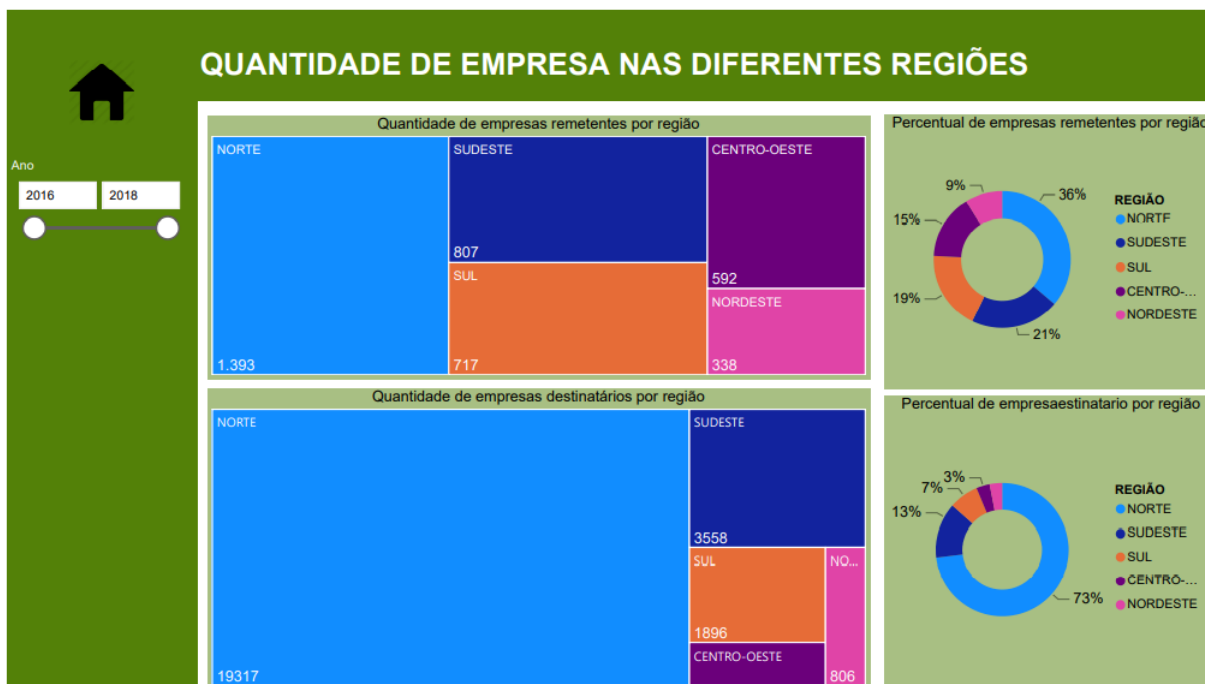
Finalmente, no Painel da Figura 10, tem-se um gráfico de área que reúne a evolução temporal anual de emissões de registros DOFs. Verificou-se que, nos meses de julho e agosto, houve um número maior de emissões de DOFS ao longo do período de 2016 a 2018. Isso pode estar diretamente relacionado com os meses observados para os maiores níveis de desmatamento registrados de acordo com o DETER, tal como ilustrado na Figura 11

Figura 11 – Dados do projeto DETER para o ano de referência.



Fonte: <https://jornal.usp.br/ciencias/desmatamento-da-amazonia-dispara-de-novo-em-2020/>

Figura 12 – Quantidade de empresas remetentes e destinatários de produtos madeireiros nas diferentes regiões do Brasil entre os anos 2016 a 2018.



Fonte: Produzida pelo autor

A Figura 12 apresenta a quantidade de empresas remetentes e destinatárias. A primeira a visualização (*tree maps*) mostra, de forma hierárquica, a quantidade de empresas remetentes nas diferentes regiões. Nota-se que, na região Norte, foi registrado um maior número de empresas, enquanto que no Sudeste do Brasil, foram apontadas 807 empresas remetentes que operaram no setor madeireiro. Já no Sul, foi registrado um total de 717 empresas remetentes, no Centro-Oeste, 592 empresas, e no Nordeste, 338 empresas.

Na segunda visualização do tipo *tree map*, são apresentadas as quantidades de empresas destinatárias de transporte de produtos madeireiros. A região Norte apresentou 19.317 empresas, as regiões Sudeste e Sul reuniram 3.558 e 1.896 empresas, respectivamente, a região Centro-Oeste operou a partir de 861 diferentes empresas destinatárias, e finalmente, a região nordeste concentrou o menor número de registros, com 806 empresas destinatárias no transporte de carga de madeira.

No painel, são também apresentados os percentuais de empresas remetentes em cada região: Norte 36 %; Sudeste 21 %; Sul 19 %; Centro-Oeste 15%; e Nordeste 9 %. Nota-se um maior destaque da região Norte. Para empresas destinatárias, são registradas os seguintes percentuais: Norte 73 %; Sudeste 13%; Sul 7 %; Centro-Oeste 3, 26 %; e Nordeste 3,05 %.

Figura 13 – Armazenamento - Pátio de produtos madeireiros.

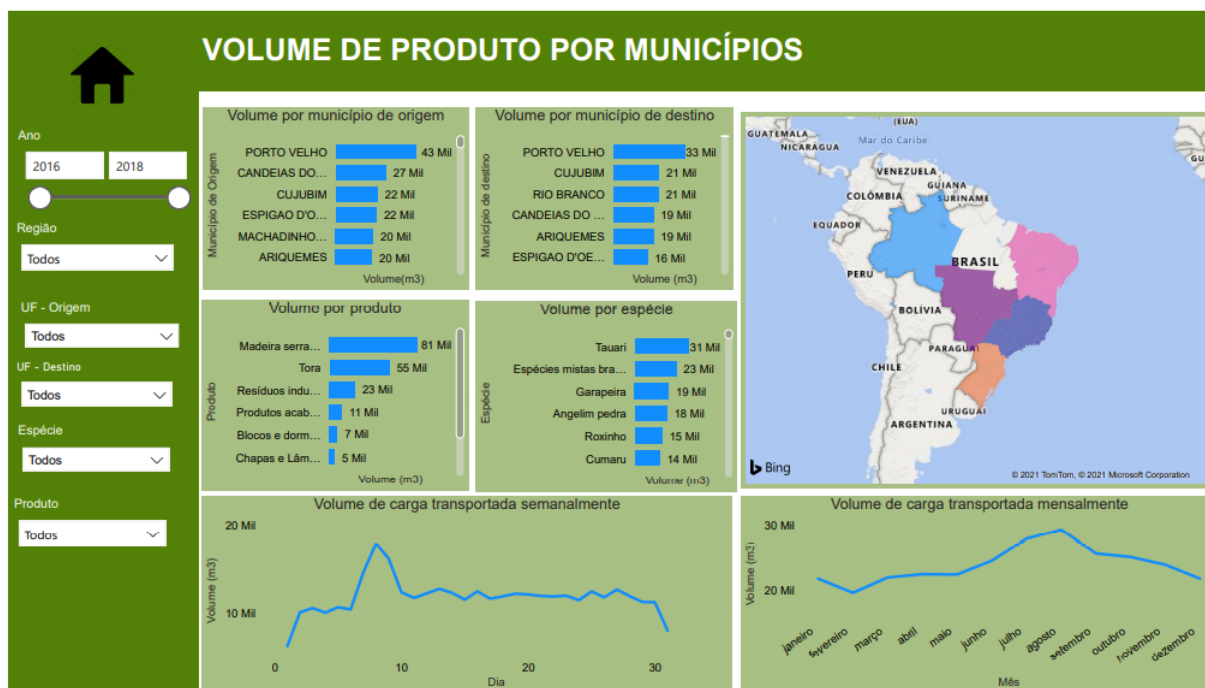


Fonte: Produzida pelo autor

Na Figura 13 – painel de armazenamento: pátio de produtos madeireiros, tem-se como objetivo apresentar o valor e o volume de produtos armazenados por pátio de origem e destino. O gráfico de barra apresenta o valor, por pátio de origem, onde é possível observar que o valor máximo registrado ao longo dos três anos analisados (2016-2018) foi de R\$ 61.978.512,00. Para pátio de destino de produtos florestais, o valor por pátio registrado foi de R\$ 58.004.839,00.

O gráfico de barra apresenta o volume de produtos armazenados no pátio de origem. O volume mais alto registrado foi de 6.664 m<sup>3</sup>, entre os anos de 2016 a 2018. Para o pátio de destino, o volume de máximo registrado foi de 6.776 m<sup>3</sup> ao longo do período avaliado, de produtos armazenados.

Figura 14 – Volume de produtos por Municípios



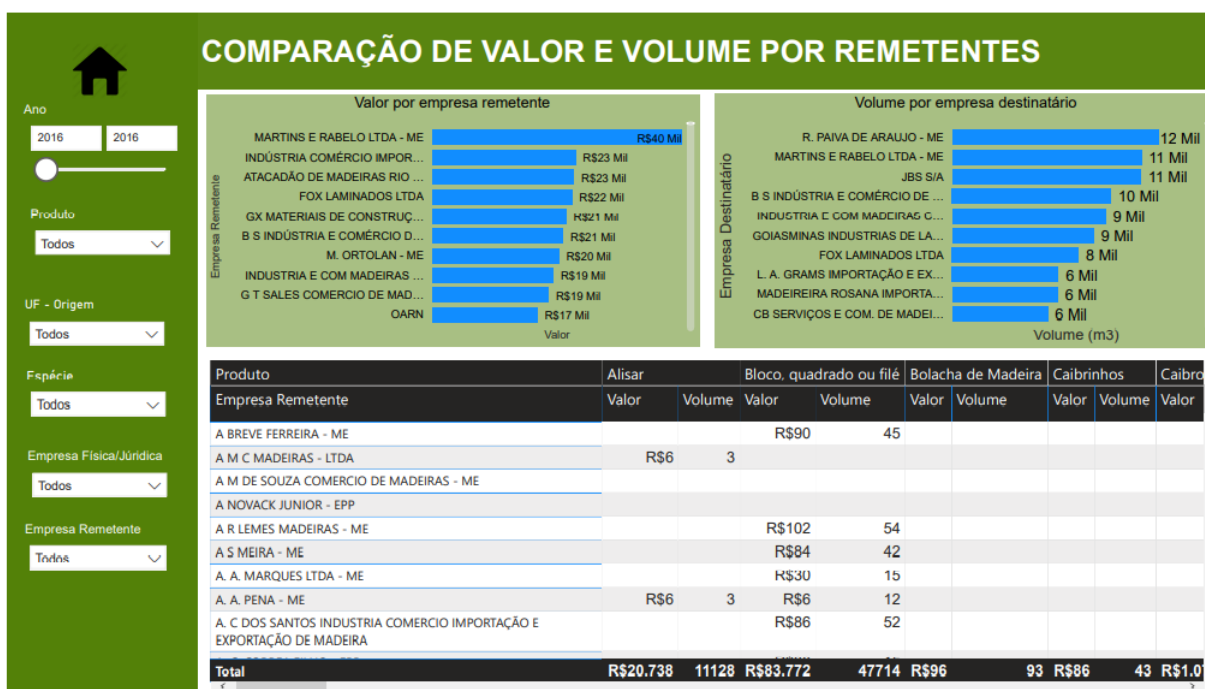
Fonte: Produzida pelo autor

Na Figura 14, é apresentado um painel com o título “Painel volume de produto por municípios”, com os seguintes filtros: ano, região, Estados de origem e destino, produto e suas respectivas espécies.

O gráfico de barras sumariza o volume de produtos por municípios de origem, em que é possível notar que o município com maior volume de produtos foi Porto Velho. Além disso, podemos observar que o município de destino com o maior volume de recebimento de produtos foi, também, Porto Velho. Ainda no mesmo painel, é apresentado um mapa geográfico das regiões (Municípios/Estados) receptoras de produtos transacionados.

Na parte inferior do painel, pode ser visualizar um gráfico de série temporal. Nota-se que, no primeiro gráfico, é mostrada a variação de transporte de produtos por volume cúbicos por semana; foi registrado maior frequência no transporte de carga no 8º dia do mês. Já no gráfico à direita, na parte inferior do painel, são exibidas as variações de transporte de produtos anualmente, sendo as variações mais elevadas registradas nos meses de julho e agosto. Tais variações máximas coincidem com os meses em que houve os maiores níveis de desmatamento na Amazônia, tal como já ilustrado na Figura 11, podendo ambos os eventos estarem relacionados entre si.

Figura 15 – Volume e valor por remetentes.

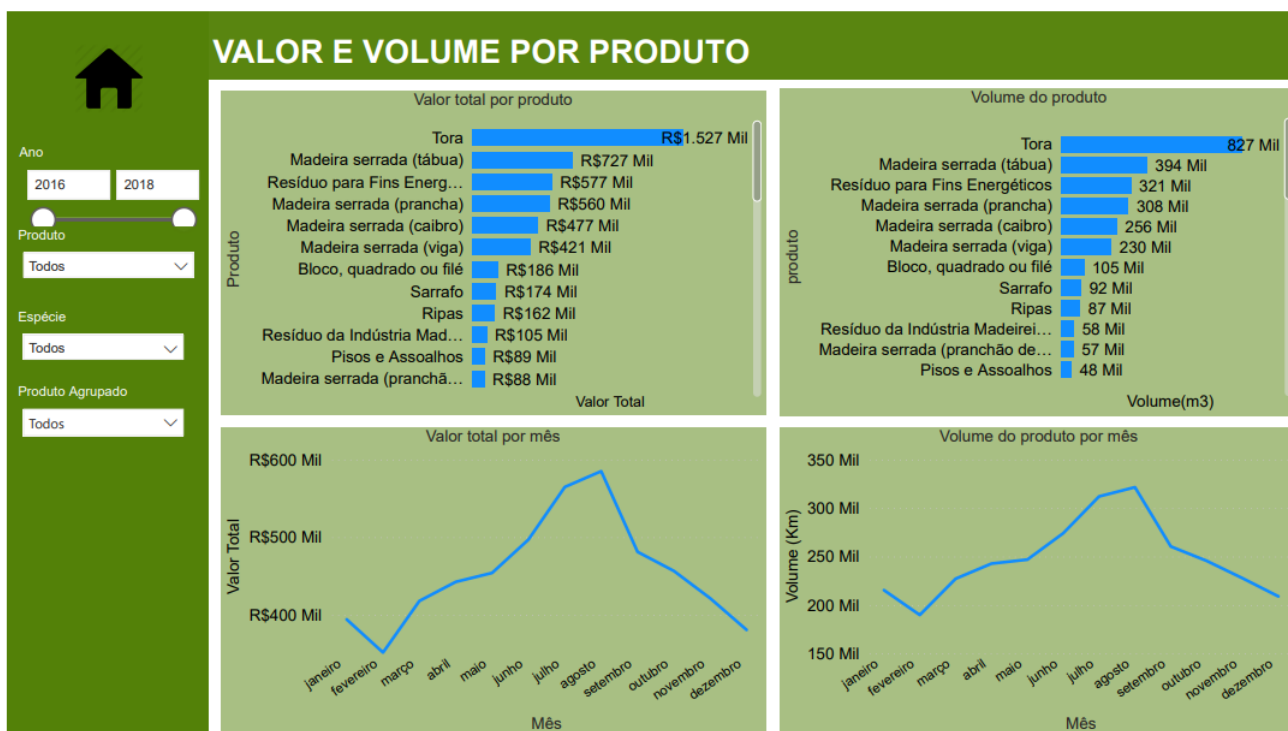


Fonte: Produzida pelo autor

A Figura 15 apresenta uma comparação de preços e volumes de produtos por empresas remetentes. O gráfico de barras exibe o valor por empresa remetente, sendo a empresa remetente com o valor mais alto na comercialização a empresa Martins e Rabelo LTDA - ME, como valor de R\$ 40 mil na comercialização de produtos madeireiros. Já com relação ao volume de produtos por empresa destinatária, tem-se em destaque a empresa destinatária R. Paiva de Araújo - ME com 12 mil  $m^3$  de produtos transportados.

Já a tabela apresentada no painel faz uma comparação de produtos comercializados por cada empresa remetente, com seus respectivos preços e volume. Nesse caso, pode-se notar que algumas empresas remetentes comercializaram o mesmo produto por preços diferentes. Por exemplo, o produto “Bloco, quadrado ou filé” foi comercializado na empresa A. R. Lemes Madeiras - ME por R\$ 102,00, com um volume total de 54  $m^3$ , ao passo que a empresa remetente A. A. Pena-Me, negociou o mesmo produto a preço de R\$ 6,00 correspondendo a um volume de 12  $m^3$ . Neste caso, aponta-se os seguintes fatores como possibilidade para essa divergência: tipo de espécie de madeira; que serve para gerar o produto beneficiado, a distância entre o pátio de armazenamento e as unidades de serraria e unidades de beneficiamento; os preços tendem a ser mais altos; tipos de veículos de carga no transporte de produtos madeireiros.

Figura 16 – Valor e volume da carga do produto transportado entre os anos 2016 a 2018.

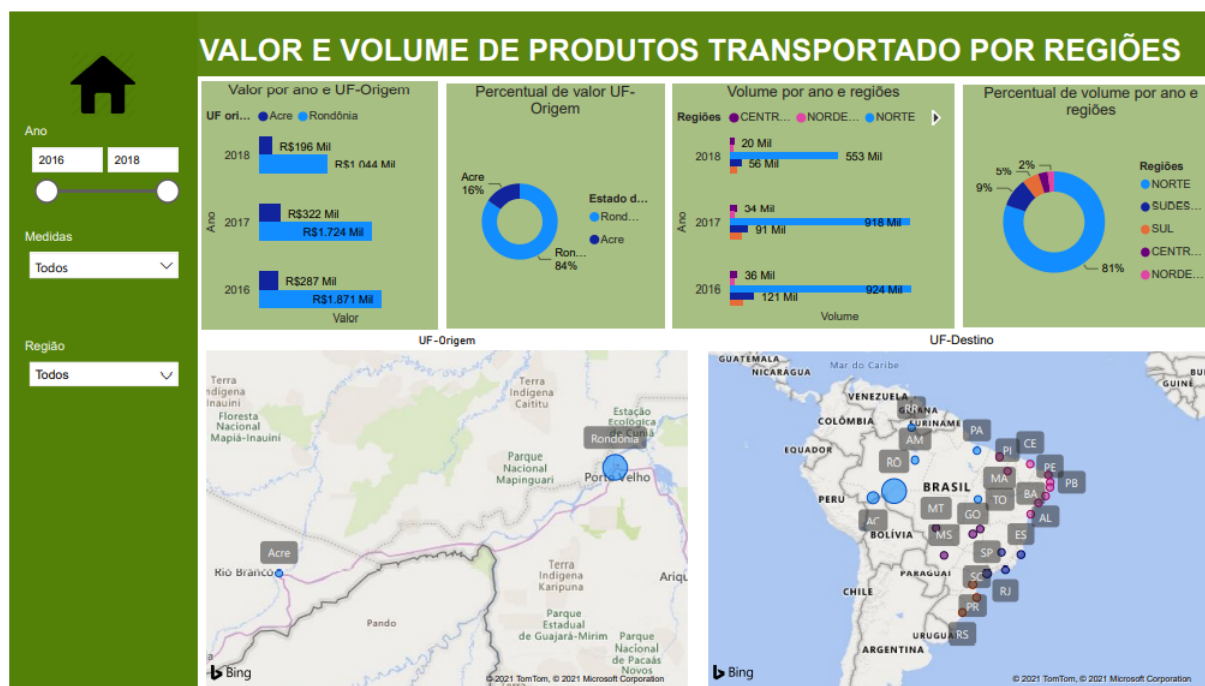


Fonte: Produzida pelo autor

A Figura 16 esquematiza o painel de valor/volume, por produto transportado, entre os anos 2016 a 2018. O gráfico de barras – valor total por produto – evidencia que a tora foi o produto com maior valor na comercialização e no transporte, de R\$ 1.527 mil ao longo de todo o período. Ele também aparece no plote de barras volume por produto considerado como o produto com maior representatividade no volume transportado e comercializado, isto é, um volume de 827 mil  $m^3$ . Já madeira serrada (tábua) é considerado como sendo segundo maior produto comercializado com um valor total de R\$ 727 mil, e um volume correspondendo à 394 mil  $m^3$ .

Ainda na Figura 16 – parte inferior do painel – são apresentadas as variações de valor e volume de produtos comercializados e transportados. No gráfico valor total de produto por mês, pode-se observar o mês de agosto com uma variação alta no valor ao longo do período analisado. Tratando-se do gráfico volume por produto, destaca-se o mês de agosto como sendo aquele que reúne os maiores registros de volumes no transporte de produtos madeireiros.

Figura 17 – Valor e volume de comercialização e transporte de produtos por Estados produtoras e consumidoras de Brasil entre os anos de 2016 a 2018.



Fonte: Produzida pelo autor

O *dashboard* representado na Figura 17 mostra o valor/volume por Estados produtores e Estados de destino de produtos, comparados por regiões do Brasil. O gráfico do tipo barras sumariza os Estados de origem, de produtos madeireiros, entre os anos 2016 a 2018. A partir dos dados, percebe-se que, ao longo de três anos, o Estado de Rondônia teve maior produção e comercialização de produtos madeireiros e o ano com maior produção foi o ano de 2016 com uma produção equivalente a R\$ 1.871 mil. A produção nos três anos teve um percentual de 84% em relação à produção e comercialização de produtos nativos florestais. O Estado do Acre (no ano de 2017) teve uma produção e comercialização de produtos madeireiros no total de R\$ 322 mil. Além disso, o percentual de produção nos anos de 2016 a 2018 no Estado do Acre atingiu 16%.

O gráfico de barras à direita do painel destaca o volume de produto por ano nos Estados destinatários de produtos madeireiros. Neste caso, a comparação de volume dos produtos foi analisada por região, onde notou-se que os principais destinos das madeiras foram as regiões do Norte, Sudeste e Sul. A percentagem de volume entre os anos de 2016 a 2018 foi de 81% para região Norte; a região Sudeste contou com uma percentagem de 9% de volume, e a região Sul atingiu 5%.

Finalmente, os mapas na parte inferior do painel da Figura 17 apresentam a distribuição de produtos para diferentes pontos. No mapa de UF-origem, é mostrado o Estado de Rondônia, destacado por uma bolha maior do que aquela referente ao Estado do

Acre, o que significa que o Estado de Rondônia teve maior produção comparado ao Estado do Acre, entre os anos de 2016 a 2018. Além disso, como medida comparativa entre os estados, tem-se a seguinte relação: quanto maior é a bolha, maior é o fluxo na transação de produtos. Para o mapa de UF-Destino, são apresentados os estados receptores de produtos madeireiros. Neste caso, destacam-se os Estados de Rondônia e do Acre, onde tem-se as seguintes distribuições: 84% (cor azul-clara – Rondônia) e 16% (cor azul escura – Acre).

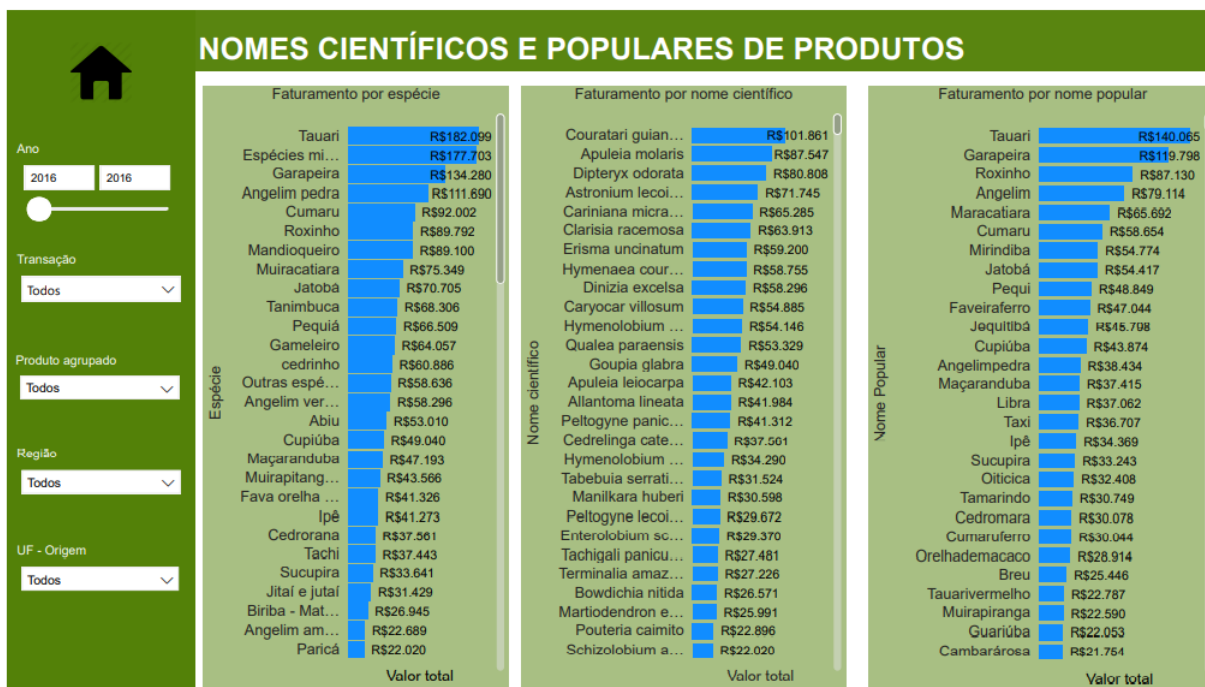
Figura 18 – Faturamento de produto agrupado por Região.



Fonte: Produzida pelo autor

Na Figura 18, é exibido o painel de faturamento de produtos agrupados, que pode ser filtrado por UF-origem, região e ano. Os *scores* delineados por retângulos indicam os produtos agrupados. Note que, a madeira serrada bruta apresentou o maior valor comercializado, de R\$ 2.652 mil, a seguir a tora, com R\$ 1.527 mil, ambas entre os anos de 2016 a 2018. Após os produtos agrupados acima citados, tem-se os resíduos industriais, com um valor estimado R\$ 695 mil. Com relação ao gráfico de barras de média de valor por produtos comercializadas, tem-se listados os subprodutos madeireiros ou produtos processados. Dentre estes, destacam-se: a madeira serrada (prancha), madeira serrada (tábua), a madeira serrada (viga) e os pisos e assoalhos. Finalmente, o gráfico do tipo “área preenchida” apresenta o volume de produtos agrupados anualmente. Neste caso, percebe-se que nos meses de abril e agosto para a madeira serrada bruta, foram os meses de maior volume na comercialização e transporte de produtos madeireiros. Também se destacam a tora, nos meses de maio e julho, com grande potencial para comercialização e transporte.

Figura 19 – Nome científico e popular das espécies da madeira transportadas entre os anos 2016 a 2018.

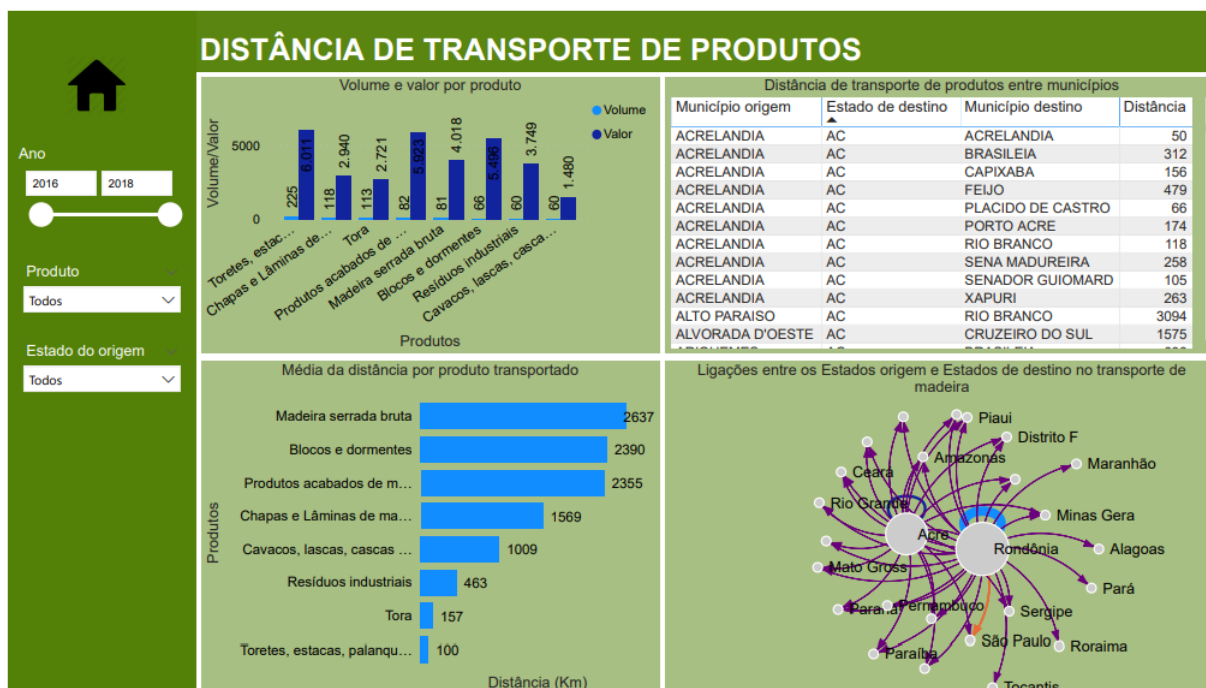


Fonte: Produzida pelo autor

A Figura 19 é constituída de um *dashboard* que contém o valor dos produtos por espécie, nome científico e nome popular. O *plot* apresenta as espécies das árvores comercializadas e transportadas; também são apresentados seus nomes científicos e populares de madeiras transportadas, com o destaque os produtos de nome popular: Tauri, Garapeira, Roxinho, Angelim, Maracatiara e Jatobá, Ipê, consideradas produtos com maiores valores no mercado madeireiro.

Assim, a partir do painel construído, é possível identificar os produtos/espécies de maior interesse no mercado madeireiro, além da relação dos nomes tanto científico como popular. Hoje são processadas nas indústrias de serraria não só as espécies conhecidas e de alto valor econômico, mas espécies alternativas que aos poucos estão ganhando o mercado de madeira. Aos poucos, as espécies mais conhecidas e de alto valor vão ficando mais escassas e a indústria passa a utilizar espécies que não eram comercializáveis, graças à inovação tecnológica e diversificação da produção.

Figura 20 – Distância de transporte de produtos.



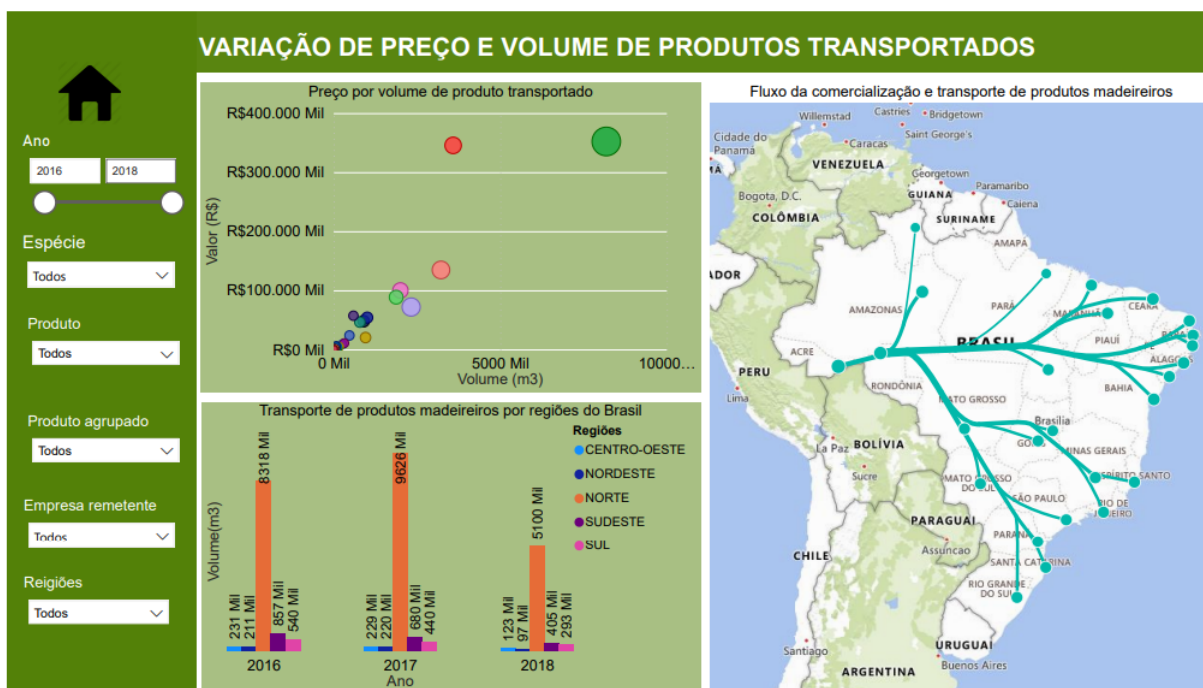
Fonte: Produzida pelo autor

Já na Figura 20, é apresentado um painel das distâncias percorridas no transporte da carga de produtos madeireiros. O painel é constituído pelos seguintes filtros: ano, produto, e estados de origem. No lado esquerdo superior do painel, foi traçado um gráfico de barras que mostra o valor por produtos. No gráfico de barras à esquerda na parte inferior do painel, é apresentada a média da distância dos tipos de produtos madeireiros que foram transportados, em que é possível concluir que toretes, estacas, palanques e toras de madeira tem sido os produtos transportados a distâncias menores.

No lado direito superior do painel, há uma tabela que lista as distâncias longas e curtas entre os municípios origem e destino no transporte de produtos madeireiros. Já no lado direito inferior, é apresentado um grafo direcionado, onde os vértices são Estados / Municípios, e as arestas são preço / distância, ou ainda, o custo do transporte. O grafo permite visualizar o relacionamento entre duas ou mais variáveis categóricas, isto é, ele ligar os Estado de origem aos Estados de destino no transporte de madeira. Assim, vê-se a partir do arco azul que liga ambas as extremidades nos mesmos (Estado/Município) vértices, que há municípios produtores e destinatários que dedicaram-se à extração e geração de produtos madeireiros, e as comercializaram e transportaram no mesmo estado.

Para além de produtos transportados localmente, a Figura 21 mostra um painel composto por um mapa de fluxo e um gráfico de barras, que evidencia que o transporte de produtos é feito em todas as regiões do Brasil. Notou-se que as regiões com maior número de registros são as regiões Nordeste, Norte e Sul, entre os anos de 2016 a 2018.

Figura 21 – Relação entre o valor e o volume.



Fonte: Produzida pelo autor

Na Figura 21, temos um painel o qual apresenta a relação entre o valor e o volume do produto transportado. O painel é constituído pelos filtros: ano, espécie, produto, produto agrupado e empresa remetente. Além disso, ele é composto por um gráfico de dispersão, que estabelece a relação de preço e volume do produto comercializado e transportado. A partir das visualizações construídas, notou-se que alguns pontos com grande volume de madeira foram registrados à preços significativamente baixos, bem como pequenos volumes de cargas transportadas com preços extremamente elevados. Estes acontecimentos podem ser explicados por que algumas espécies de árvores nobres e protegidas apresentam maior valor quando comercializadas no mercado.

No entanto, com o objetivo de encontrar possíveis irregularidades, pesquisou-se os locais onde volumes excepcionalmente baixos e preços extremamente altos foram declarados nos documentos do DOF. Ao explorar esses documentos, constatou-se que a mesma empresa declarou todos os registros, o que pode ser indício de algum tipo de irregularidade ou de documentos preenchidos de forma incorreta. Este é um caso real de análise direcionada por dados, em que uma verificação a partir de outros dados, ou ainda, uma inspeção de terreno poderia ser realizada de forma adequada a fim de dirimir dúvidas sobre a questão.

Ainda com relação à distância no transporte de produtos madeireiros, no âmbito das Figuras 20 e 21, estas mostraram como o custo de transporte pode variar de acordo a distância, a localização do pátio e dos centros de consumo. Quanto mais longa for a viagem, maior será o custo unitário por volume de madeira transportada. Vários fatores

estão relacionados ao transporte de cargas de madeira: os tipos de veículos, a distância de transporte, o valor unitário da carga, as condições em que se encontra a malha rodoviária, o tempo de espera para embarque e desembarque, a capacidade de carga em volume que o veículo carrega, condições locais e regionais. Neste caso, não é uma tarefa trivial realizar uma investigação completa apenas tomando documentos do tipo DOF, o que pode exigir também uma investigação mais abrangente de diferentes recursos e cruzamentos de fontes adicionais de dados.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo realizar uma Análise Exploratória de Dados da base do sistema DOF-IBAMA. Focou-se na exploração e visualização de dados referentes aos Estados de Rondônia e Acre, no período de 2016 a 2018. Através da revisão sistemática de literatura e do levantamento de requisitos realizado, chegou-se à escolha de quais modelos gráficos e ferramentas de visualização seriam mais adequadas para a exploração dos dados da base DOF-IBAMA.

Em particular, a pesquisa empregou diferentes estratégias e ferramentas de Visualização e Análise de Dados aplicadas à dados florestais, definidas a partir da revisão sistemática da literatura científica que, após as devidas etapas de seleção e adequação, resultou na inclusão de (12) estudos primários sobre o tema dados florestais e tópicos similares.

Após a análise dos dados, foi possível gerar sumarizações como os principais remetentes e destinatários de madeira, Estados com maior/menor número de carga transportada, relação dos valores *vs* volume de madeira transacionada, entre outras informações retidas na base. Além disso, tendo em conta os objetivos do trabalho, foram analisadas o número de emissões de DOFs, nos Estados origem e Estados destino no âmbito da comercialização e transporte de produtos madeireiros.

A partir da análise dos dados, a pesquisa apontou o Estado de Rondônia como aquele que atingiu o maior número de emissões DOFs 298 mil, além de classificar a região Norte do país como sendo aquele que emitiu maior número de registros destino 269 mil. Com base nos dados investigados, foi possível constatar que as regiões com maiores quantidades de empresas remetentes e destinatárias encontram-se, também, na região Norte. Quanto à natureza das empresas, foi possível concluir que as pessoas jurídicas são aquelas que predominam dentro do setor madeireiro.

Com relação aos produtos analisados, a tora foi considerada como o produto florestal bruto que obteve o maior montante em termos de registros, de R\$ 1.527 mil, equivalendo à 827 mil  $m^3$  na comercialização e transporte entre 2016-2018. Já a madeira serrada (tábua) figura como sendo o segundo produto mais comercializado, com um valor total agregado de R\$ 727 mil, e um volume correspondendo à 394 mil  $m^3$ .

Para os produtos agrupados, foram considerados: madeira serrada bruta; produtos acabados de madeiras; blocos e dormentes; resíduos industriais; cavacos, lascas, cascas e rachas; tora. Dentre esses, a madeira serrada bruta apresentou o maior valor na comercialização, R\$ 2.652 mil seguido de tora, com um valor R\$ 1.527 mil, ao longo dos anos de 2016-2018.

O estudo também apontou o Estado de Rondônia como aquele que deteve o maior índice de transações e transporte de produto madeireiros. Outra tendência observada a partir dos dados sumarizados foi de que os produtos são usualmente distribuídos e transportados localmente, em regiões produtoras, além de contemplar todas as regiões do Brasil. Notou-se, ainda, que as regiões com maior número de registros foram, nessa ordem: Nordeste, Norte e Sul.

Conclui-se que, de fato, a análise e a visualização dos registros presentes na base DOF-IBAMA, bem como a ferramenta interativa construída a partir dessa pesquisa pode ser útil para suportar, explorar e conduzir tarefas de auditoria do imenso conjunto de dados do sistema DOF, provendo assim mais agilidade no processo de análise das informações para aqueles que necessitam visualizar tais dados a fim de, por exemplo, fomentar políticas públicas e ações em campo para evitar o desmatamento de áreas florestais de preservação, incluindo dentro da própria Amazônia brasileira, bem como ajudar na manutenção da transparência na comunicação sobre os dados no formato aberto.

Para o desenvolvimento de pesquisas futuras, pretende-se prosseguir investigando tecnologias de desenvolvimento para ferramentas e técnicas de visualização com o objetivo de análise e visualização dos dados, de fluxo da produção de madeira, permitindo assim tomadas de decisões aos gestores, e desenvolver uma nova técnica visual para explorar dados Sistema DOF.

# Referências

- ADRIANA, L. Floresta amazônica. 2018. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/geografia/floresta-amazonica>>. Citado na página 21.
- AMARAL, F. et al. Towards providing effective data-driven responses to predict the covid-19 in são paulo and brazil. *Sensors*, n. 2, 2021. Citado na página 44.
- ARI, N.; USTAZHANOV, M. Matplotlib in python. In: IEEE. *2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*. [S.l.], 2014. p. 1–6. Citado na página 43.
- AZEVEDO, A. A. et al. Commodity production in brazil: Combining zero deforestation and zero illegality commodity production in brazil. *Elementa: Science of the Anthropocene*, University of California Press, v. 3, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- BIAZATTI, S. C. et al. Planejamento e produção florestal em área de concessão na amazônia ocidental. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 7, p. 8938–8953, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 77.
- BLIHARSCKI, A. M. Dof: documento de origem florestal no estado do paraná. 2014. Citado na página 30.
- BONA, D. A. O. de et al. Receita/custo da atividade de exploração florestal em um plano de manejo florestal sustentável na amazônia–estudo de caso. *Nativa*, v. 3, n. 1, p. 50–55, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 77.
- BRAGA, O. De quem é a amazônia? 2020. Disponível em: <<https://amazonasatual.com.br/de-quem-e-a-amazonia/>>. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 25.
- BRASIL. *Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos*. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm)>. Citado na página 26.
- BRITTO, A. d. S. et al. Caracterização da extração seletiva de madeira na reserva de desenvolvimento sustentável do juma e sua zona de amortecimento, sudeste do amazonas. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2015. Citado na página 22.
- CAVIGLIA-HARRIS, J. et al. Busting the boom–bust pattern of development in the brazilian amazon. *World Development*, Elsevier, v. 79, p. 82–96, 2016. Citado na página 23.
- FABIANO, C. et al. Problem 6: Análise de fluxo de produtos florestais brasileiros a partir dos dados do sistema dof do ibama. *IEEE Latin America Transactions*, CEMEAI - V Brazilian Study Group with Industry Report, 2019. Disponível em: <<http://www.cemeai.icmc.usp.br/eventos/com-parceiros/event/77-v-workshop-de-solucoes-matematicas-para-problemas-industriais>>. Citado na página 37.

FAO. Global forest resources assessment 2015. FAO Forestry Paper No.1, 2015. Disponível em: <<https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/a-i4793e.pdf>>. Citado na página 21.

FERREIRA, J. C. de S.; WATANABE, C. Y. V. Rondônia: Crime florestal em números (2013-2018). *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, v. 12, n. 1, p. 321–376, 2020. Citado na página 22.

GOMEZ-NIETO, E. et al. Dealing with multiple requirements in geometric arrangements. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, v. 22, n. 3, p. 1223–1235, 2016. Citado na página 17.

GOMEZ-NIETO, E. et al. Mixed integer optimization for layout arrangement. In: *2013 XXVI Conference on Graphics, Patterns and Images*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 115–122. Citado na página 17.

GRAINGER, S.; MAO, F.; BUYTAERT, W. Environmental data visualisation for non-scientific contexts: Literature review and design framework. *Environmental Modelling & Software*, v. 85, p. 299–318, 2016. Citado na página 17.

IBAMA. *Lei 12651, de 25 de maio de 2012*. 2012. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=127249>>. Acesso em: 02 Setembro 2020. Citado na página 18.

IBAMA. *Documento de Origem Florestal (DOF)*. 2016. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.

IBGE. *IBGE lança o Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil, em comemoração ao Dia Mundial da Biodiversidade*. [s.n.], 2004. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/12789-asi-ibge-lanca-o-mapa-de-biomas-do-brasil-e-o-mapa-de-vegetacao-do-brasil-em-comemoracao>>. Citado na página 21.

IMAZON. *Desmatamento acumulado dos últimos 11 meses cresceu 51 % na Amazônia, aponta Imazon*. imazon, 2021. Disponível em: <<https://imazon.org.br/imprensa/desmatamento-acumulado-dos-ultimos-11-meses-cresceu-51-na-amazonia-aponta-imazon/>>. Citado na página 24.

INPE. *Técnicos do suriname, guiana e peru recebem capacitação para monitorar desmatamento na bacia amazônica*. Centro Regional da Amazônia - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2017. Citado na página 25.

INPE. *DETER*). DETER, 2019. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/deter>>. Citado na página 23.

JIFENG, W.; KAINAN, Z.; JI, L. Database management of forest resource information based on 3s technology. In: IEEE. *2014 The Third International Conference on Agro-Geoinformatics*. [S.l.], 2014. p. 1–4. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 76.

KALERU, S.; DHANIKONDA, S. R. Exploratory data analysis and latent dirichlet allocation on yelp database. *Int. J. Appl. Eng. Res*, v. 13, n. 21, p. 15035–15039, 2018. Citado na página 38.

- KEENAN, R. J. et al. Dynamics of global forest area: Results from the fao global forest resources assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, Elsevier, v. 352, p. 9–20, 2015. Citado na página 21.
- KEIM, D. et al. Visual analytics: Definition, process, and challenges. In: *Information visualization*. [S.l.]: Springer, 2008. p. 154–175. Citado na página 39.
- KEIM, D. A. Information visualization and visual data mining. *IEEE transactions on Visualization and Computer Graphics*, IEEE, v. 8, n. 1, p. 1–8, 2002. Citado na página 39.
- KHAN, S. A.; VELAN, S. S. Application of exploratory data analysis to generate inferences on the occurrence of breast cancer using a sample dataset. In: IEEE. *2020 International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*. [S.l.], 2020. p. 449–454. Citado na página 38.
- KOBAYASHI, S. et al. Yearly variation of acacia plantation forests obtained by polarimetric analysis of alos palsar data. *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, IEEE, v. 8, n. 11, p. 5294–5304, 2015. Citado na página 76.
- KUMAR, S.; DHANDA, N.; PANDEY, A. Data science—cosmic infocet mining, modeling and visualization. In: IEEE. *2018 International Conference on Computational and Characterization Techniques in Engineering & Sciences (CCTES)*. [S.l.], 2018. p. 1–4. Citado na página 43.
- KURNIAWAN, C.; ROSMANSYAH, Y.; DABARSYAH, B. A systematic literature review on virtual reality for learning. In: IEEE. *2019 IEEE 5th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*. [S.l.], 2019. p. 1–4. Citado na página 31.
- LACERDA, L. C. et al. Análise operacional da extração florestal mecanizada em módulos próprios e terceirizados. *Nativa*, v. 3, n. 3, p. 205–209, 2015. Citado na página 22.
- LEITE, E. d. S. et al. Modelagem técnica e econômica de um sistema de colheita florestal mecanizada de toras curtas. Universidade Federal de Viçosa, 2012. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/730/1/texto%20completo.pdf>>. Citado na página 22.
- LEME, J. V. et al. Towards assessing the electricity demand in brazil: Data-driven analysis and ensemble learning models. *Energies*, v. 13, n. 6, 2020. Citado na página 38.
- LI, X.; WANG, Z. Design of king glory’s game query system based on python. In: IEEE. *2019 3rd International Conference on Electronic Information Technology and Computer Engineering (EITCE)*. [S.l.], 2019. p. 465–468. Citado na página 43.
- MARTIN, R. M. Deforestation, land-use change and redd. *Unasylva*, v. 59, n. 230, p. 3–11, 2008. Disponível em: <<http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/8434/Deforestation,%20land-use%20change%20and%20REDD.pdf?sequence=1>>. Citado na página 23.
- MATTHES, E. *Curso Intensivo de Python*. [S.l.]: Novatec Editora Ltda, 2016. Citado na página 38.

- MICROSOFT. *Tipos de visualização no Power BI*. 2020. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/visuals/power-bi-visualization-types-for-reports-and-q-and-a>>. Citado 3 vezes nas páginas 41, 42 e 43.
- MICROSOFT. *Referência de DAX (Data Analysis Expressions)*. Educa ibge jovens, 2021. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/dax/dax-overview>>. Citado na página 48.
- MONTAÑO, J. *DOF – Documento de Origem Florestal*. Ambientest, 2016. Disponível em: <<http://ambientesst.com.br/dof/>>. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 29.
- MORGADO, R. P.; BEZERRA, M. H. D. M. Dados abertos em clima floresta e agricultura uma análise da abertura de bases de dados federais. imaflo. piracicaba. CImaflo, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 17, 25 e 26.
- MOTTA, D. et al. A user-friendly interactive framework for unsteady fluid flow segmentation and visualization. *Journal of Visualization*, v. 21, p. 625–636, 2018. Citado na página 17.
- NEPSTAD, D. et al. Slowing amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. *science*, American Association for the Advancement of Science, v. 344, n. 6188, p. 1118–1123, 2014. Disponível em: <[http://earthinnovation.org/wp-content/uploads/2014/10/2014-SlowingDef\\_Nepstad\\_Science.pdf](http://earthinnovation.org/wp-content/uploads/2014/10/2014-SlowingDef_Nepstad_Science.pdf)>. Citado na página 23.
- NETZ AMIR; PAIGE, L. *Visual Awesomeness Unlocked – The Force-Directed Graph*. 2015. Disponível em: <<https://powerbi.microsoft.com/pt-br/blog/visual-awesomeness-unlocked-the-force-directed-graph/>>. Citado na página 42.
- NILES, K. D. et al. *TradeAnalysis Visualization Comparisons*. [S.l.], 2019. Citado na página 42.
- PAULA, M. et al. Predicting long-term wind speed in wind farms of northeast brazil: A comparative analysis through machine learning models. *IEEE Latin America Transactions*, v. 18, n. 11, p. 2011–2018, 2020. Citado na página 38.
- PEGORARE, A. B. et al. Análise do impacto da produção florestal no desenvolvimento econômico e ambiental de mato grosso do sul. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v. 8, n. 4, p. 9–18, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 78.
- PEREIRA, D. et al. Fatos florestais. *Belém: Imazon*, 2010. Disponível em: <[http://ift.org.br/wp-content/uploads/2014/11/FatosFlorestais\\_2010.pdf](http://ift.org.br/wp-content/uploads/2014/11/FatosFlorestais_2010.pdf)>. Citado 4 vezes nas páginas 22, 37, 77 e 78.
- PINAGÉ, E. R. et al. Avaliação temporal dos efeitos da exploração madeireira usando dados lidar. In: IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, JOÃO PESSOA . . . *Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. [S.l.], 2015. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 77.
- PRANDI, F. et al. WebGL virtual globe for efficient forest production planning in mountainous area. In: *Proceedings of the 20th International Conference on 3D Web Technology*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 143–151. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 77.

PRESTHUS, W.; CANALES, C. A. Business intelligence dashboard design. a case study of a large logistics company. *NOKOBIT*, v. 23, n. 1, 2015. Citado na página 44.

RAGAN-KELLEY, M. et al. The jupyter/ipython architecture: a unified view of computational research, from interactive exploration to communication and publication. In: *AGU Fall Meeting Abstracts*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 2014, p. H44D-07. Citado na página 43.

RAHM, E.; DO, H. H. Data cleaning: Problems and current approaches. *IEEE Data Eng. Bull.*, v. 23, n. 4, p. 3-13, 2000. Citado na página 38.

SABOGAL, C. et al. *Manejo florestal empresarial na Amazônia Brasileira*. Cifor, 2006. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/M-Boscolo/publication/240623488\\_MANEJO\\_FLORESTAL\\_EMPRESARIAL\\_NA\\_AMAZONIA\\_BRASILEIRA/links/0c96052c6dc08cb7cd000000/MANEJO-FLORESTAL-EMPRESARIAL-NA-AMAZONIA-BRASILEIRA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/M-Boscolo/publication/240623488_MANEJO_FLORESTAL_EMPRESARIAL_NA_AMAZONIA_BRASILEIRA/links/0c96052c6dc08cb7cd000000/MANEJO-FLORESTAL-EMPRESARIAL-NA-AMAZONIA-BRASILEIRA.pdf)>. Citado na página 22.

SAMVELYAN, A.; SHAPTALA, R.; KYSELOV, G. Exploratory data analysis of kyiv city petitions. In: IEEE. *2020 IEEE 2nd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC)*. 2020. p. 1-4. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9239185>>. Citado na página 17.

SCABIN, A. B. et al. Exploração ilegal de madeira no arquipélago de anavilhanas (amazônia central): variáveis humanas que determinam a distribuição espacial da exploração e efeitos estruturais sobre os táxons mais explorados. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2010. Citado na página 18.

SCHWARTZ, G. et al. Midterm effects of reduced impact logging on the regeneration of seven tree comercial species in the eastern amazon. *Forest Ecology and Management*, p. 116-125, 2012. Citado na página 23.

SHARDA, R.; DELEN, D.; TURBAN, E. *Business Intelligence e Análise de Dados para Gestão do Negócio-4*. [S.l.]: Bookman Editora, 2019. Citado 4 vezes nas páginas 40, 41, 44 e 45.

SILVA, F. A. P. d. R. C. et al. Quantificação e avaliação das principais espécies florestais licenciadas no estado do acre de 2005 a 2012. *Floresta e Ambiente*, SciELO Brasil, v. 22, p. 567-574, 2015. Citado na página 37.

SILVA, S. P. D. Análise técnica de planos de manejo florestal sustentável de rio branco, ac, no período de 2009 a 2011. 2013. Citado na página 22.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do forwarder na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. *Floresta*, p. 711-720, 2010. Citado na página 21.

SOUZA, J. et al. Using exploratory data analysis for generating inferences on the correlation of covid-19 cases. In: IEEE. *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*. [S.l.], 2020. p. 1-6. Citado na página 38.

- SUDAM. *Legislação da Amazônia*). Portal Gov.br Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/sudam/pt-br/aceso-a-informacoes/institucional/legislacao-da-amazonia>>. Citado na página 23.
- TIAN, T.; WANG, D.; ZHAO, X. Impacts of the land surface slope on forest spatial distributions. In: IEEE. *2019 8th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)*. [S.l.], 2019. p. 1–4. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 76.
- YANG, T. et al. The visual simulation technology in formatting forest management plan at unit level based on wf. In: IEEE. *2017 2nd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)*. [S.l.], 2017. p. 739–745. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 76.
- YU, C. Research of time series air quality data based on exploratory data analysis and representation. In: IEEE. *2016 Fifth International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)*. [S.l.], 2016. p. 1–5. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 76.
- YUE, S. Research on the key technologies of 3dgis for wisdom forest platform. In: IEEE. *2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*. [S.l.], 2018. p. 5–8. Citado na página 35.
- ZHANG, M. et al. Uncertainty-oriented ensemble data visualization and exploration using variable spatial spreading. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, IEEE, v. 27, n. 2, p. 1808–1818, 2020. Citado na página 17.

# Apêndices

# APÊNDICE A – Contribuições

Esta pesquisa de mestrado resultou nas seguintes contribuições científicas:

1. Luemba, M. E. Análise exploratória e visualização de dados florestais brasileiros a partir do sistema de Documento de Origem Florestal do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, *VI Congresso Internacional em Tecnologia e Organização da Informação – I Simpósio Organização e Representação da Informação e do Conhecimento (TOI.ECA.USP)*, 2021.
2. Luemba, M. E.; Kunzayila, N.; Casaca, W. Exploratory analysis and visualization of Brazilian forest data from the forest document system of the Brazilian Institute of the Environment, *International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2021)*, 2021 (**Google h5-index: 23, Qualis Ciências da Computação: A3**).

# APÊNDICE B – Estudos incluídos na revisão

Tabela 6 – Estudos incluídos na revisão.

Título	Autor (Ano)	Técnicas de visualização	Fonte de dados	Nome da ferramenta	Tecnologias de desenvolvimentos
Database management of Forest resource information based on 3S technology	Jifeng, Kainan e Ji (2014)	Mapa geográfico, tabela	Tecnologia 3s, Wuqi	Não possui	Não possui
Impacts of the Land Surface Slope on Forest Spatial Distributions	Tian, Wang e Zhao (2019)	Mapa geográfico, tabela	Modelo de Elevação Digital - DEM	ArcGIS	Não possui
Research on the Key Technologies of 3D GIS for Wisdom Forest Platform	Yu (2016)	Visualização 3D	Mapas digitais florestais e bases de dados SIG 2D	ArcGIS	C#, SQL Server.
The visual simulation technology in formatting forest management plan at unit level based on WF	Yang et al. (2017)	Visualização 3D, Gráfico de barra	Não possui	WF (Windows Workflow Foundation)	C#
The Yearly Variation of Acacia Plantation Forests Obtained by Polarimetric Analysis of ALOS PALSAR Data	Kobayashi et al. (2015)	Mapa geográfico, Projeção MDS do conjunto Iris, Mapa de calor, Gráficos de linhas	ALOS PALSAR 2007-2010	Não possui	Não possui

(continuação)

Título	Autor (Ano)	Técnicas de visualização	Fonte de dados	Nome da ferramenta	Tecnologias de desenvolvimentos
WebGL virtual globe for efficient forest production planning in mountainous area.	Prandi et al. (2015)	Visualização 3D	TLS, UAV	WebGL 3D	HTML5, WebGL, CSS
Receita/custo da atividade de exploração florestal em um plano de manejo florestal sustentável na amazônia – estudo de caso	Bona et al. (2015)	Tabela, gráfico de linha	Fazenda São Pedro, coordenadas geográficas Lat. -09°52'03" S; Long. -57°26'39" W no município de Nova Monte Verde – MT.	Não possui	Não possui
Planejamento e produção florestal em área de concessão na amazônia ocidental	Biazatti et al. (2019)	Mapa geográfico, gráfico de linha, tabela	Unidades de Produção Anual (UPAs) 04, 05, 06, 14 e 11, Unidade de Manejo Florestal III (UMF III) na Flona do Jamari, Rondônia	Não possui	Não possui
Avaliação temporal dos efeitos da exploração madeireira usando dados Lidar	Pinagé et al. (2015)	Mapa geográfico, gráfico de barra, tabela	Dados Lidar (Modelo Digital do Terreno (MDT))	Não possui	Não possui
Fatos Florestais da Amazônia 2010	Pereira et al. (2010)	Mapa geográfico, pizza, gráfico de linha, tabela	IBGE, Ipea, MMA e Imazon	Não possui	Não possui

(continuação)

Título	Autor (Ano)	Técnicas de visualização	Fonte de dados	Nome da ferramenta	Tecnologias de desenvolvimentos
Análise do impacto da produção florestal no desenvolvimento econômico e ambiental de Mato Grosso do Sul	<a href="#">Pegorare et al. (2018)</a>	Gráfico de linha	IBGE, Ipea, MMA e Imazon	software estatístico R	Não possui
Quantificação e Avaliação das Principais Espécies Florestais Licenciadas no Estado do Acre de 2005 a 2012	<a href="#">Pereira et al. (2010)</a>	Gráfico de barra, mapa geográfico, tabela	Divisão de Manejo Florestal (DIMF) do IMAC	Não possui	Não possui

Fonte - Produzida pelo autor.