UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL - PPGEF

DJEISON FELIPE VOOS

CADEIA PRODUTIVA DE *PELLETS* NO BRASIL: ANÁLISE DA EVOLUÇÃO E CENÁRIOS FUTUROS

LAGES SC

2024

Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da

Biblioteca Universitária Udesc,

com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Voos, Djeison Felipe
CADEIA PRODUTIVA DE PELLETS NO BRASIL: ANÁLISE DA EVOLUÇÃO E CENÁRIOS FUTUROS / Djeison Felipe Voos. -- 2024.
67 p.

Orientadora: Martha Andreia Brand
Coorientador: Flávio José Simioni
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2024.

1. Ambiente institucional. 2. Compactados de biomassa. 3. Nível organizacional. 4. Energia de biomassa. I. Brand, Martha Andreia. II. Simioni, Flávio José. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Titulo.

DJEISON FELIPE VOOS

CADEIA PRODUTIVA DE *PELLETS* NO BRASIL: ANÁLISE DA EVOLUÇÃO E CENÁRIOS FUTUROS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientadora: Dra. Martha Andreia Brand

LAGES SC

2024

Aos meus pais, amigos e a todos aqueles
quem esta pesquisa possa ajudar de alguma
forma.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Esta fase da minha vida é muito especial e não posso deixar de agradecer a Deus por toda força, ânimo e coragem que me ofereceu para ter alcançado minha meta.

Aos meus pais, Nofre e Marizete e meus irmãos Dener, Daiana e Dandara, por torcerem pelo meu sucesso, por estarem sempre presentes mesmo na distância, pelo amor, pelo apoio incondicional e por serem meus maiores incentivadores.

À professora Dra. Martha Andreia Brand por ter sido minha orientadora nesta etapa e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade. Obrigado pela confiança e oportunidades não apenas no mestrado, mas também durante toda a graduação.

Ao meu coorientador professor Dr. Flávio José Simioni pelos ensinamentos, apoio e conselhos.

À instituição de ensino, UDESC e todos os professores do PPGEF, que foram essenciais no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa e concessão da bolsa.

Aos meus amigos, o meu muito obrigado. Vocês foram fundamentais para minha formação, nunca negaram uma palavra de apoio, força e cumplicidade ao longo dessa etapa em minha vida.

E, por fim, agradeço todas as pessoas que, de alguma forma, foram essenciais para que alcançasse este objetivo.

Muito obrigado!

"Os desafios são o que tornam a vida interessante
e superá-los é o que dá significado à vida."

Joshua J. Marine

RESUMO

O presente estudo teve como propósito avaliar a evolução da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil ao longo dos últimos 10 anos e antecipar as potenciais oportunidades e desafios para a próxima década. Para isso, adotou-se o enfoque qualitativo, utilizando entrevistas semiestruturadas como método de coleta de dados. As entrevistas foram conduzidas por meio de questionários previamente elaborados, gravadas com permissão dos participantes e realizadas *online* entre março de 2023 a maio de 2024. A escolha dos entrevistados seguiu o método de amostra autogerada, ampliando-se a rede a partir das indicações dos entrevistados anteriores, e o número de entrevistas foi determinado pela técnica de saturação ou redundância. A análise dos dados foi realizada por meio da análise de conteúdo e da matriz SWOT, abordando temas como fornecimento de matéria-prima, tecnologias de produção, mercado consumidor, ambiente institucional e organização da cadeia produtiva. Os resultados revelaram um crescimento na produção, exportação e consumo interno de *pellets*, consolidando o setor no Brasil. Entretanto, o rápido e desordenado avanço resultou em empresas com conhecimento limitado, levando a processos ineficientes e produtos de qualidade inferior. Para os próximos 10 anos, a diversificação das matérias-primas, expansão de mercados, avanços em pesquisa e nacionalização de equipamentos são oportunidades que prometem impulsionar o setor. No entanto, desafios como a aceitação dos *pellets* como fonte de energia viável, alto custo dos equipamentos e falta de incentivos públicos e informações confiáveis precisam ser superados. Assim, a implementação de políticas direcionadas e o desenvolvimento de tecnologias eficientes são essenciais para garantir um crescimento sustentável e competitivo da cadeia produtiva de *pellets* nos próximos anos.

Palavras-chave: Ambiente institucional; Compactados de biomassa; Nível organizacional; Energia de biomassa.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the evolution of the *pellet* production chain in Brazil over the last 10 years and anticipate potential opportunities and challenges for the coming years. To achieve this, a qualitative approach was adopted, using semi-structured interviews as a data collection method. The interviews were conducted using previously prepared questionnaires, recorded with the permission of the participants and carried out online between March 2023 and may 2024. The choice of interviewees followed the self-generated sample method, expanding the network based on indications from previous interviewees, and the number of interviews was determined by the saturation or redundancy technique. Data analysis was carried out through content analysis and the SWOT matrix, covering topics such as raw material supply, production technologies, consumer market, institutional environment and organization of the production chain. The results revealed notable growth in the production, export and domestic consumption of *pellets*, consolidating the sector in Brazil. However, rapid and disorderly advancement has resulted in companies with limited knowledge, leading to inefficient processes and inferior quality products. Over the next 10 years, opportunities such as the diversification of raw materials, market expansion, advances in research and nationalization of equipment promise to boost the sector. However, challenges such as the acceptance of *pellets* as a viable energy source, high equipment costs and lack of public incentives and reliable information need to be overcome. Therefore, the implementation of targeted policies and the development of efficient technologies are essential to guarantee sustainable and competitive growth of the *pellet* production chain in the coming years.

Keywords: Institutional environment; Biomass compacts; Organizational level; Biomass energy.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
1.1 JUSTIFICATIVA 10
1.2 PROBLEMAS DE PESQUISA 11
1.3 HIPÓTESES 11
2. OBJETIVOS 12
2.1 OBJETIVO GERAL 12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
3. REVISÃO DE LITERATURA 13
3.1 *PELLETS* DE MADEIRA 13
3.2 ORIGEM DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE *PELLETS* DE MADEIRA NO BRASIL 15
3.3 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E CONSUMO DE *PELLETS* DE MADEIRA NO BRASIL 16
3.4 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E CONSUMO DE *PELLETS* DE MADEIRA NO MUNDO 19
3.5 EVOLUÇÃO DA EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO DE *PELLETS* DE MADEIRA DO BRASIL 21
3.6 APOIO E REPRESENTAÇÃO SETORIAL DA CADEIA PRODUTIVA NO BRASIL 23
3.7 SISTEMAS ORGANIZACIONAIS DA CADEIA PRODUTIVA DE BIOMASSA PARA ENERGIA 24
3.8 CONCEITO DE CADEIA PRODUTIVA 26
4 MATERIAL E MÉTODOS 28
5 RESULTADOS 32
5.1 PRODUTORES DE EQUIPAMENTOS 34
5.2 PRODUTORES DE *PELLETS* 36
5.3 MERCADO CONSUMIDOR 39
5.4 ASSISTÊNCIA TÉCNICA E CONSULTORIA 41
5.5 ANÁLISE SWOT 42
6. DISCUSSÃO 44
6 **CONSIDERAÇÕES FINAIS** 53
REFERÊNCIAS 55
APÊNDICES 62

1. INTRODUÇÃO

A produção de energia a partir de biomassa, especialmente por meio de *pellets* de madeira, tem se tornado uma prática globalmente difundida, impulsionada pelos esforços internacionais para promover fontes renováveis e reduzir as emissões de carbono (Irena, 2018). A Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP26) ressaltou a urgência da transição energética, ampliando a demanda por soluções sustentáveis, como os *pellets*, capazes de substituir combustíveis fósseis em diversas aplicações (Siyal et al., 2021).

A peletização, como processo de compressão de biomassa sólida para melhorar suas características de queima, tem se destacado como uma solução viável e eficaz. Por consequência, ocupam menor espaço e favorecem a logística. Seja no caso das biomassas da agricultura ou da silvicultura, a geração de energia se torna cada vez mais dinâmica por meio da peletização (Quenó, 2015).

A Agência Internacional de Energia (IEA), atribuiu ao mercado de *pellets* de madeira como o mais dinâmico dentre todas as *commodities* do setor de bioenergia. Parte desse dinamismo é devido às políticas e incentivos, que tem como propósito viabilizar a utilização de *pellets* em substituição às fontes derivadas de combustíveis fósseis (Irena, 2018; Fritsche et al., 2019; Junginger et al., 2019; Thrän et al., 2019).

Em 2023, a produção mundial de *pellets* atingiu aproximadamente 39,5 milhões de toneladas, e projeta-se um crescimento contínuo para 42,3 milhões de toneladas em 2024 (UNECE, 2023) (USDA Foreign Agricultural Service, 2024). A União Europeia (UE) é a principal consumidora, com um consumo de 25,6 milhões de toneladas em 2023, impulsionado pelo uso residencial e programas de incentivo para caldeiras de biomassa (USDA Foreign Agricultural Service, 2024).

Nos Estados Unidos, a capacidade de produção de *pellets* é robusta, com uma produção anual de 13,17 milhões de toneladas em 2024, grande parte destinada à exportação para a Europa (U.S. Energy Information Administration, 2024). No Brasil, embora a produção ainda seja relativamente modesta em cerca de 1 milhão de toneladas por ano, o potencial de expansão é significativo devido à abundante disponibilidade de biomassa (UNECE 2023).

No contexto brasileiro, um país com vastos recursos florestais, a produção de *pellets* de madeira tem emergido como uma oportunidade estratégica para o setor de biomassa. O

Brasil possui uma extensa área de florestas plantadas, uma alta produtividade média e um baixo intervalo de tempo entre o plantio e a colheita das árvores, oferecendo um cenário propício para o desenvolvimento dessa cadeia produtiva (Caires, 2022).

Especialistas em energia, no Brasil, têm promovido discussões acerca de mecanismos e políticas públicas voltadas para a estruturação de uma matriz energética mais sustentável, focada no incremento significativo da geração de energia a partir de biomassa. Entretanto, mesmo diante das inúmeras vantagens associadas ao uso dessa fonte renovável para a produção de energia, identificam-se obstáculos significativos à sua adoção nos setores econômicos com potencial para suprir essa crescente demanda (Goldemberg et al. 2002; Coelho et al., 2003; Coelho; Goldemberg, 2013; Coelho et al., 2021).

Sendo assim, a busca pela organização e estruturação da cadeia produtiva de *pellets* tem permitido ganhos de competitividade, graças a melhor exploração das oportunidades oferecidas por relações mais estreitas das empresas com seus fornecedores e clientes (Ferreira e Padula, 2002).

Aliado a isso, a metodologia de análise de cadeias produtivas para prospecção tecnológica objetiva identificar o comportamento futuro dos fatores críticos ao desempenho de cadeias produtivas, visando orientar as ações dos centros de P&D (Simioni e Hoeflich, 2007). Nesta mesma conjuntura, Castro (2002) destaca que o uso das cadeias produtivas, como enfoque sistêmico, e a prospecção tecnológica são importantes ferramentas para a gestão competitiva, representando uma vantagem que pode contribuir para melhorar a capacidade analítica dos estudos, aplicáveis a processos produtivos de qualquer natureza.

1.1 JUSTIFICATIVA

A justificativa deste estudo está fundamentada na necessidade de pesquisas de análise do desenvolvimento da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil, visto o seu crescimento acelerado e que ocorre de forma desestruturada. Com isso, propõe-se, desenvolver estudos subsidiários envolvendo a estrutura e o funcionamento da cadeia produtiva. Esse detalhamento é fundamental para a compreensão de quais fatores positivos estão impulsionando o mercado e se são pertinentes para subsidiar o desenvolvimento do setor. De fato, também é necessário compreender quais os principais fatores críticos que estão limitando a cadeia produtiva para que se possa criar um ambiente favorável para se capacitar mão de obra, estruturas para fortalecer a cadeia, desenvolvimento de tecnologia,

pesquisa e normatização. Assim, entendendo esses fatores, é possível descrever a situação atual da cadeia e ainda, prospectar a influência de fatores sobre o desempenho da cadeira produtiva de *pellets* no Brasil nos próximos 10 anos.

1.2 PROBLEMAS DE PESQUISA

Desta forma, as questões de pesquisa que estão sendo levantadas neste trabalho são:

Quais os fatores positivos e críticos relacionados ao **sistema de fornecimentos de matéria-prima** que impulsionaram ou impediram o desenvolvimento da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil, nos últimos 10 anos?

Quais os fatores positivos e críticos relacionados às **tecnologias de produção** que impulsionaram ou impediram o desenvolvimento da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil?

Quais os fatores positivos e críticos relacionados ao **mercado consumidor (interno e externo)** que impulsionaram ou impediram o desenvolvimento da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil?

Quais os fatores positivos e críticos relacionados ao **ambiente institucional (política públicas, ambiente econômico, crédito....)** que impulsionaram ou impediram o desenvolvimento da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil?

Como se encontra o **nível organizacional da cadeia produtiva** (normatização, capacitação de mão-de-obra, pesquisa) de *pellets* no Brasil?

1.3 HIPÓTESES

Em função da delimitação da pesquisa feita pelas questões de pesquisa, as hipóteses que serão submetidas a prova são:

Com relação à matéria-prima, o aspecto mais importante para o desenvolvimento da cadeia nos últimos anos foi a possibilidade de uso de resíduos para a produção de *pellets*. O principal fator crítico é a concorrência do uso dos resíduos ~~ou~~ para outros fins energéticos.

A logística de transporte do produto *pellets* foi o principal ponto positivo para o surgimento e instalação da cadeia produtiva. O principal fator crítico em termos tecnológicos são o custo e a operação (de produção e de manutenção) das plantas de peletização.

A inserção dos pequenos produtores no mercado interno permitiu o nascimento e implantação da cadeia produtiva. A instabilidade no fornecimento da matéria-prima é o principal fator crítico para o atendimento do mercado consumidor.

A cadeia produtiva de *pellets* vem se desenvolvendo sem políticas públicas voltadas ao setor. Haverá a criação de políticas públicas para o setor nos próximos 10 anos.

Atualmente as empresas desconhecem a existência da normativa nacional, mas passarão a utilizar a norma nacional, juntamente com a internacional em função do mercado de atuação.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Diagnosticar o desenvolvimento da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil nos últimos 10 anos e prospectar as potencialidades e limitações envolvidas no crescimento desta cadeia produtiva para a próxima década.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Descrever o panorama geral da cadeia produtiva de *pellets* do Brasil;
b) Analisar os fatores que limitaram e que contribuíram de forma positiva para a estruturação da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil na última década;
c) Determinar os fatores críticos que limitarão e os fatores positivos que impulsionarão o desenvolvimento da cadeira produtiva na próxima década.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *PELLETS* DE MADEIRA

Os *pellets* são biocombustíveis sólidos que podem ser produzidos a partir de resíduos da indústria agroflorestal, como a serragem ou maravalha de madeira, a casca de arroz e o bagaço de cana (figura 1). Eles são compactados com baixo teor de umidade (TU <10%), permitindo elevada densidade energética (Garcia et al., 2016b). A geometria regular e cilíndrica dos *pellets* permite ótima fluidez facilitando a automatização de processos comerciais e industriais de queima do produto. Além disso, é uma fonte de energia renovável e de fácil manuseio que ocupa pouco espaço na armazenagem (Garcia, 2013).

Figura 1. *Pellets* de madeira de diferentes matérias-primas.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

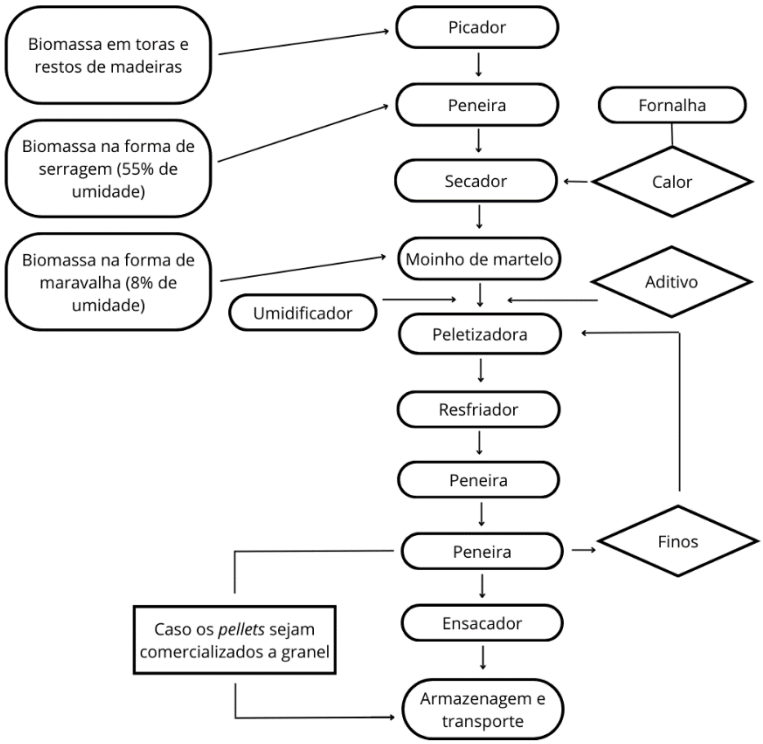
A utilização dos *pellets* traz benefícios ao meio ambiente por ser considerado energia de baixo carbono, ou seja, quase todo o CO_2 emitido na sua queima é recuperado no crescimento da biomassa florestal, minimizando as emissões de gases do efeito estufa (Liu et al., 2010; Kong et al., 2013; Garcia et al., 2016b). Por esse motivo, durante os últimos anos, esse biocombustível sólido se transformou em um importante recurso energético mundial, especialmente na Europa, onde seu mercado é estável e passa por um rápido desenvolvimento (Garcia et al., 2016).

O mercado de *Pellet* é dividido em dois, com dinâmicas e exigências diferentes. Para o uso residencial é utilizado para queima em fornalhas (lareiras) de aquecimento de ambientes ou por meio de alavancas internas que conduzem água por canos aos cômodos de casas ou edifícios comerciais ou; para uso industrial, comum na geração de energia elétrica, mas também pode ser utilizado para aquecimento, processos de secagem ou na

associação com outros combustíveis (tais como o carvão mineral, resíduos da colheita e processamento de produtos agrícolas), também denominados como co-combustão (Sartori, 2022).

As operações sucessivas que conduzem ao produto final podem ser inseridas em um fluxograma, como está representado na Figura 2.

Figura 2. Fluxograma simplificado do processo de peletização.



Fonte: Adaptado pelo autor de Quéno et al. 2019.

Contudo, a principal fonte de matéria-prima para a fabricação de *pellets* vem da atividade florestal. A transformação em *pellets* de subprodutos madeireiros e toras de baixo valor comercial produz um biocombustível de excelente qualidade, devido ao baixo teor de cinza (Wolf et. al., 2006).

As diversas matérias-primas florestais utilizadas são (i) os subprodutos da indústria madeireira de segunda transformação, maravalha, serragem e pó da indústria moveleira e de piso; (ii) os subprodutos da indústria madeireira de primeira transformação, serragem, costaneiras e desperdícios das serrarias; (iii) os resíduos da exploração florestal habitualmente não extraídos da floresta, como pontas, galhos e até mesmo tocos e (iv) a biomassa oriunda de plantações dedicadas com curta rotação e alta produtividade (Quenó et al. 2019).

Depois de recolhidos, triturados e secos, esses materiais são transformados em pó que, posteriormente, é comprimido para obter a forma final. Assim, de 6 a 8 metros cúbicos de serragem ou cavacos de madeira, depois de secos, processados e comprimidos, geram 1 metro cúbico de *pellets* de madeira. O resultado é um composto 100% natural de elevado poder calorífico (Quéno et al., 2019).

Alguns produtores utilizam um agente ligante (aditivo) de tipo lignossulfonato, amido de milho ou de batata, farelo de canola ou outra matéria vegetal para melhorar o processo de peletização, graças ao efeito de lubrificação dentro do molde, a fim de diminuir o consumo de energia e melhorar a durabilidade dos *pellets* (Ahn et al., 2014). O agente ligante varia em função do tipo de biomassa e da disponibilidade local. Contudo, os lignossulfonatos, que são subprodutos do processo de polpação sulfito da indústria de celulose, são os agentes ligantes mais utilizados pelos produtores de *pellets*, por terem poder aglomerante que aumenta a resistência mecânica do biocombustível. Em contrapartida, têm efeito negativo no seu valor calorífico e aumentam a emissão de monóxido de carbono. Por isso, as normas limitam o uso desses agentes ao máximo de 2% da massa total do produto (Tarasov et al., 2013).

3.2 ORIGEM DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE *PELLETS* DE MADEIRA NO BRASIL

A primeira planta de *pellets* para produção de energia que se tem notícia no Brasil é de 1994, da fábrica Battistela, localizada na cidade de Negrinhos, em Santa Catarina (Oliveira, 2012).

Em um estudo realizado pela Embrapa Agroenergia, em 2012, com 14 empresas produtoras de *pellets* e briquetes no Brasil, revelou que 72% destas foram criadas a partir do ano 2000 e que surgiram para suprir a crescente demanda por fontes de energia alternativas ao petróleo e à lenha. O estudo também mostrou que 80% das empresas analisadas situam-se nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Dias et al., 2012)

Já no estudo conduzido por Garcia et. al. (2013), no Brasil, existiam, pouco mais de nove plantas industriais que produziam *pellets*. Em uma pesquisa subsequente realizada por Garcia et al (2017) esse número aumentou para 13 empresas produtoras.

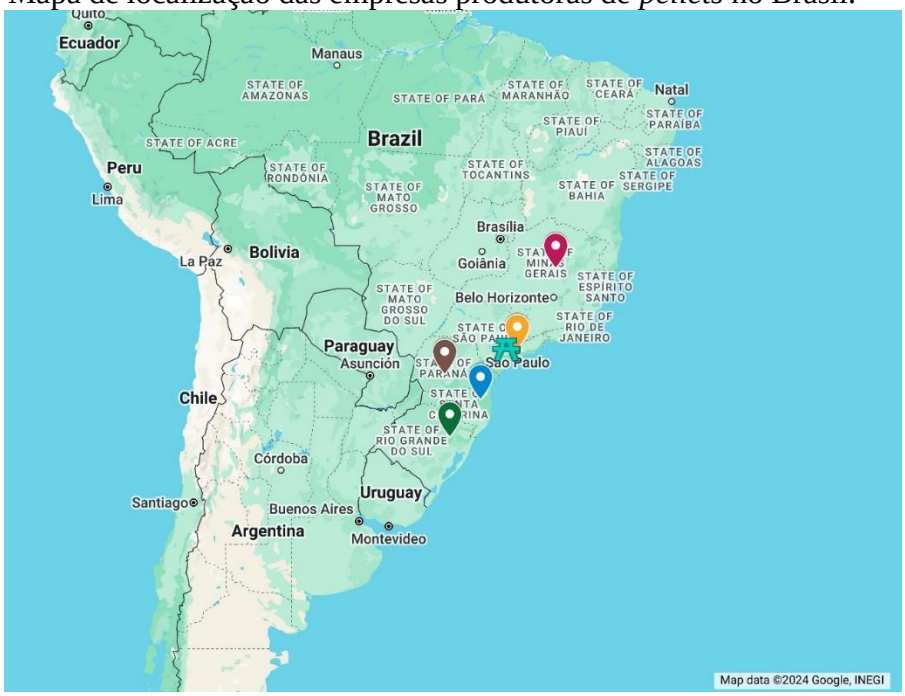
Com isso, em 2018, Garcia et al. (2018) em um estudo criaram um Mapa de Produtores de *Pellets* do Brasil que tinha como objetivo descobrir quais materiais lignocelulósicos são utilizados como matéria-prima e localizar as fábricas distribuídas no

país. O mapa está disponível de forma on-line podendo ser acessado via *smartphone* e sendo atualizado mensalmente.

Com base nos dados apurados nos formulários e compilados no Mapa criado em por Garcia et al. (2018), o Brasil apresentava 18 indústrias fabricantes de *pellets*, concentradas nas regiões Sul e Sudeste do país, nos estados de Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS).

Em 2021, o panorama revelou a presença de 33 empresas. Atualmente, em 2024, esse número aumentou significativamente para 66 produtores de *pellets*. Dentre eles, 23 fábricas estão localizadas no estado de Santa Catarina, 1 em Minas Gerais, 18 no Rio Grande do Sul, 17 fábricas no Paraná e 7 no estado de São Paulo, conforme relato da ABIPEL – Associados Brasil *Pellets* (Figura 3).

Figura 3. Mapa de localização das empresas produtoras de *pellets* no Brasil.



Fonte: Garcia et al.,(2018).

3.3 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E CONSUMO DE *PELLETS* DE MADEIRA NO BRASIL

No Brasil, observa-se um enorme potencial para a produção de *pellets* de madeira, isso porque o país possui uma extensa área de florestas plantadas que podem ser destinadas para este mercado, uma elevada produtividade média e um baixo intervalo de tempo entre o plantio e a colheita das árvores (Caires, 2022). Além disso, o Brasil possui uma produção elevada de resíduos madeireiros. Apesar disso, não existem projetos significativos para

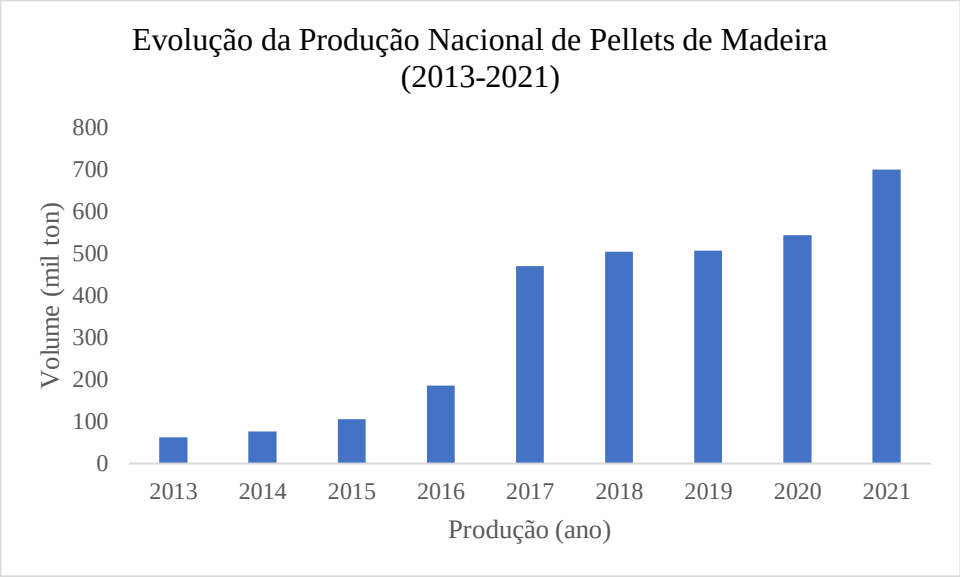
produção de *pellets* a partir desses resíduos. Isso ocorre porque eles não permitem sazonalidade no fornecimento de matéria-prima e possuem dificuldades para colocação no mercado, já que são produtos muito heterogêneos, adicionando complexidade nas condições de uso (Bioenergy Europe *Pellets* Report, 2021).

De acordo com a ABIMCI (2022), no Brasil, a produção de *pellets* de madeira tem se ampliado nos últimos anos. A ABIBEL também reforça e relata, que o mercado de *pellets* de madeira no país vem se movimentando cada vez mais rápido, a cada ano, e que empresários locais e até mesmo do exterior passaram a investir mais neste biocombustível, reforçando as previsões de que o Brasil venha a se tornar um forte *player* neste segmento. Ultimamente, os *pellets* energéticos começaram a ser consumidos com mais intensidade no país, principalmente em pizzarias, academias, hotéis, residências e em pequenas e médias indústrias.

Nas estatísticas da ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente em seu estudo setorial de 2022 sobre o Panorama Geral do Mercado Mundial e Brasileiro de *Pellets* de Madeira, o Brasil alcançou a 21ª colocação entre os países produtores de *pellets*, subindo 11 posições em relação à sua colocação em 2016.

A evolução da produção nacional de *pellets* ao longo da última década é apresentada na figura 4. No ano de 2021, o país registrou um aumento no volume de produção de 11 vezes em comparação ao de 2013. Naquele ano, a capacidade de produção brasileira era de 62 mil toneladas/ano. No entanto, em 2021, a produção alcançou a marca de 700 mil toneladas, apresentando um crescimento médio anual da produção de aproximadamente 32% (ABIMCI, 2022).

Figura 4. Evolução da produção nacional de *pellets* de madeira (2013-2021).

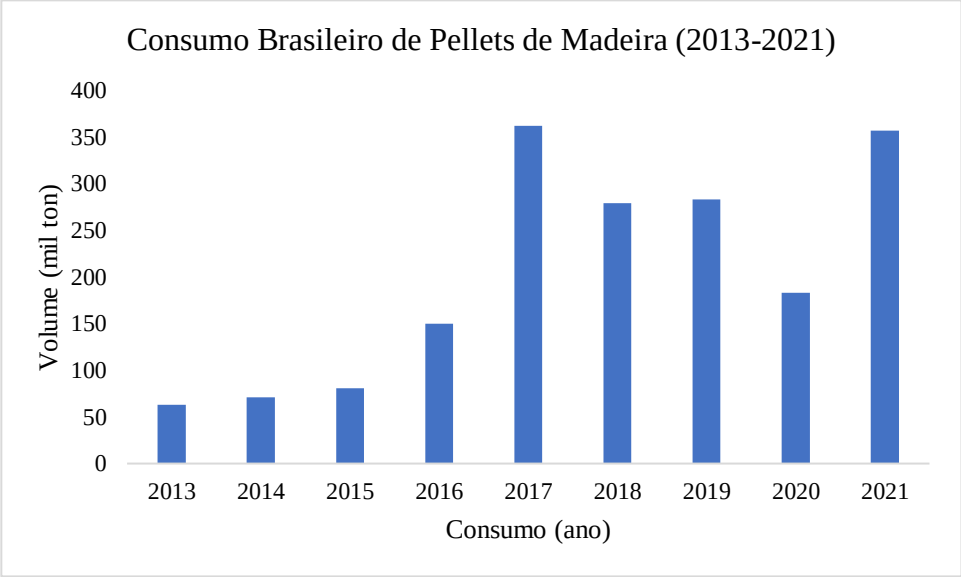


Fonte: elaborado pelo autor, modificado de FAO (2022), ABIMCI/STCP (Mar/2022).

A maior parte da produção é concentrada na região Sul, distribuídos pelos estados de Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, majoritariamente utilizando resíduos de serrarias ou de cavaco de pinus, concorrendo com outros setores que demandam madeira, e na região Sudeste, no estado de São Paulo, onde se concentra os plantios de eucalipto e pinus. A região sudeste, embora apresente maior disponibilidade de resíduos de florestas plantadas, o mesmo, fica no campo como adubo para o próximo plantio. A madeira retirada da floresta é destinada para abastecer o setor de celulose, painéis entre outros (Escobar, 2016).

Quanto ao consumo interno, verifica-se uma taxa de crescimento anual expressiva de 22,5%. Estima-se que, em 2021, o consumo nacional do produto tenha alcançado 357 mil toneladas representando um aumento de seis vezes, em relação ao consumo registrado em 2013, conforme ilustrado na figura 5.

Figura 5. Consumo brasileiro de *pellets* de madeira (2013-2021).



Fonte: elaborado pelo autor, modificado de FAO (2022), ABIMCI/STCP (Mar/2022).

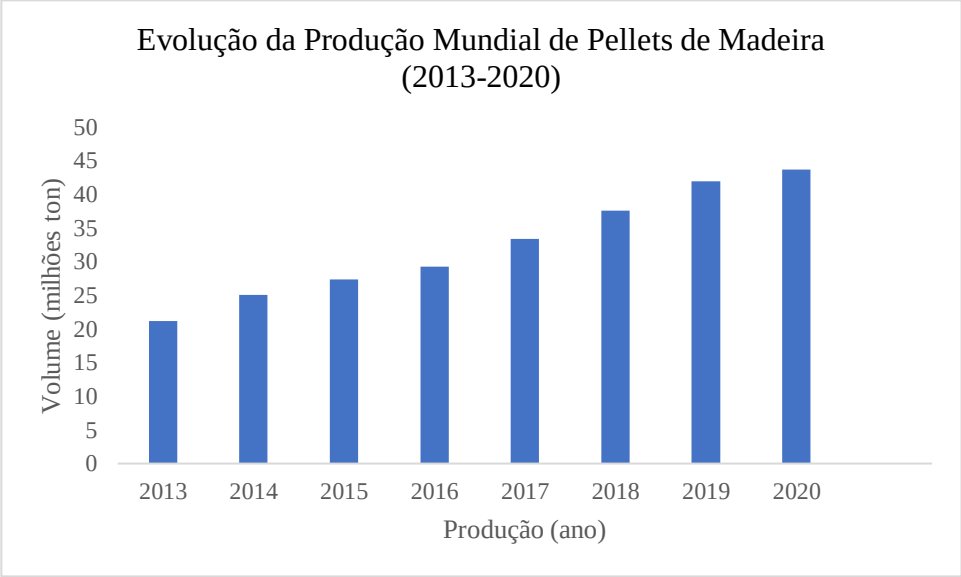
Esse consumo tem sido impulsionado por diversos setores, incluindo o agronegócio, com aplicações na secagem de grãos e no aquecimento de aviários (avicultura), na rede hoteleira para aquecimento de piscinas, chuveiros e calefação, além de ter presença marcante na indústria alimentícia, utilizada em caldeiras industriais e fornos, entre outras aplicações (ABIMCI, 2022).

3.4 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E CONSUMO DE *PELLETS* DE MADEIRA NO MUNDO

Obernberger e Thek (2010) projetaram que, com um crescimento anual de 10% da demanda mundial de *pellets*, entre 10% e 12% de toda a madeira industrial colhida no mundo seria transformada em *pellets* até o ano de 2025. No ano de 2014, os *pellets* de madeira já eram considerados um dos maiores produtos de biomassa sólida comercializados internacionalmente (GARCIA, 2014).

Segundo as estatísticas da ABIMCI 2022 apresentadas na figura 6 o crescimento anual confirma a projeção de Obernberger e Thek (2010), que foi de 11,7% e atingiu 43,7 milhões de toneladas em 2020.

Figura 6. Evolução da produção mundial de *pellets* de madeira (2013-2020).



Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de ABIMCI (2022), FAO (2022), compilado por STCP (Fev/2022).

O principal fator que impulsionou o consumo foi a decisão dos países pela redução de emissões e adoção de combustíveis renováveis. Garcia et al., (2018) também afirma que houve um expressivo aumento no número de fabricantes de *pellets* nos últimos anos. A expansão deste mercado, tanto no Brasil quanto no mundo, é explicada pela crescente demanda por fontes de energia de baixo carbono que sejam substitutas das fontes fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural), pois estes emitem gases do efeito estufa que contribuem para o aquecimento global.

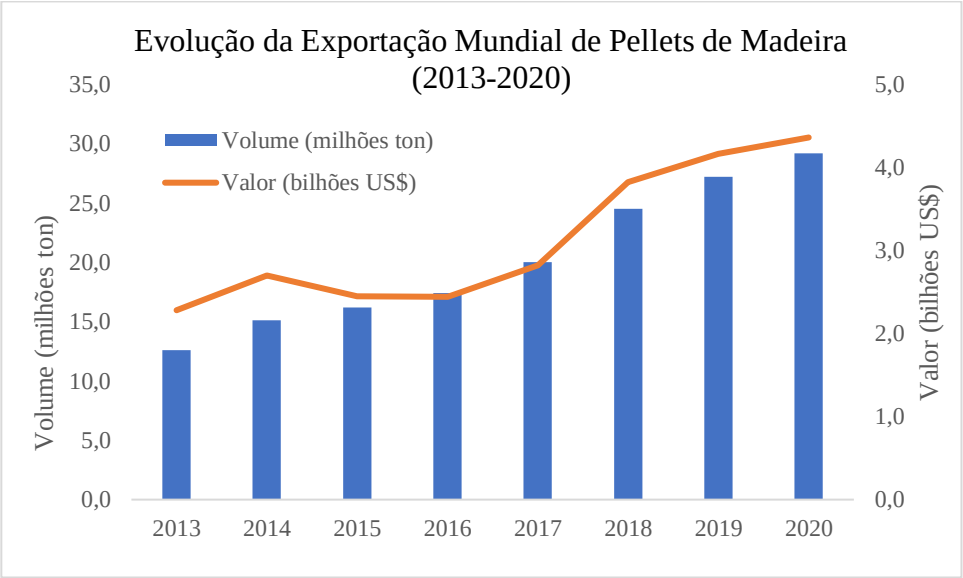
Além disso, na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 2021 (COP26), mais uma vez se destacou a tão necessária transição energética, e os *pellets* de madeira atendem essa necessidade mundial por energia limpa e renovável, substituindo o gás natural (das indústrias) e o carvão mineral (das termoelétricas). Portanto, com os compromissos firmados para a redução das emissões de dióxido de carbono (CO2) na atmosfera, é possível que aumente a procura por *pellets* para energia (Siyal et al., 2021).

Os Estados Unidos foram os principais produtores de *pellets* no mundo, sendo responsáveis por 19% do total em 2020. Outro produtor relevante foi o Canadá, com 9%. Atualmente, a União Europeia é o maior mercado consumidor de *pellets* de madeira, tanto pelo setor industrial (fornos, caldeiras, etc.) quanto para fins residenciais (calefação

doméstica). Em 2020, o Reino Unido foi o principal consumidor com 24% do total global, seguido pela Coreia do Sul (8%) e Alemanha (7%) (ABIMCI, 2022).

A evolução da exportação mundial de *pellets* de madeira, na última década, é apresentada na figura 7. No período, ela apresentou crescimento médio anual de 11,7% e atingiu 43,7 milhões de toneladas em 2020. O principal fator que impulsionou o consumo foi a decisão dos países pela redução de emissões e adoção de combustíveis renováveis (ABIMCI, 2022).

Figura 7. Evolução da exportação mundial de *pellets* de madeira (2013-2020).



Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de ABIMCI (2022), FAO (2022), compilado por STCP (Fev/2022).

Além de ser o principal produtor, os Estados Unidos também se configuram como principal exportador de *pellets* de madeira, respondendo por 25% do total comercializado no mercado internacional (2020). O Vietnã é o segundo maior exportador com 11% do total, seguido pelo Canadá. O Reino Unido é o principal importador mundial de *pellets*, responsável por absorver, em 2020, 36% do total, seguido pela Coreia do Sul (12%) e Dinamarca (10%) (ABIMCI, 2022).

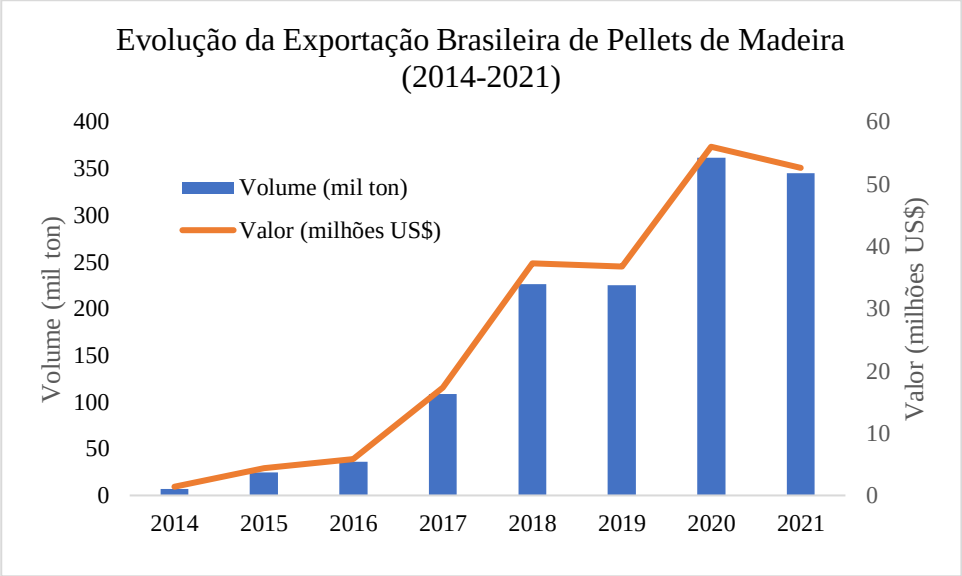
3.5 EVOLUÇÃO DA EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO DE *PELLETS* DE MADEIRA DO BRASIL

O Brasil é um ator muito importante no mercado mundial de papel e celulose e na produção de painéis aglomerados à base de madeira; possui uma cadeia produtiva já

organizada para a exportação de produtos transformados e sofisticados, mas ainda estava ausente no mercado internacional de *pellets*, até 2015 (Quéno, 2015).

Em 2021, conforme os dados setoriais da ABIMCI (2022), o Brasil exportou 345 mil toneladas. A região Sul respondeu por praticamente 100% do total exportado pelo país. O Estado do Rio Grande do Sul atualmente é responsável por 46% das exportações, seguido por Santa Catarina (39%) e Paraná (15%) (figura 8).

Figura 8. Evolução da exportação brasileira de *pellets* de madeira (2014-2021).

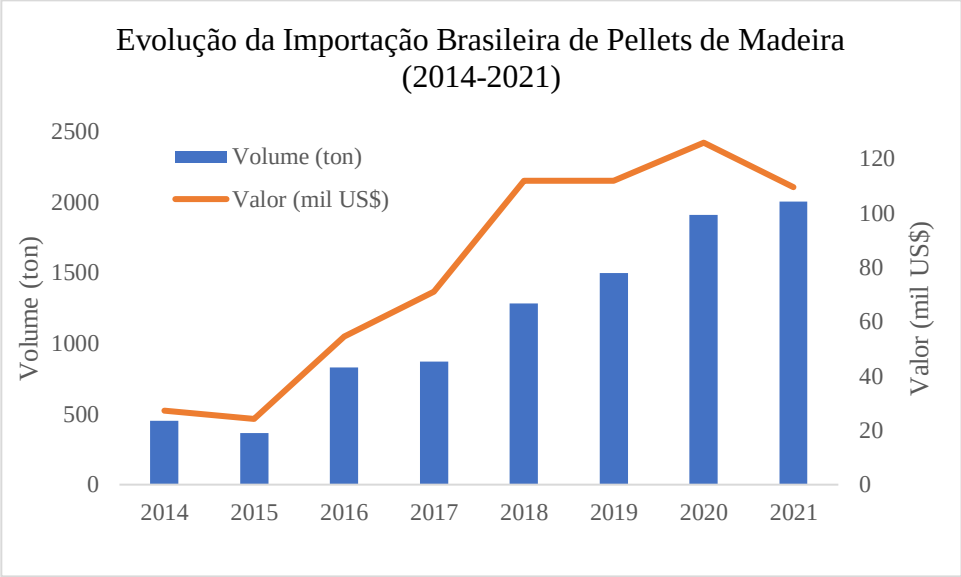


Fonte: elaborado pelo autor, modificado de ABIMCI (2022), Ministério da Economia/Comex Stat (2022), compilado por STCP (Fev/2022).

No mercado de calefação, a Itália é a maior consumidora mundial desse produto e também o principal destino do *pellet* exportado pelo Brasil (mais de 50%). O Reino Unido é o segundo principal destino, absorvendo 44% do *pellet* brasileiro (ABIMCI, 2022).

Ocorrem também importações do produto pelo Brasil, mas os volumes são pequenos. A evolução das importações, ao longo da última década, é mostrada na figura 9. Em 2021, o país importou cerca de 2 mil toneladas de *pellets* (ABIMCI, 2022).

Figura 9. Evolução da importação brasileira de *pellets* de madeira (2014-2021).



Fonte: elaborado pelo autor, modificado de ABIMCI(2022), Ministério da Economia/Comex Stat (2022), compilado por STCP (Fev/2022).

O consumo mundial de *pellets* deve continuar apresentando índices de crescimento, bem como a demanda nacional pelo produto. Entre os fatores que impulsionarão esta demanda estão a busca por energias limpas e sustentáveis como forma de mitigação do aquecimento global, o aumento nos preços internacionais de petróleo, entre outros (ABIMCI, 2022).

3.6 APOIO E REPRESENTAÇÃO SETORIAL DA CADEIA PRODUTIVA NO BRASIL

Apesar de se produzir *pellets* há muitos anos, o Brasil não possuía normas específicas para análise de suas propriedades até o ano de 2021.

Antes desse período, era comum a adaptação de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1981) como a NBR 6922 que trata de ensaios físicos, determinação de massa específica e densidade a granel para o carvão vegetal. Entretanto, esses métodos podem não ser aceitos no mercado externo, criando assim barreiras técnicas para as exportações brasileiras (Rangel, 2018).

As Normas asseguram um padrão de qualidade deste biocombustível sólido em conformidade com critérios técnicos e ambientais, associando um conjunto de diferentes atores envolvidos direta ou indiretamente nessa cadeia energética, sejam produtores, consumidores e fabricantes de equipamentos (Verhoest e Ryckmans, 2012).

Para os consumidores desse biocombustível sólido, os certificados comprovam o cumprimento das normas que lhes possibilitam fazer a escolha mais adequada para os requisitos do sistema de aquecimento de sua residência, do seu comércio ou para as necessidades de sua indústria, garantindo-lhes uma energia com o custo controlado (Sopha e Klöckner, 2011).

Para as indústrias produtoras, a certificação é um meio eficaz de garantir a confiabilidade de seus produtos para atrair e manter novos clientes, melhorar sua qualidade de produção, graças aos controles regulatórios exigidos. E, finalmente, estruturar sua oferta em função dos preços que o mercado oferece, conforme a classificação introduzida pelas normas. Graças à aplicação de uma rigorosa normalização de sua produção, uma empresa consegue demonstrar liderança de mercado e criar vantagem competitiva (Hughes et al., 2014).

Finalmente, para os fabricantes de caldeiras, fogões e outros equipamentos destinados à conversão energética de *pellets*, as normas constituem uma ferramenta eficaz para proteger a durabilidade de suas instalações contra os agentes agressivos, que podem produzir um biocombustível de má qualidade e, consequentemente, orientar o consumidor na escolha das instalações mais adequadas às suas necessidades. Além de permitir fazer as recomendações na compra do biocombustível com características desejáveis (Quenó, 2015);

As normas estabelecem uma série de exigências (valores mínimos e máximos de diferentes parâmetros que regem a qualidade de um *pellet*), de protocolos (métodos de determinações desses respectivos valores bem como da própria organização da produção dos *pellets*) e de especificações técnicas (documentos que descrevem as exigências técnicas que um *pellet* deverá satisfazer para a geração de calor) (Quenó, 2015).

3.7 SISTEMAS ORGANIZACIONAIS DA CADEIA PRODUTIVA DE BIOMASSA PARA ENERGIA

A cadeia produtiva de *pellets* conta com diversos tipos de fornecedores de matéria-prima: empresas reflorestadoras, agroindustriais (principalmente do setor canavieiro), serrarias, laminadoras, fábricas de compensados e painéis de madeira reconstituída, agroindústrias, até prefeituras que entregam restos de podas urbanas e trabalhadores rurais que vivem de atividades extrativistas (Tavares & Tavares, 2015).

A busca de organização, sob a forma de cadeia produtiva, tem permitido ganhos de competitividade, graças a melhor exploração das oportunidades oferecidas por relações mais estreitas das empresas com seus fornecedores e clientes (Ferreira e Padula, 2002).

Aliado a isso, a metodologia de análise de cadeias produtivas para prospecção tecnológica objetiva identificar o comportamento futuro dos fatores críticos ao desempenho de cadeias produtivas, visando orientar as ações dos centros de P&D (Simioni e Hoeflich, 2007). Nesta mesma conjuntura, Castro (2002) destaca que o uso das cadeias produtivas, como enfoque sistêmico, e a prospecção tecnológica são importantes ferramentas para a gestão competitiva, representando uma vantagem que pode contribuir para melhorar a capacidade analítica dos estudos, aplicáveis a processos produtivos de qualquer natureza.

Simioni et al., (2007), enfatizam que os estudos sobre cadeia produtiva no Brasil passaram a ter importância em virtude da ênfase que tem sido dada ao agronegócio. No setor florestal, denominado como “agronegócio florestal” pelos mesmos autores, os termos agronegócio, sistema e complexo agroindustrial, setor, bem como cadeia produtiva, ainda são bastante recentes e não se mostram suficientemente claros para quem está envolvido no setor.

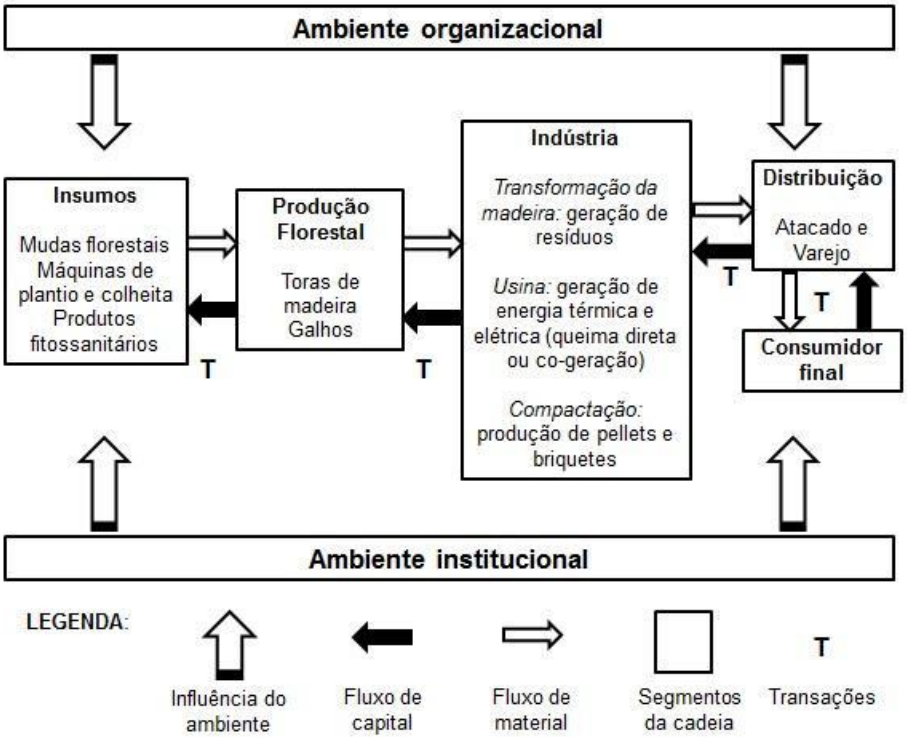
Dessa forma, a figura 10 mostra o esquema da cadeia produtiva de energia. Esta cadeia produtiva é composta pelas empresas fornecedoras de insumos florestais, necessários para a formação das florestas (produção florestal), desde o cultivo de mudas até os cuidados fitossanitários. No processamento industrial ocorrem as transformações da madeira, que podem ser primárias, secundárias ou terciárias. Fazem parte da transformação primária as serrarias e laminadoras, da secundária as indústrias de transformação mecânica e beneficiamento, e da terciária as indústrias que produzem produtos finais, como as moveleiras e convertedoras de papel (Simioni et al., 2007).

Estas etapas de transformação geram resíduos, que passam a ser chamados de matéria-prima e são reaproveitados nas usinas para geração de energia térmica ou elétrica, por meio da combustão direta ou da co-geração. Estes mesmos resíduos também podem ser empregados no processo de compactação, gerando *pellets* e/ou briquetes. Os produtos gerados, seja energia ou os compactados, são distribuídos até chegar ao consumidor final (Nones, 2014).

Os ambientes organizacional e institucional influenciam toda a cadeia produtiva (Nones, 2014). O ambiente institucional constitui o que alguns autores definem de “regras do jogo”, que promovem o desenvolvimento das atividades econômicas, bem como as ações políticas, legais e sociais que governam a base da produção, troca e distribuição (Williamson, 2000).

O ambiente organizacional compõe-se de estruturas criadas para dar suporte ao funcionamento das cadeias produtivas, compreendidas pelas universidades, órgãos de pesquisa, normalização, fiscalização, associações, cooperativas, sindicatos, e as próprias empresas. Essas organizações são constituídas por indivíduos que acreditam que as ações grupais são mais eficientes que as individuais, e assim, podem atuar de forma coordenada e coletiva, visando os seus interesses e agir em um ambiente institucional que estabelece regras formais e informais que podem limitar ou desenvolver as ações das organizações (Pondé, 1994; North, 1994 e Cunha, 1999).

Figura 10. Esquema da cadeia produtiva de energia de biomassa.



Fonte: Nunes 2014, adaptado de Simioni (2007) e Castro et al. (2002).

3.8 CONCEITO DE CADEIA PRODUTIVA

A cadeia produtiva é caracteriza pela soma de todos os procedimentos de produção e comercialização que foram fundamentais para transformar uma ou várias matérias de

base em um produto final, bem como os agentes envolvidos (*stakeholders*) no processo produtivo e tecnologia adotada. Ou seja, considera-se a chegada do produto acabado até o usuário, que pode ser um particular ou organização (Batalha, 1997; Silva, 2005; Faria et al., 2013).

Nesse sentido, considera-se elo de uma cadeia produtiva toda empresa ou agente que tenha a ganhar com seu crescimento ou perder com sua atrofia. Assim, uma cadeia produtiva representa uma sucessão linear de operações técnicas de produção que podem funcionar como metodologia de análise da estratégia das firmas presentes na cadeia, ou também, como ferramenta para análise da competitividade das cadeias agroindustriais, ao se analisar aspectos referentes aos relacionamentos, fluxos de informações e recursos, posicionamento de elos e organização da cadeia (Batalha,1995).

Zylbersztajn e Neves (2000), para a sua análise, consideram os subsistemas das cadeias produtivas agroindustriais: produção, transformação, distribuição e consumo. No conceito de sistema agroindustrial, observa-se que as relações verticais de produção entre os segmentos da cadeia produtiva são consideradas parâmetros para a elaboração de estratégias empresariais, bem como a implementação de políticas públicas. Destaca-se que, dentro do conceito de *agrobusiness*, o consumo é considerado como parte fundamental do sistema, podendo moldar toda a cadeia, tendo em vista que os estímulos dos consumidores podem transformar os demais elos da cadeia que antecedem o consumo.

As cadeias produtivas têm sido utilizadas como nível de análise de diversas pesquisas, pois o melhor gerenciamento dessas pode promover melhorias a todos os elos. Por meio da análise prospectiva de cadeias produtivas, Castro (2000) afirma ser possível:

a) Identificar fatores críticos de competitividade (eficiência, qualidade) e sustentabilidade ambiental, em relação a cadeias produtivas competidoras, principalmente em relação aos elos agrícola e agroindustrial;

b) Oferecer subsídios à elaboração de políticas públicas de melhoria de competitividade das cadeias estudadas;

c) Oferecer subsídios aos integrantes da cadeia estudada para aprimoramento da coordenação e da competitividade;

d) Buscar novas oportunidades para melhoria da competitividade da cadeia produtiva, contribuindo para o planejamento do desenvolvimento setorial e regional.

4 MATERIAL E MÉTODOS

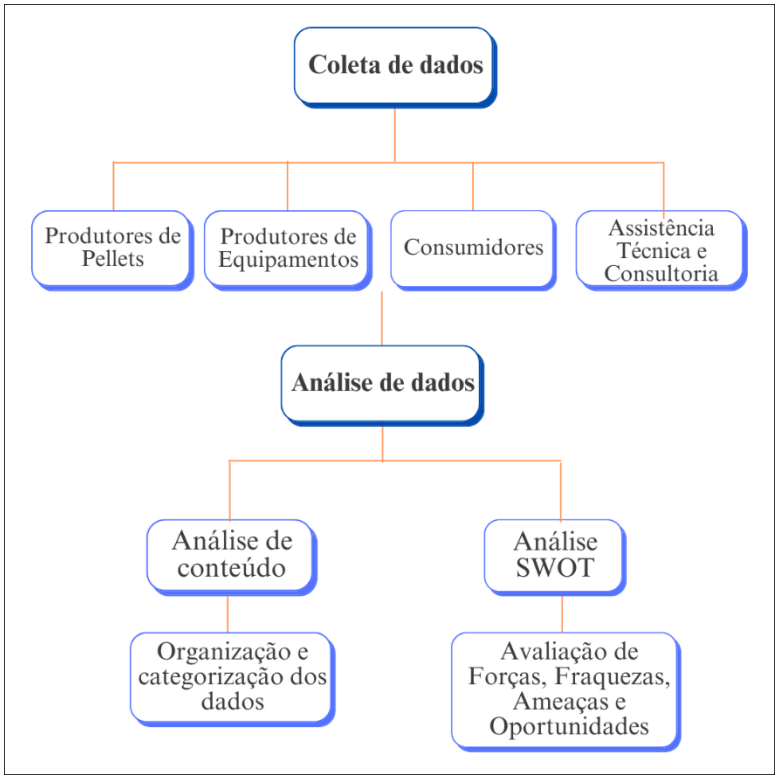
O enfoque desta pesquisa foi qualitativo, em que se utilizou a coleta de dados por observação semiestruturada que segundo Triviños (1987, p. 154):

> *"A entrevista semiestruturada, em geral, é aquela que parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses que interessam à pesquisa, e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo, à medida que recebem as respostas do informante. Dessa maneira, o informante, seguindo espontaneamente a linha de seu pensamento e de suas experiências dentro do foco principal colocado pelo investigador, começa a participar na elaboração do conteúdo da pesquisa".*

As entrevistas foram conduzidas com base em um roteiro semiestruturado preparado antecipadamente pelos pesquisadores compostos de perguntas abertas que foram elaborados separadamente para cada segmento da cadeia produtiva junto com a avalição de experiências pessoais e inspeção da história de vida dos atores da cadeia produtiva brasileira de *pellets*, sendo eles: empresas produtoras de *pellets* (Apêndice 1), produtores de equipamentos (Apêndice 2), consumidores (Apêndice 3) e assistência técnica e consultoria (Apêndice 4).

As entrevistas foram realizadas de forma *on-line* (videochamada), e tiveram um tempo médio de uma hora de duração, as quais foram realizadas entre os meses de março de 2023 a maio de 2024. A figura 11 ilustra o processo metodológico utilizado para a coleta e análise de dados na pesquisa.

Figura 11. Fluxograma do modelo de coleta e análise de dados para o estudo da cadeia produtiva de *pellets* do Brasil.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

As primeiras empresas entrevistadas foram escolhidas com base em relações prévias estabelecidas pelos pesquisadores. À medida que as primeiras entrevistas foram conduzidas, uma rede de potenciais empresas a serem entrevistadas foi sendo formada. Segundo Mattar (2006), este tipo de procedimento recebe o nome de amostra autogerada, que se inicia a partir da indicação de potenciais entrevistados e cresce sucessivamente a partir de indicações. Dessa forma, ao entrevistar um dos atores da cadeia produtiva de *pellets*, conseguia-se o contato de outros atores para entrevistar.

Para o número de entrevistas a serem realizadas foi utilizada a técnica de saturação ou redundância (Glaser; Strauss, 1967), com o objetivo de buscar novos dados até que esses começassem a se repetir.

Já para análise e tratamento dos dados, utilizou-se a técnica de análise de conteúdo e análise por meio da matriz SWOT.

A técnica de análise de conteúdo consiste em fazer uma organização dos dados, realizar um desmembramento, por meio de diferentes núcleos de sentido e, posteriormente,

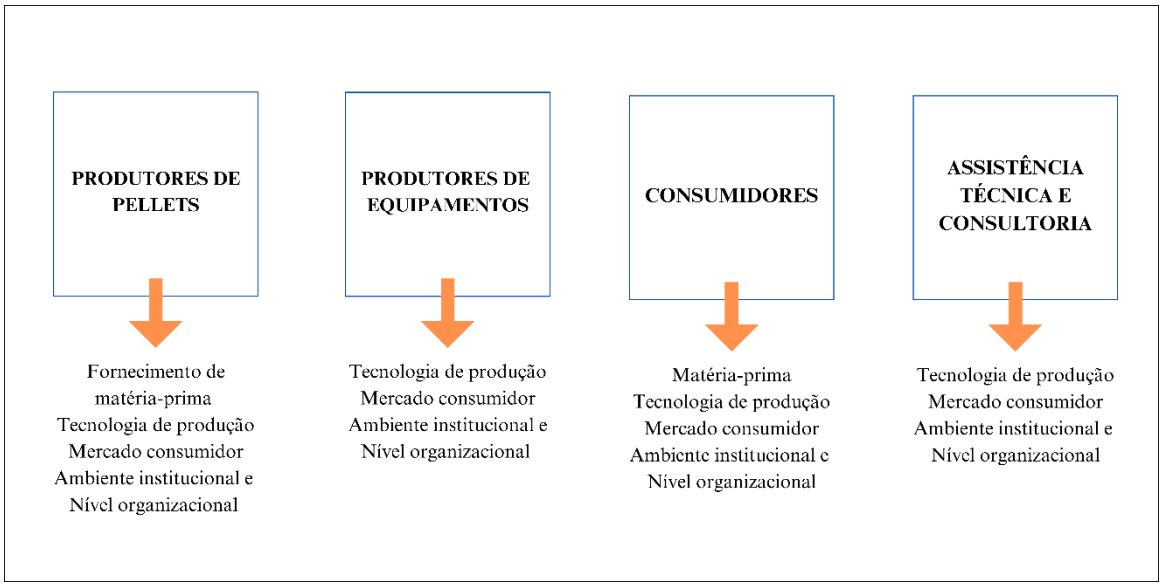
reagrupar essas partes em categorias analíticas, isto é, classes que reúnem elementos comuns permitindo que se façam inferências sobre os dados obtidos (Bardin, 2011).

A matriz SWOT, segundo Pontes (2019), é uma ferramenta que possibilita analisar o ambiente interno e externo da organização, divididos em quadrantes, em que a análise dos pontos fracos e fortes, oportunidades e ameaças servem para averiguar a desenvoltura da organização e criar estratégias para aprimorar o setor.

Para cada um dos temas abordados na entrevista (sistema de fornecimento de matéria-prima; tecnologias de produção, mercado consumidor, ambiente institucional e nível organizacional da cadeia produtiva), foi solicitado ao entrevistado que descrevesse o histórico de atuação de sua empresa, para a obtenção da evolução dos temas abordados; seu ponto de vista atual para a descrição da situação atual dos temas; e as perspectivas de futuro para a construção da prospecção da cadeia para a próxima década. Para cada assunto tratado, foi solicitado ao entrevistado que manifestasse os pontos positivos e os fatores críticos relacionados a cada um deles.

Dessa forma, os componentes da cadeia produtiva de *pellets* foram divididos em quatro categorias (produtores de *pellets*, produtores de equipamentos, consumidores e assistência técnica e consultoria) e para cada categoria foram levantados os temas definidos como objeto de pesquisa e que se aplicavam ao segmento (Figura 12).

Figura 12. Segmentos dos participantes da análise da história e evolução da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Representantes de cada categoria:

1- Produtores de *pellets*: essa categoria está representada pelas indústrias que produzem os *pellets*, independentemente do porte da empresa;
2- Produtores de equipamentos: nesta categoria participam as empresas que produzem peletizadoras ou plantas peletizadoras, para a produção dos *pellets*;
3- Consumidores de *pellets*: são caracterizados pelo uso dos *pellets*, incluindo indústrias, setores de serviços (como hotéis, academias, panificadoras) e residências (uso doméstico);
4- Assistência Técnica e Consultoria: nesta categoria foram reunidas instituições de classes (associações, órgãos governamentais e normativos e pesquisadores) que atuam no setor realizando análises relacionadas à qualidade do produto.

Foram realizadas 32 entrevistas, com a participação de 15 empresas que atuam na produção de *pellets*. Essas empresas representam 23% do total de empresas instaladas no Brasil de acordo com a ABIPEL (Associados Brasil *Pellets*), que monitora as empresas produtoras no país e que atualmente conta com 66 empresas. Do restante dos entrevistados, 4 representam os produtores de equipamentos, 7 representam os consumidores e os outros 6 entrevistados representam a assistência técnica e consultoria.

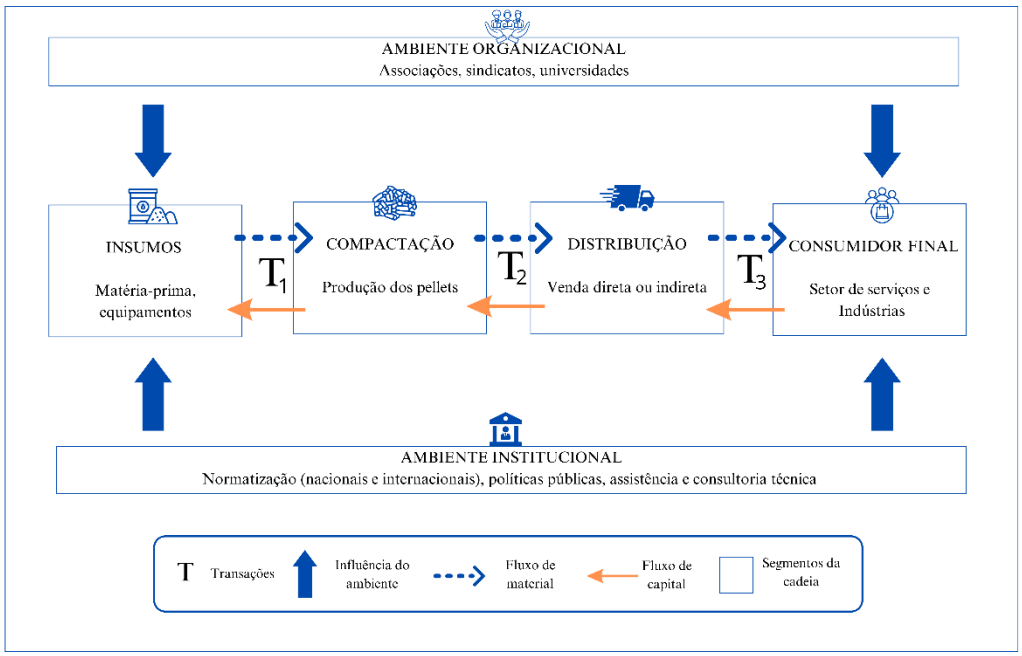
De maneira a complementar este estudo da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil, sempre que necessário, foram empregados dados secundários obtidos a partir de fontes como livros, revistas, e dos principais sites públicos e privados que tratam do tema.

5 RESULTADOS

Com base nos conceitos previamente discutidos, pode-se afirmar que o objeto de estudo se caracteriza como uma cadeia produtiva, uma vez que foi possível identificar o fluxo de materiais e capital entre os diversos segmentos, assim como as transações econômicas ocorridas entre eles. Nesse contexto, a energia térmica é o produto final, e os *pellets* configuram-se como os meios para a geração desse tipo de energia.

Conforme a literatura, o esquema apresentado na Figura 13 foi elaborado para ilustrar as interações que ocorrem na cadeia produtiva de *pellets* no Brasil.

Figura 13. Esquema da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

O primeiro segmento da cadeia envolve os fornecedores de insumos, incluindo equipamentos para compactação e fornecedores de matéria-prima. Observea-se que muitas empresas que produzem a matéria-prima também fabricam seus próprios *pellets* que estão no segundo segmento que é caracterizado pela produção dos *pellet*s. Isso se deve pela verticalização da cadeia produtiva. Ao concentrar várias etapas do processo produtivo sob o mesmo controle, essas empresas reduzem custos operacionais, aumentam sua competitividade no mercado e garantem o suprimento de da matéria-prima.

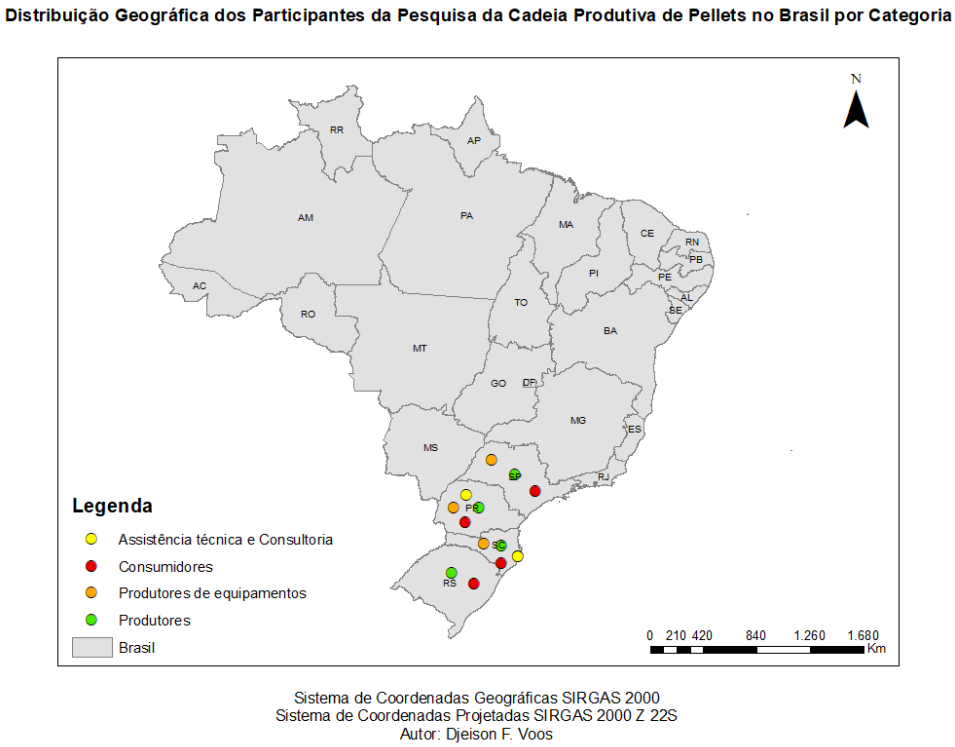
No terceiro segmento, está a distribuição, que também pode ser realizada pelas próprias empresas produtoras, por meio de venda direta ao consumidor, ou por meio de empresas revendedoras, configurando assim, uma venda indireta. No quarto, o segmento

de consumidores finais inclui empresas do setor de serviços, como hotéis, motéis, academias, pizzarias, e indústrias.

O ambiente organizacional é formado por sindicatos, associações, universidades e empresas que realizam análises tecnológicas da biomassa. Já o ambiente institucional é representado pela legislação e normas que orientam todos os processos envolvidos, desde a produção florestal até a compra e venda de biomassa e produtos compactados.

Na figura 14, é apresentada a distribuição geográfica das empresas entrevistadas, indicando em quais estados estão localizadas. A assistência técnica e consultoria estãoá presentes nos estados de Santa Catarina e Paraná. Os consumidores entrevistados estão localizados no Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e São Paulo. Os fabricantes de equipamentos se encontram nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, enquanto os produtores de *pellets* estão situados em São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Figura 14. Distribuição Geográfica dos Participantes da Pesquisa da Cadeia Produtiva de *Pellets* no Brasil por Categoria.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A concentração das empresas pesquisadas está alinhada com as estatísticas da ABIMCI (2022), que indicam que a maioria das plantas de produção estão nas regiões Sul

e Sudeste. Além disso, a região Sul é responsável por quase 100% das exportações, com o Rio Grande do Sul liderando, seguido por Santa Catarina e Paraná.

A seguir, são demonstrados os resultados dos questionários para todas as categorias entrevistadas.

5.1 PRODUTORES DE EQUIPAMENTOS

Os fabricantes de equipamentos entrevistados estão localizados nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Com idades entre 30 e 44 anos, ocupam cargos como gerente operacional, gerente de processos, técnico da empresa e atuam nas áreas de vendas e treinamento operacional. "-Estamos em constante aprendizado para atender às demandas do mercado de pellets, que tem crescido significativamente no Brasil", comentou um gerente operacional de uma empresa localizada no Sul do Brasil.

As empresas de equipamentos de *pellets* variam desde uma companhia europeia com mais de 100 anos de experiência até empresas com mais de 50 anos no mercado de máquinas e trituradores de biomassa. Uma empresa recentemente criada em 2016 demonstra agilidade e visão estratégica, refletindo a importância e a adaptação dos produtores de equipamentos ao mercado brasileiro de *pellets*. "-Acreditamos que nosso diferencial está em oferecer soluções ágeis e personalizadas, algo essencial para competir com grandes players internacionais", destacou o diretor técnico de uma dessas startups.

Com tecnologias de ponta, essas empresas oferecem soluções completas e têm desempenhado um papel vital na expansão do setor brasileiro de *pellets*. Ressalta-se que essa indústria passa por um processo contínuo de inovação e desenvolvimento sustentável, essencial para o crescimento do setor. Um gerente de processos comentou: "-A robotização e automação estão transformando nossa produção, aumentando a eficiência e reduzindo custos operacionais".

Quanto à tecnologia de produção, os entrevistados destacam a dependência da importação da matriz como uma vulnerabilidade da cadeia de suprimentos, afetando a viabilidade econômica e disponibilidade de recursos. A produção se concentra no Sul e Sudeste do Brasil, com foco em regiões como Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul, enquanto outras áreas exploram diversificação de matérias-primas. O alto custo dos equipamentos desafia os pequenos produtores, que encontram dificuldades em atender à demanda interna.

Com ênfase na robotização e automação, a transição para uma produção integral no Brasil, exceptuando a matriz importada, mostra capacidade de nacionalização dos processos. A automação total das plantas, com monitoramento remoto e avanços tecnológicos canadenses, evidencia inovação e eficiência. “-Estamos trabalhando para integrar toda a produção no Brasil, utilizando tecnologias de ponta e reduzindo a dependência externa’’, afirmou um gerente de vendas. Há uma perspectiva futura positiva, com pequenos produtores investindo em suas máquinas para aumentar a produção e autonomia, destacando uma evolução contínua e promissora do setor.

Quanto ao mercado consumidor, as limitações na fabricação de plantas completas representam uma oportunidade não explorada. A casca de pinus, mesmo com desafios de exportação, ganha atratividade no mercado interno. A produção nacional, abrangendo secadores de tambor rotativo e peletização de resíduos, compete com produtos estrangeiros devido à maturidade e confiabilidade adquirida pelo mercado interno.

A presença de tecnologia brasileira e produção integral fortalece a indústria nacional, reduzindo a dependência de componentes importados. Com uma expansão esperada no Nordeste e a presença de clientes no Brasil e Mercosul, o futuro do mercado consumidor aponta para crescimento contínuo e diversificação, com adaptações às demandas regionais e busca por tecnologias versáteis.

Quanto ao ambiente institucional e organizacional da cadeia produtiva, a falta de reconhecimento governamental do *pellet* como fonte energética e o apoio governamental limitado são desafios críticos. A ABIMCI atua como uma associação importante para o setor, promovendo integração e representatividade. A resiliência das empresas, operando independentemente de apoio governamental, demonstra autonomia e capacidade de adaptação.

A busca por parcerias e colaborações entre produtores para testes e análises é um indicativo positivo. Para o futuro, o setor deve sensibilizar o governo sobre sua importância, estabelecer redes de cooperação e enfrentar desafios regulatórios e financeiros. A inovação contínua, uso de variadas matérias-primas e investimentos em conscientização do consumidor são cruciais para a evolução positiva do mercado.

A produção de *pellets*, utilizando diversos materiais como fibras de coco e madeiras tropicais, evidencia a busca por soluções sustentáveis. A educação do consumidor sobre a importância da qualidade em detrimento do custo também é um desafio a ser enfrentado.

O setor tem potencial para inovações constantes e aprimoramentos, direcionando-se para um futuro promissor com estratégias proativas para superar limitações atuais.

5.2 PRODUTORES DE *PELLETS*

Os produtores de *pellets* entrevistados estão concentrados na região Sul do Brasil, nos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul e uma empresa no estado de São Paulo. Seus representantes têm idades entre 28 e 57 anos, todos com formação de pós-graduação e ocupando posições estratégicas e de liderança.

Essas empresas apresentam uma diversidade de histórias em relação à origem, adaptação e inovação, convergindo para a produção de *pellets* como uma solução eficiente e sustentável para enfrentar desafios ambientais e de resíduos de produção. "-A diversificação foi essencial para que pudéssemos nos destacar no mercado competitivo", afirmou um dos entrevistados. A decisão estratégica de diversificação e expansão reflete o compromisso dessas empresas em se manterem relevantes, oferecendo uma cadeia de valor completa desde a floresta até a produção de *pellets*.

A produção de *pellets* ganhou destaque como uma resposta eficaz não apenas para lidar com resíduos, mas também como uma solução sustentável para atender às crescentes demandas do mercado de combustíveis renováveis, tanto nacional quanto internacional. "-Os pellets oferecem uma alternativa que une sustentabilidade e eficiência econômica", destacou outro representante. As empresas se adaptaram às mudanças nas demandas ecológicas e de mercado, abraçando a inovação como um fator crucial para seu sucesso contínuo.

Entre os casos específicos, uma empresa que inicialmente atuava no comércio de biomassa *in natura* encontrou na fabricação de *pellets* uma solução eficaz para reduzir o volume de maravalha e destinar os resíduos, facilitando sua inserção no mercado externo. "-Transformamos um problema em oportunidade ao converter resíduos em produtos de valor agregado", explicou o gestor da empresa. Outra com 50 anos de trajetória, destacou-se ao migrar para a produção de *pellets* de eucalipto, transformando o desafio dos resíduos em uma oportunidade de negócio inovadora.

Empresas do Paraná conectaram o setor moveleiro à produção de *pellets*, abordando passivos ambientais e oferecendo uma alternativa sustentável. Um produtor no oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná identificou a demanda por energia de biomassa, expandindo-se para a produção de *pellets* e consolidando-se como referência no setor. "-

Identificamos uma lacuna no mercado e decidimos investir fortemente", comentou o empresário. Outra empresa buscou inovações na Suécia, concentrando-se na produção de *pellets*, ressaltando a importância da integração vertical em toda a cadeia de valor.

Quanto ao fornecimento de matéria-prima, 90% das empresas utilizam biomassa residual industrial de *Pinus* spp., enquanto o restante utiliza *Eucalyptus* spp. 20% das empresas compram biomassas de terceiros, enquanto as demais utilizam biomassa residual de seu sistema produtivo e, quando necessário, compram de terceiros. Todas veem como positivo o uso da biomassa para redução de CO_2 e aproveitamento de resíduos de suas próprias empresas ou de indústrias de esquadrias, moveleiras e serrarias.

Os desafios incluem a instabilidade do mercado devido à falta de matéria-prima e o custo do transporte, que pode chegar a 20% do custo de produção. "-O transporte ainda é um gargalo que precisa de soluções mais eficazes", afirmou um dos produtores. A distância de transporte ideal da matéria-prima até a planta de pellets comentado foi de até 150 km. As empresas também mencionam a aceitação de novas espécies para produção, competitividade com produtos como lenha e carvão, e o custo alto da matéria-prima antes considerada resíduo.

Como futuro, os produtores de pellets comentaram que a produção de *pellets* com novas espécies como eucalipto e bambu é uma possibilidade, com desafios tecnológicos, especialmente nas máquinas peletizadoras. "-Estamos investindo em pesquisa para viabilizar o uso de espécies alternativas", destacou um gestor. Técnicas para popularizar o eucalipto são promissoras, assim como o aumento do uso de *pellets* para reduzir o consumo de carvão mineral.

Quanto a tecnologia de produção, as empresas utilizam equipamentos de última geração, principalmente de fornecedores internacionais como Itália, Alemanha e Dinamarca. Apenas uma empresa utiliza equipamento de origem brasileira. Equipamentos brasileiros são adaptados para peletizar biomassa florestal. No entanto, esses equipamentos enfrentam problemas de durabilidade e alta necessidade de manutenção.

Os entrevistados mencionaram a saturação do mercado e a falta de uniformidade entre fornecedores de plantas de peletização. A falta de qualidade nos equipamentos brasileiros dificulta a competição com alternativas importadas e resulta na abertura de muitas indústrias sem planejamento adequado.

Uma empresa com tecnologia alemã altamente automatizada sugere que agregar valor e investir em instalações automatizadas é vantajoso. "-A automatização aumenta a eficiência e reduz custos a longo prazo", explicou um representante. Desvantagens dos equipamentos internacionais incluem barreiras comerciais e custos elevados.

Como futuro, a expansão para outros usos como *pellets* higiênicos e aromatizados, padronização dos comprimentos dos *pellets* e aprimoramento da tecnologia nacional.

Quanto ao mercado consumidor, as empresas exportam para Itália, França, Dinamarca, Chile e Holanda, enfrentando desafios devido às normas técnicas internacionais. A entrada de grandes empresas desde 2022 melhorou a capacidade de exportação. O mercado consumidor está se expandindo, especialmente no segmento industrial, influenciado pela guerra na Ucrânia (2022) que aumentou a demanda internacional devido aos embargos à Rússia. Será necessário adaptar os equipamentos industriais para uso de *pellets*.

A aceitação inicial dos *pellets* foi no setor de aviários. A substituição da lenha por *pellets* trouxe vantagens operacionais e melhorias na eficiência de conversão de ração em proteína animal. "-Os pellets oferecem eficiência e sustentabilidade para o setor avícola", afirmou um representante.

Para o futuro, o mercado nacional se dividirá entre setores comercial e industrial, com crescimento influenciado por preços variáveis e desafios na exportação regular para a Europa. Novos mercados emergem na secagem de tabaco, grandes estabelecimentos comerciais e indústrias de pequeno porte.

Quanto ao ambiente institucional e organizacional da cadeia produtiva, as empresas ressaltam a necessidade de normatização e certificação, com incentivos públicos para energias renováveis. "-Precisamos de políticas públicas mais consistentes para apoiar o setor", destacou um gestor. A falta de coesão e informações precisas representa um desafio.

O grupo representativo da ABIMCI ocupa papel crucial, organizando empresas e fornecendo normas específicas como a ABNT NBR 17030, que estabelece os critérios de classificação, especificação e requisitos de qualidade para a madeira serrada e laminada colada, e a ABNT NBR 17013, que define diretrizes para o tratamento preservativo de madeiras, assegurando maior durabilidade e resistência contra deterioração biológica e fatores ambientais.

O futuro é a evolução nas normas e certificações nacionais, maior confiança no mercado e desenvolvimento logístico. A exigência crescente de normas de qualidade direcionará a cadeia produtiva para padrões elevados, promovendo inovação e aprimoramento contínuo.

Por último, desafios incluem a ausência de normativas no mercado interno, dificuldade de certificação EN*Plus* e poucos laboratórios credenciados no Brasil. Investimentos em infraestrutura logística e alternativas mais acessíveis à certificação internacional são cruciais para o setor.

5.3 MERCADO CONSUMIDOR

Os entrevistados são proprietários de diversos tipos de empreendimentos que utilizam *pellet*s como fonte de energia, representando uma ampla gama de setores. Abrangendo hotéis, padarias, academias e estabelecimentos com serviços de hidromassagem, todos buscando nos *pellet*s uma solução eficiente e sustentável para suas necessidades energéticas.

"-Nos últimos 15 anos, a utilização de pellets se consolidou como uma alternativa eficiente para aquecimento em diversas academias", comentou um entrevistado. Um empresário do setor de academias destacou: "-Migramos do gás para os pellets pela necessidade de manter o calor de forma eficaz e rápida. Na época, o custo-benefício era realmente vantajoso."

Comentaram que, o custo dos *pellets* era mais acessível e a aquisição direta dos produtores locais tornava a compra ainda mais econômica, especialmente quando compravam pelo menos uma tonelada, o mínimo necessário para justificar o custo de transporte. Essa academia específica consome entre 3 a 4 toneladas por mês durante o inverno e cerca de 2 toneladas nos meses mais quentes. Em 2024, o custo dos *pellets* com transporte incluído chega a R$1.400,00 reais por tonelada.

Uma das principais vantagens observadas pela mudança para *pellets* é a estabilidade térmica proporcionada, o que resultou, por exemplo, no rápido aquecimento da piscina em um único dia, em contraste com a maior lentidão do gás. Além disso, apesar de perceber variações na qualidade dos *pellets* fornecidos por diferentes empresas, a academia observou que os melhores produtos vinham do Rio Grande do Sul, apesar de uma recente incidência de *pellets* com muito pó.

Um entrevistado do setor hoteleiro explicou: "-Nosso hotel consome, em média, 5 toneladas de pellets por mês durante a alta temporada de inverno, quando a ocupação é maior e a demanda por calefação aumenta significativamente." Ele também destacou a valorização dos hóspedes pelas práticas mais sustentáveis: "-Adotar pellets agrega valor ao nosso marketing sustentável, e os hóspedes consideram isso um diferencial."

O entrevistado do setor de panificação também começou a explorar o uso de *pellet*s como uma alternativa ao gás e à eletricidade para alimentar fornos industriais e, comenta das vantagens em termos de controle de temperatura dos fornos a *pellet*s, o que melhora a consistência dos produtos.

Entretanto, existem gargalos evidentes nesse sistema. Não há assistência técnica dedicada para a manutenção regular dos equipamentos, o que é necessário para garantir o funcionamento eficiente e seguro. Esse aspecto se mostra uma grande desvantagem, juntamente com o medo latente de faltar *pellets*, situação já vivida anteriormente por alguns entrevistados, causada pela falta de comprometimento de alguns fornecedores que abandonam os clientes diante de novas oportunidades.

A aceitação e popularização dos *pellets* ao longo dos anos tornaram essa alternativa a primeira escolha tanto para academias quanto para clínicas de fisioterapia e motéis, sem relatos de usuários retornando ao gás após a mudança. Além disso, a percepção geral é que não há concorrência significativa na aquisição de *pellets*.

Do ponto de vista institucional, a comunidade de usuários formou grupos para compras em conjunto, visando reduzir custos e contornar a dependência dos fornecedores. No entanto, ainda não houve iniciativas de apoio institucional significativo, talvez devido à falta de conhecimento mais amplo sobre o uso dos *pellets* para geração de energia. O reconhecimento e a potencial necessidade de apoio institucional pouco foram considerados pelos pioneiros neste setor.

Equipamentos como queimadores foram importados inicialmente da Itália, facilitando o percurso tecnológico. Comentam que o Brasil já começou a oferecer produtos fabricados internamente, mas esses produtos ainda estão ganhando força no mercado.

Em suma, os entrevistados destacam que as vantagens operacionais e o custo-benefício continuam a encorajar o uso de *pellets*, mesmo diante dos desafios logísticos e de assistência técnica. Como em outros segmentos, a aceitação e popularização dos *pellet*s

tem se tornado uma tendência, especialmente em regiões com alta demanda por calefação e produção contínua de calor.

5.4 ASSISTÊNCIA TÉCNICA E CONSULTORIA

Os entrevistados desempenham suas atividades no estado de Santa Catarina em posições-chave. Um é responsável pelo comitê de *pellets*, outro atua como pesquisador, e o terceiro é responsável técnico de laboratório. A associação foi criada em 2019 devido à escassez de empresas certificadas para atender à crescente demanda. A ABIMCI, inicialmente não familiarizada com *pellets*, identificou a necessidade de conectar empresas para suprir a demanda.

"A associação foi criada em 2019 exatamente para suprir a escassez de empresas certificadas no mercado. Na época, a ABIMCI ainda não tinha muito conhecimento sobre pellets, mas percebemos a necessidade de conectar os produtores para atender à demanda crescente."

Um entrevistado identificou vantagem no resíduo de poda de maçã e passou a caracterizar a matéria-prima. A empresa começou em ambiente universitário em 2008 e, em 2010, decidiu explorar o campo específico de *pellets*. Enfrentou desafios com equipamentos adaptados de máquinas para ração, o que dificultou a execução de projetos significativos. No entanto, a crescente demanda levou ao aprimoramento de práticas e à incorporação de análises químicas.

Outro entrevistado, comenta que desde 2019-2020, a empresa está bem estruturada com equipamentos modernos. A busca por parcerias e o fortalecimento das práticas analíticas posicionam a empresa favoravelmente no setor de *pellets*. A assistência técnica da empresa se destaca em diversos segmentos, incluindo caracterização de matéria-prima e análise da qualidade dos *pellets*.

O foco na sustentabilidade e a adesão a questões ESG (Ambiental, Social e Governança) contribuem para o crescimento do mercado. A crescente demanda por análises de biomassas reflete a busca por inovações no setor. A associação que representa 70% dos produtores de *pellets* no Brasil destaca-se pela colaboração, mas a ausência de representação geográfica e apoio governamental são pontos críticos.

"A norma brasileira baseada no padrão europeu é um marco. Ela não só fortalece a produção nacional como também oferece suporte aos pequenos produtores. No entanto,

precisamos superar desafios, como unir todos os atores da cadeia e reduzir os custos de adesão’’, comentam.

A criação da norma brasileira baseada na europeia fortalece a produção nacional e favorece os pequenos produtores. A ABIMCI fomenta a união entre produtores, promovendo um cenário colaborativo. A certificação da norma brasileira para *pellets* e o desenvolvimento de estratégias coletivas são essenciais para o futuro do setor.

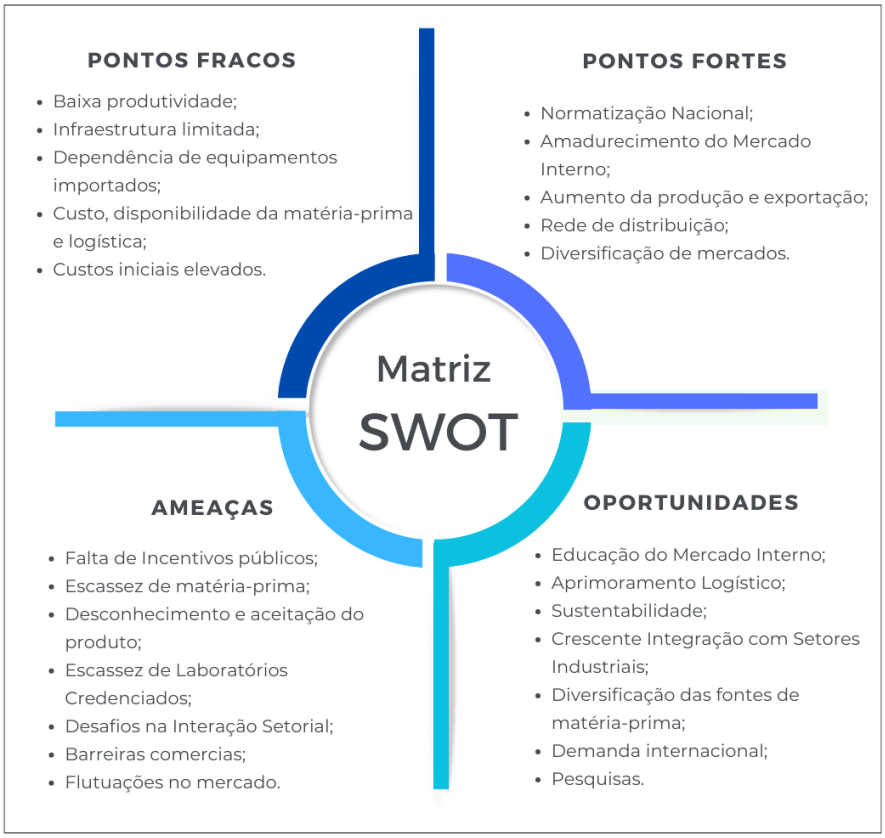
A implementação da norma em 2024 com o selo sinaliza um compromisso contínuo com a qualidade. As reuniões anuais para toda a cadeia e a adaptação das empresas para análises conforme a norma reflete uma abordagem inclusiva. Contudo, a dificuldade em unir completamente os diferentes atores e os custos de Associação são desafios a serem superados.

A perspectiva para o futuro é fortalecer a cadeia produtiva e criar um ambiente mais colaborativo. A norma brasileira é vista como crucial para diferenciar produtos de alta qualidade e fornecer confiança aos consumidores. Os desafios financeiros e a participação ativa de todas as empresas são questões a serem abordadas para garantir o desenvolvimento sustentável da indústria de *pellets*.

5.5 ANÁLISE SWOT

Na análise SWOT apresentada na figura 15, são evidenciadas várias características da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil, com base nas respostas dos entrevistados que representam todos os atores desse setor, visto anteriormente. Essa análise abrange dois aspectos essenciais: o ambiente interno e o externo, oferecendo uma visão abrangente do contexto estratégico estudado.

Figura 15. Síntese das principais ameaças e oportunidades, pontos fortes e pontos fracos da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A seguir são elucidados os tópicos de cada quadro da análise SWOT da cadeia produtiva de *pellets* do Brasil.

6. DISCUSSÃO

O período avaliado apresentou um desenvolvimento acelerado, desde o surgimento da primeira planta de *pellets* em 1994 até a presença de 66 empresas produtoras em 2024. Porém, muitas destas empresas não possuem conhecimento completo da produção de *pellets*, resultando em processos de produção ineficientes, desperdício de recursos e até mesmo na produção de *pellets* de qualidade inferior. Já o crescimento exponencial na produção e exportação, aliado a um aumento expressivo no consumo interno, sinaliza uma consolidação efetiva da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil.

É possível afirmar que ainda não há uma rede de informações concreta que interligue os fornecedores de matéria-prima, os produtores e os compradores de *pellets.*

Garcia et. al (2016) onde comenta que o mercado de *pellets* de madeira no Brasil está mais de duas décadas atrasado em relação à Europa e América do Norte. Como resultado, as tecnologias de produção nacional de *pellets* e de consumo interno estão atrasadas. Esse cenário permanece inalterado atualmente, com as tecnologias nacionais de produção e consumo ainda enfrentando desafios significativos em termos de modernização e compensação.

Castro et al. (2002) trazem um conceito de cadeia produtiva incompleta ao analisarem os diferentes tipos de cadeias produtivas. Segundo os autores, quando está ausente um ou mais segmentos de uma cadeia produtiva ela é considerada incompleta. Na sua forma mais simples, poderia ser uma cadeia produtiva composta por segmentos de produção agrícola e pelos consumidores, adquirindo o produto diretamente dos produtores. Nesse caso, pode-se considerar que o negócio em torno do produto da cadeia produtiva incompleta está em fase de formação.

As perspectivas para os próximos 10 anos apresentam diversas oportunidades que podem impulsionar ainda mais o desenvolvimento do setor, como:

- Diversificação de Matérias-Primas;
- Expansão de Mercados e Usos;
- Avanços em Pesquisa e Qualidade;
- Nacionalização de Equipamentos e Valor Econômico;
- Crescimento nas Exportações e Consumo Interno;
- Organização Eficiente da Cadeia Produtiva;

- Incentivos Governamentais e Legislativos e;
- Equipamentos Mais Completos.

Contudo, o desenvolvimento pleno da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil encontra-se sujeito a diversos fatores limitantes que, embora desafiadores, são essenciais de serem abordados para o avanço do setor.

- A aceitação dos *pellets* como uma fonte viável de energia no Brasil é um desafio significativo;
- Alto valor dos equipamentos necessários para a produção de *pellets*;
- A falta de incentivos públicos, financiamentos adequados e investimentos em pesquisas e desenvolvimento e;
- A escassez de informações confiáveis sobre o mercado de *pellets*.

A criação do comitê de *pellets* dentro da ABIMCI que resultou na criação da Norma Brasileira em 2019 representa um avanço significativo, estabelecendo padrões de qualidade e diferenciação no mercado. A implementação do selo, embora pendente, é vista como um significativo progresso.

O amadurecimento do setor é evidenciado pela criação da Norma Brasileira e o aumento da demanda por normas de qualidade no mercado interno, impulsionando a busca por padrões mais elevados, em que as empresas precisam estar dentro das normas e produzir produtos de qualidade para exportar. Essa preocupação com a qualidade se reflete no crescimento significativo do setor, com 66 produtores atualmente e um notável aumento anual de 75,8% no volume de exportação de *pellets* de madeira (ABIMCI, 2022).

Consoante Almeida et al. (2019), a busca por qualidade e conformidade normativa nas cadeias produtivas é um indicador de maturidade e crescimento sustentável do setor.

Atrelado ao aumento de produção, destaca-se o modo de venda e a ampliação das oportunidades de mercado. A presença de uma rede de distribuição bem estruturada pode contribuir para a capilaridade do setor, chegando a diferentes regiões e consumidores de maneira eficaz. E também o surgimento do mercado comercial e industrial de pequeno porte devido a concorrência com outras fontes de energia.

De acordo com Santos e Oliveira (2012), a estrutura de distribuição é um dos pilares para a competitividade dos produtos no mercado internacional, afetando diretamente a capacidade de exportação e alcance de novos mercados.

O aumento da produção e exportação demonstra a expansão e reconhecimento do produto no mercado, contribuindo para a economia nacional e fortalecendo a posição do Brasil como um *player* relevante nesse setor. O crescimento na produção e exportação reflete a capacidade da indústria de atender à demanda crescente, além de representar uma oportunidade para impulsionar o desenvolvimento e a competitividade no mercado internacional.

O crescimento médio anual da produção foi de aproximadamente 32%, atingindo 700 mil toneladas em 2021. Historicamente (2012-2017), grande parte da produção estava direcionada para atender à demanda internacional (mercado de exportação). No entanto a demanda nacional cresceu nos últimos anos.

Estudos de Costa et al. (2018) apontam que o crescimento sustentável em setores industriais é frequentemente sinalizado por aumentos constantes na produção e exportação, indicando aceitação e demanda contínuas no mercado externo.

As exportações brasileiras de *pellets* de madeira vêm crescendo a taxas elevadas. O crescimento médio anual foi de aproximadamente 76% em termos de volume. Em 2021, o Brasil exportou 345 mil toneladas.

Nones (2014) destacou na época do estudo que a exportação era vista como uma perspectiva distante para o estado em seu estudo, mas atualmente, Santa Catarina emergiu como um protagonista, contribuindo com expressivos 39% do total das exportações de *pellets* do país.

Serrano (2009) considera que a região sul do Brasil, seja a mais competitiva para participar do comércio internacional de *pellets*, em função da grande concentração da silvicultura principalmente em Santa Catarina e Paraná, da concentração da indústria madeireira na região, da existência de uma infraestrutura mínima de logística, além do fato de a produção ser majoritariamente certificada, o que é fundamental para a conquista do exigente mercado de produtos ambientais europeu.

Garcia (2016) ressalta que a tendência global é a busca por energias renováveis, o que cria oportunidades únicas para a expansão de mercados sustentáveis, como o setor de *pellets* de madeira.

A escassez de matéria-prima, aliada as práticas desatualizadas e à ausência de modernização nos equipamentos, resulta em períodos de ociosidade e desafios para atender

à demanda do mercado. Nones (2014) identificou, em seu estudo, que a dependência de um único tipo de resíduo, como a maravalha, representava uma ameaça ao setor, gerando dependência de poucos fornecedores. Para promover o crescimento e desenvolvimento do setor, é crucial diversificar a base de fornecimento, abrangendo diferentes tipos de biomassa, e aumentando o número de fornecedores.

O custo da matéria-prima e transporte representa um desafio adicional. Flutuações nos preços dos insumos e despesas logísticas podem impactar a rentabilidade das empresas na cadeia, exigindo estratégias robustas para mitigar esses custos e manter a competitividade. Conforme destacado por Garcia et al. (2017), a escolha da matéria-prima depende da distribuição geográfica e da disponibilidade de biomassa florestal residual próxima à fábrica.

Welfle (2017) comenta que, apesar do aumento no número de empresas brasileiras desenvolvendo informações acerca dos mercados europeus de *Pellet* de madeira com o objetivo de estabelecer vínculos comerciais, essas ações ainda são incipientes. Para acrescentar, existem também estudos que não apontam o eucalipto como uma madeira adequada para a produção de *Pellet* — custo de produção mais elevado e alto teor de cinzas, o que também dificulta a inserção do país, uma vez que boa parte de seus plantios comerciais são compostos por espécies de eucalipto (Soares et al., 2014). A falta de conhecimento acerca da produção, e o uso insignificante localmente, também são fatores que não contribuem para um desenvolvimento mais significativo do mercado brasileiro (Da Silva, 2020).

Com base nas entrevistas, as empresas que utilizam biomassa de eucalipto, provam que é possível, depois de alguns anos de estudo e com os equipamentos certos. Os produtores comentam sobre a necessidade e implementação do eucalipto na implementação visto seu potencial madeireiro e o Brasil ser o maior produtor da espécie.

A peletização da madeira de eucalipto é mais complexa quando comparada à das coníferas, pois requer mais etapas de processamento. Entretanto, a torrefação da matéria-prima do eucalipto pode ser uma boa alternativa para minimizar esse maior grau de dificuldade, já que a torrefação reduz os custos energéticos para a produção de *pellets* de maior valor agregado, tornando-os mais competitivo no mercado internacional de biocombustíveis sólidos (Wild et al., 2016).

É urgente a necessidade da realização de pesquisas técnicas sobre torrefação e peletização da madeira das diferentes espécies e clones de eucalipto cultivados no Brasil, como foi realizado nos Estados Unidos sobre *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus macarthurii*, por Pirraglia *et* al.~~,~~ (2012).

Foelkel (2010)~~,~~ comenta que o Brasil é o maior produtor de madeira de florestas plantadas principalmente de eucalipto. O reflorestamento tornou-se um processo viável tecnologicamente, economicamente e ambientalmente, cuja finalidade é a produção de matérias-primas para várias indústrias que dependem de madeira.

Do ponto de vista produtivo comparando com o resto do mundo, as florestas plantadas tradicionais de *Eucalyptus ssp* no Brasil tem uma produtividade média de 287 m³ / ha, em 7 anos, em torno de 25 toneladas por hectare ano, enquanto na Suécia, para obter essa mesma produção, exigiria 10,2 ha. Na atualidade o uso da madeira de florestas plantadas (atualmente destinadas para atender os setores de celulose e painéis de madeira, entre outros setores produtivos) não atingem custos de produção competitivos no mercado de biomassa para uso energético como também para a produção de *pellets* de madeira~~.~~ (ABRAF, 2013; Escobar, 2015).

A solução é a produção de florestas energéticas de curta rotação, que com o mesmo custo produtivo das florestas plantadas tradicionais, permite atingir rendimentos de até 20 toneladas de massa seca por hectare em ciclos de 10 anos (o dobro da produtividade por hectare do plantio tradicional). Este fato ocorre com o aumento do número de plantas por hectare, visando à maior produção de biomassa em menor área útil. (Garcia, 2010~~)~~; Eufrade et al., 2016).

Nesse contexto, as florestas plantadas para fins energéticos poderiam apresentar um cenário bastante positivo, em termos mundiais, para auxiliar na produção de biomassa sólida para *pellets* de qualidade para exportação. A produção sustentável de floresta de curta rotação no Brasil, de forma geral, apresenta vantagens comparativas que o tornam líder na produção de biomassa o qual poderia atender a demanda do mercado energético nacional e a demanda de *pellets* de madeira para aquecimento e para eletricidade em países da UE. Em contrapartida, a dificuldade é que a biomassa sólida vegetal produzida em regiões tropicais como o Brasil contém concentrações de cloro e outros inorgânicos, que são superiores às taxas permitidas internacionalmente como ENplus e semelhantes para

produção de biocombustíveis sólidos. (Stumm & Morgan, 1970); (Mello, 2001; EN*plus*, 2015).

Garcia (2015) observou em sua pesquisa que, no Brasil, pinus e eucalipto são comumente utilizados na produção de biocombustíveis em forma de *pellets*, confirmando os resultados deste estudo. Embora outras biomassas vegetais tenham sido indicadas como opção no formulário, não foram mencionadas pelos entrevistados.

Mesmo sem a atual utilização de outras biomassas, os entrevistados da categoria da assistência técnica e consultoria deste estudo destacam a expressiva demanda por análises de diferentes biomassas para a produção de *pellets*, como pó de café, erva-mate, caroço de açaí, entre outras. Essa procura sinaliza um potencial crescimento e diversificação nas fontes de matéria-prima para a indústria de *pellets* no Brasil.

Questões políticas e ambientais, como a preocupação com o desmatamento na Amazônia, podem impactar a imagem dos produtos brasileiros no mercado internacional. Além disso, a ausência de leis específicas de financiamento para equipamentos e fábricas, bem como a necessidade de promover o *pellet* como uma fonte de energia renovável, são desafios que requerem atenção. A criação de leis, linhas de crédito e órgãos que beneficiam esse produto também se mostra essencial para o fortalecimento e desenvolvimento sustentável do setor.

O alto investimento necessário para aquisição das máquinas peletizadoras muitas vezes esbarra na falta de opções de financiamento adequadas. A escassez de linhas de crédito específicas para o setor de *pellets* pode comprometer a capacidade das empresas em modernizar e expandir suas operações.

Tavares & Tavares (2015) comentam que um dos problemas para a consolidação do negócio de *pellets* no País é a dependência de importação de máquinas peletizadoras. Ao contrário das briquetadoras nacionais, as peletizadoras produzidas aqui não conseguem processar a enorme gama de resíduos agrícolas e madeireiros que chegam às fábricas – são adaptações de peletizadoras para fabricação de ração animal, sem a resistência nem a robustez necessária para a produção de *pellets* energéticos. A conscientização do consumidor nacional sobre a importância das normas pode elevar os padrões do setor. A participação da ABIMCI, representando 70% dos produtores de *pellets* no Brasil, evidencia o desejo dos produtores de adquirir mais conhecimento e promover a troca de informações, fortalecendo assim toda a cadeia produtiva.

A adoção e aceitação da norma brasileira têm o potencial de impulsionar o crescimento, estabelecendo padrões reconhecidos. Os entrevistados destacam que a norma brasileira contribuirá para uma maior qualidade e uniformidade nos padrões de produtos brasileiros.

O alinhamento com agendas de sustentabilidade pode impulsionar a demanda por *pellets*, especialmente em contextos internacionais. Na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 2021 (COP26), mais uma vez se destacou a tão necessária transição energética, e os *pellets* de madeira atendem bem essa necessidade mundial por energia limpa e renovável, substituindo o gás natural (das indústrias) e o carvão mineral (das termoelétricas). Portanto, com os compromissos firmados para a redução das emissões de dióxido de carbono (CO2) na atmosfera, é possível que aumente a procura por *pellets* para energia (Siyal et al., 2021).

A diversificação das fontes de matéria-prima é essencial para a sustentabilidade do setor, reduzindo a dependência de insumos específicos e abrindo caminho para novas possibilidades de produção. Nones (2014) destaca que essa diversidade de aplicação dos produtos compactados é uma oportunidade para a expansão do setor, tanto no uso industrial e de serviços quanto no doméstico, como aquecimento de ambientes, seguindo o exemplo de países europeus.

O Brasil possui amplas variedades de fontes de biomassa vegetal, que podem ser compactadas na forma de *pellets*, para fins energéticos. Há relatos na literatura de *pellets* de ponteira de eucalipto (Pinto et al., 2015), *pellets* de biomassa residual do processo de obtenção de bioetanol de 2ª geração do bagaço de cana-de-açúcar (Moreira et al., 2020), *pellets* de resíduos do processamento dos grãos de soja (Scatolino et al., 2018), *pellets* de resíduos da cafeicultura (Faria et al., 2016), *pellets* de bambu (Sette Júnior et al., 2016), *pellets* de capim-elefante (Garcia et al., 2019) e até misturas de materiais lignocelulósicos, que tem o objetivo de facilitar o processo de densificação e minimizar os desgastes mecânicos na matriz perfurada de peletização (Garcia et al., 2017; Santana et al., 2021). No entanto, são estudos laboratoriais que buscam conhecer as características mais relevantes dessas matérias-primas para uso energético, mas, ainda, não se trata de produção em escala industrial. Até mesmo porque os resíduos da agricultura também apresentam maiores taxas de compostos inorgânicos, os quais são indesejáveis na queima dos *pellets* (Escobar, 2016).

A falta de matéria-prima pode expor a cadeia produtiva a flutuações nos preços e disponibilidade, afetando a estabilidade do setor e a produtividade. Gentil (2008) comenta que no Brasil, por ser uma atividade ainda em formação, são raras as empresas que têm capacidade de produzir grandes quantidades. A baixa produção atrelada a falta de matéria-prima, causa e consequência da lentidão com que o Brasil tem respondido às demandas crescentes de combustíveis adensados no exterior.

Mandell, Lang (2013) destacaram que para o crescimento da produção mundial de *pellets* não é apenas possível utilizando-se os subprodutos da indústria madeireira. É necessário colher madeira diretamente em floresta para essa finalidade.

Outros desafios pertinentes se referem à necessidade de atender a demanda nacional de madeira para energia, em que a produção de florestas de curta rotação (com as características favoráveis de produção florestal brasileira) apresenta grande potencial para atender o mercado mundial de biocombustíveis sólidos, que por suas características particulares apresenta um caso exclusivamente nacional.

Em 2021, o consumo nacional de *pellets* foi de aproximadamente 357 mil toneladas, representando 51% da produção total no país. Esse aumento no consumo reflete uma crescente visibilidade do produto no país, sendo utilizado em diversos setores, como agronegócio, avicultura, hotelaria (aquecimento de piscinas, chuveiros e calefação), indústria alimentícia (caldeiras industriais e fornos), entre outros. No entanto, Oliveira (2012) comenta que os consumidores em potencial dos *pellets* no Brasil praticamente não conhecem o produto e, os que conhecem, ainda não confiam nas suas qualidades.

A juventude da indústria brasileira de *pellets*, conforme destaca Garcia (2015), sugere a necessidade de mais tempo para que empresários, consumidores e a sociedade em geral reconheçam plenamente as vantagens econômicas e ambientais proporcionadas pelo uso dos *pellets* de madeira.

A falta de integração e comunicação eficiente dentro da cadeia produtiva é evidente, conforme observa Nones (2014). A criação do comitê trouxe melhorias, mas ainda existem resistências por parte de alguns produtores em aderir a essa interação, indicando desafios na manutenção da interação setorial.

Outro ponto é a escassez de laboratórios credenciados no Brasil para condução de análises externas, que emerge como um desafio relevante na cadeia produtiva de *pellets*. Essa carência impacta diretamente a capacidade de certificação e verificação de

conformidade com normas internacionais. A ausência de instalações credenciadas compromete a eficácia do processo de garantia de qualidade, dificultando a obtenção de certificações que são essenciais para a inserção competitiva no mercado global de *pellets*.

E ainda, a necessidade de adquirir máquinas peletizadoras, fundamentais para a produção em larga escala, coloca a indústria diante de barreiras comerciais e financeiras que impactam diretamente sua operação. A dependência de importações expõe a cadeia produtiva a variações cambiais, taxas alfandegárias e custos de transporte, aumentando a complexidade e os custos envolvidos. Além disso, as condições comerciais desfavoráveis podem influenciar na escolha dos fornecedores e na qualidade dos equipamentos adquiridos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como propósito diagnosticar a evolução da cadeia produtiva de *pellets* no Brasil nos últimos 10 anos e prospectar as potencialidades e limitações envolvidas no crescimento desta cadeia produtiva para a próxima década.

Pode-se verificar durante as análises conduzidas neste estudo que a cadeia produtiva de *pellets* apresenta um crescimento e uma trajetória ascendente, porém, de uma forma desordenada, sendo considerada ainda incompleta.

O estudo mostrou pontos críticos, tanto em relação à eficiência do processo produtivo quanto à necessidade de inovação tecnológica. A falta de investimentos direcionados à modernização dos equipamentos e à adoção de melhores práticas de manejo foram identificados como uns fatores restritivos. No entanto, o aumento da demanda por fontes de energia renovável aponta para oportunidades de crescimento para os *pellets* de madeira, especialmente no cenário de transição energética global.

Do ponto de vista produtivo, a escassez de políticas públicas específicas e o acesso limitado a crédito dificultam a expansão da atividade para pequenos e médios produtores. Além disso, a dependência de mercados externos para estabilizar a demanda apresenta riscos, especialmente frente às flutuações dos preços de biomassa e das políticas ambientais globais.

Por outro lado, os avanços no campo organizacional, com o aumento da capacitação profissional e do desenvolvimento de pesquisas na área florestal, proporcionam um ambiente favorável à expansão da cadeia produtiva. A tecnologia utilizada para a produção de *pellets*, embora ainda possa ser otimizada, já apresenta ganhos significativos de eficiência em alguns setores, especialmente em relação à sustentabilidade energética.

A análise detalhada da cadeia produtiva de *pellets* apresentada neste estudo oferece *insights* para os atores envolvidos nesse setor. Compreender as interações entre os diferentes estágios da produção, desde a obtenção da matéria-prima até a distribuição e consumo final dos *pellets*, permite uma visão holística que pode orientar estratégias de negócios mais eficientes e sustentáveis. Além disso, ao destacar as tendências emergentes e os desafios enfrentados pela cadeia produtiva, o estudo proporciona uma base sólida para a tomada de decisões informadas, ajudando as empresas a se adaptarem às mudanças do mercado e a identificarem oportunidades de crescimento.

Como sugestões para novas pesquisas, um caminho interessante seria investigar mais a fundo os impactos ambientais e socioeconômicos da produção e consumo de *pellets*, considerando questões como pegada de carbono, uso de recursos naturais, geração de empregos e distribuição de renda ao longo da cadeia produtiva. Além disso, seria relevante analisar as políticas públicas e regulamentações relacionadas ao setor de *pellets* em diferentes países, a fim de entender como esses fatores influenciam a dinâmica do mercado e as estratégias das empresas.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6922: Carvão vegetal – Determinação da massa específica e densidade ao granel.** Rio de Janeiro, 1981.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 17013:2019 – Madeiras — Diretrizes para tratamento preservativo de madeiras.** Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 17030:2019 – Madeira serrada e laminada colada — Classificação, concepção e requisitos.** Rio de Janeiro, 2019.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF**. Brasília, 2013. 167 p. Disponível em: http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp.

AHN, B. J. et al. Effect of binders on the durability of wood *pellets* fabricated from Larix kaemferi C. and Liriodendron tulipifera L. sawdust. **Renewable Energy**, Amsterdam, v. 62, p. 18-23, 2014.

TOLEDO, José Carlos de et al. Coordenação da qualidade em cadeias de produção: estrutura e método para cadeias agroalimentares. **Gestão & Produção**, v. 11, p. 355-372, 2004.

Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). Manual Anual 2022. Curitiba: ABIMCI, 2022.

BARDIN, Laurence. Content analysis. **São Paulo: Edições**, v. 70, n. 279, p. 978-8562938047, 2011.

BATALHA, Mário Otávio; SILVA, Andrea Lago da. Marketing & agribusiness um enfoque estratégico. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, p. 30-39, 1995.

BIOENERGY EUROPE *PELLETS* REPORT 2021. Elaborado por Bioenergy Europe e Europe *Pellet* Council. 2021

CAIRES, A. L. A. **Panorama e Perspectivas da Indústria Brasileira de *Pellets* de Madeira: Um Estudo de Caso no Estado do Paraná**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná (2022).

CASTRO, AMG de; LIMA, SMV; CRISTO, CMPN. Cadeia produtiva e prospecção tecnológica como ferramentas para a gestão da competitividade. **SIMPÓSIO DE GESTÃO DE TECNOLOGIA**, v. 22, 2002.

Castro, P. F. de; Haguenauer, L.; Bahia, L. D.; Ribeiro, M. B. (2002). **Evolução das cadeias produtivas brasileiras na década de 90**. Economia, 3(2), 357-397.

COELHO, S. T., & Goldemberg, J. (2013). Energy and land use. **Energy Policy**, 63, 935-939.

COELHO, S. T., et al. (2021). WERNER, Deborah; LAZARO, Lira Luz Benites. The policy dimension of energy transition: The Brazilian case in promoting renewable energies (2000–2022). **Energy Policy**, v. 175, p. 113480, 2023.

COELHO, S. T., Goldemberg, J., & Rei, F. (2003). **Eficiência Energética em Edificações: Abordagem Econômica, Ambiental e Social**. Editora Universitária, UFSC.

COSTA, A. et al. Eucalipto: Espécies e clones para o Brasil. São Paulo: **Editora XYZ,** 2018.

CUNHA, M. P. Organizações e a construção de sentidos: um estudo sobre a dinâmica do sentido nas organizações. **Revista de Administração Contemporânea,** v. 3, n. 1, p. 13-32, 1999.

DA SILVA, Sandra Bezerra et al. Influência das composições físicas e químicas nas propriedades e no aproveitamento energético de *pellets* de biomassa lignocelulósica no Brasil. **Energia Renovável** , v. 147, pág. 1870-1879, 2020.
DIAS, JMC de S. et al. Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. 2012.
ENplus. ENplus certification scheme for wood pellets. *ENplus*, 2015.

ESCOBAR, A. O uso da biomassa florestal no Brasil: Potencial e desafios. **In: Anais do 7º Congresso Nacional de Engenharia Florestal**, 2015.

ESCOBAR, Javier Farago. **A produção sustentável de biomassa florestal para energia no Brasil: O caso dos *pellets* de madeira**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ESCOBAR, M. E. Desafios na produção de pellets de biomassa a partir de resíduos agrícolas. **Revista Brasileira de Biomassa**, v. 4, n. 2, p. 100-110, 2016.

EUFRADE, M. et al.. Produção de biomassa em florestas energéticas de eucalipto. **Revista Brasileira de Biocombustíveis**, v. 10, n. 1, p. 45-58, 2016.

FARIA, Wigor Souza et al. Transformação dos resíduos lignocelulósicos da cafeicultura em pellets para geração de energia térmica. 2016.

FARIA, C. L.; CASTRO, L. M.; OLIVEIRA, R**. S.** A dinâmica da cadeia produtiva: Um estudo de caso. **Revista de Administração e Inovação,** v. 10, n. 2, p. 55-70, 2013.

FARIA, C. M.; LIMA, D. R.; BARBOSA, M. R.; BESSA, A. C. A. Pellets de resíduos da cafeicultura: uma alternativa sustentável. **Revista Brasileira de Biocombustíveis,** v. 5, n. 1, p. 18-27, 2016.

Ferreira, C. A., & Padula, A. D. Avaliação da qualidade de briquetes de resíduos agroflorestais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais,** 4(1), 81-88. 2002

FERREIRA, Gabriela Cardozo; PADULA, Antonio Domingos. Gerenciamento de cadeias de suprimento: novas formas de organização na cadeia da carne bovina do Rio Grande do Sul. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 6, p. 167-184, 2002.

FOELKEL, C. Resíduos sólidos industriais do processo de fabricação de celulose e papel de eucalipto. 2010.

Fritsche, U. R., Iriarte, L., & Aguilar, F. X. (2019). Biomass potential: Challenges of sustainability. In A. von Braun, J. A. Giesecke, H. Görg, J. Schumacher, & E. Tovar Reaños (Eds.), **Bioeconomy**: Shaping the transition to a sustainable, biobased economy (pp. 209-230). Springer.

GARCIA, C. A. et al. The potential for sustainable biomass pellets in Mexico: An analysis of energy potential, logistic costs and market demand. **Renewable & Sustainable Energy Reviews,** v. 82, n. 1, p. 380-389, 2018.

GARCIA, D. P. et al. Caracterização energética de pellets de madeira. **Revista da Madeira**, v. 135, n. 2, p. 14–18. 2013.

GARCIA, D. P. Os desafios das indústrias de *pellets* de madeira: competitividade. **Revista Opiniões**, v. 12, p. 43–44, 2013.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G.; VIEIRA, F.H.A. Trends and challenges of origin brazilian agroforestry *pellets* industry. **Cerne**, v. 22, n. 3, p. 233-240, 2016.

GARCIA, D.P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM,G. O setor de *pellets* de madeira no Brasil. **Ciência da Madeira,** v. 8(1): 21-28, 2017.

GARCIA, Dorival Pinheiro. *Pellets no Brasil – Potencial revigorado com a COP-21*. **Revista da Madeira**, v. 26, n. 148, p. 30-30, 2016.

GARCIA, DP et al. Mapa dos produtores brasileiros de pelotas biocombustíveis. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 12, n. 4, pág. 333–339, 2018.

GARCIA, Éder Aparecido et al. Análise química da madeira com casca em sistemas florestais de curta rotação. **Revista árvore**, v. 40, p. 163-171, 2016.

GARCIA, J. N.; GOMES, R. A.; TAVARES, C. R. S.; COSTA, L. C. Pellets de capim-elefante: características e potencial energético. **Revista Brasileira de Energia**, v. 15, n. 2, p. 75-84, 2019.

GARCIA, J. N.; TAVARES, C. R. S.; RICHTER, S. F.; COSTA, L. C. Misturas de materiais lignocelulósicos para produção de pellets. **Revista Brasileira de Biocombustíveis**, v. 7, n. 1, p. 45-55, 2017.

GARCIA, J. R**.** Florestas energéticas de curta rotação: uma alternativa para a produção de biomassa. **In: X Congresso Brasileiro de Energia e Recursos Naturais Renováveis**, 2010, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABENE, 2010.

GARCIA, João**. Aspectos técnicos da produção de pellets de madeira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2015.

GLASER, B. G.; STRAUSS, A. L. The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research. **New York: Aldine**, 1967.

Goldemberg, J., Coelho, S. T., & Rei, F. (2002). The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy,** 30(11-12), 1071-1080.

HUGHES, N., SHAHI, C., PULKKI, R. A Review of the Wood *Pellet* Value Chain, Modern Value/Supply Chain Management Approaches, and Value/Supply Chain Models. Journal of **Renewable Energy.** V. 2014, Article ID 654158, 14 p

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2018). **Bioenergy for sustainable development**: Technical and policy dimension. IRENA.

Junginger, M., van Dam, J., Zarrilli, S., & Ali Mohamed, F. (2019). The global bioeconomy: Evolution, risks, and opportunities. In A. von Braun, J. A. Giesecke, H. Görg, J. Schumacher, & E. Tovar Reaños (Eds.), **Bioeconomy**: Shaping the transition to a sustainable, biobased economy (pp. 185-208). Springer.

KONG, L.; XIONG, Y.; TIAN, S.; LI, Z.; LIU, T.; LUO, R. Intertwining action of additional fiber in preparation of waste sawdust for biofuel *pellets*. **Biomass and Bioenergy,** v. 59, p. 151–157, 2013.

LIU, H.; QIU, G.; SHAO, Y.; RIFFAT, S. B. Experimental investigation on flue gas emissions of a domestic biomass boiler under normal and idle combustion conditions. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v. 5, n. 2, p. 88–95, 2010.

MANDELL, L.; LANG, T. The potential for wood pellet production from forest resources. **Journal of Wood Chemistry and Technology**, v. 33, n. 1, p. 39-54, 2013

MELO, L. S. da Silva. Energias renováveis e a produção de biomassa em florestas energéticas. **São Paulo: Editora Universitária**, 2001.

MOREIRA, L. A.; FREITAS, G. S.; WARD, T. S.; VENTORIM, M. S. Pellets de biomassa residual do processo de obtenção de bioetanol de 2ª geração do bagaço de cana-de-açúcar. **Ciencia Rural,** v. 50, n. 4, p. e20180339, 2020. DOI: 10.1590/0103-8478cr20180339.

NONES, Daniela Letícia. **Cadeia produtiva de pellets e briquetes de biomassa residual para geração de energia em Santa Catarina.** 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Área: Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2014.

NORTH, D. C. Instituições, mudança institucional e desempenho econômico. **Journal of Economic Perspectives**, v. 5, n. 1, p. 97-112, 1994.

OBERNBERGER, Ingwald; THEK, Geraldo. O manual de *pellets*: produção e aproveitamento térmico de *pellets* **. Routledge,** 2010.

OLIVEIRA, C.M**. Wood *Pellets* Brasil.** Edição eletrônica, 53p. 2012 Disponível em http://pt.calameo.com/read/00089539002c2bf637402.

PINTO, A. A. S.; PEREIRA, B.L.C.; CÂNDIDO,E.L.; OLIVEIRA,A. C.;CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.Caracterização de *pellets*de ponteira de eucalipto. **Ciência da Madeira**, v. 6(3): 232-236, 2015.

PINTO, A. C.; CAMPOS, J. F.; VARGAS, C. J. S.; AMARAL, A. M.; VASCONCELOS, E. L. Produção e características de pellets de ponteira de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 39, n. 4, p. 725-734, 2015.

PIRRAGLIA, A.; GONZALES, R.; SALONI, D.; WRIGHT, J.; DENIG, J. Fuel properties and suitability of Eucalyptus benthamii and Eucalyptus macarthurii for torrefied wood and pellets. **BioResources**, v. 7, n. 1, p. 217-235, 2012.

PONDÉ, R**.** A ética e a moral na organização. **Revista de Administração**, v. 29, n. 2, p. 51-61, 1994.

PONTES, Kaio Deyvid Souza. Análise SWOT: uma contribuição para a gestão de uma microempresa familiar revendedora do ramo alimentício do agreste paraibano. 2019.

QUÉNO, Laurent Roger Marie et al. Aspectos técnicos da produção de *pellets* de madeira. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 1478-1489, 2019.

Quenó, M. V. M. (2015). Biomass briquettes: A review of composition, process and combustion. Renewable and Sustainable **Energy Reviews**, 45, 334-349

RANGEL, Nayara Landim; FRANCELINO, Eudiana Vale. Caracterização do Perfil das Intoxicações Medicamentosas no Brasil, durante 2013 a 2016. **Identificação on-line. Revista de psicologia** , v. 42, pág. 121-135, 2018.

SARTORI, Roberto Scorsatto. **A indústria de *Pellet* de madeira para uso interno e exportação no Brasil**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SCATOLINO, Mário Vanoli et al. Options for generation of sustainable energy: production of pellets based on combinations between lignocellulosic biomasses. **Waste and Biomass Valorization**, v. 9, p. 479-489, 2018.

SCATOLINO, R. S.; GARCIA, J. N.; TAVARES, C. R. S.; HADA, S. M.; TREVISAN, M. Produção de pellets de resíduos do processamento de grãos de soja. **Revista Brasileira de Energi***a*, v. 16, n. 1, p. 45-58, 2018.

SERRANO, Diego Machado Carrion. **Avaliação do potencial de produção e exportação de pellets combustível no polo florestal da região Sul do Brasil**. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

SETTE JUNIOR, C. R.; FREITAS, P. C.; FREITAS,V.P.; YAMAJI, F. M.; ALMEIDA, R. A. A. Production and characterization of bamboo *pellets*. **Bioscience Journal,** v. 32(4): 922-930, 2016

SETTE JÚNIOR, F. A.; CLEMENTE, E. J.; BOLDRINI, J. M.; MORAES, G. M.; FURLAN, J. S. Pellets de bambu: produção e análise energética. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 1, p. 10-20, 2016..

SILVA, J. A. A evolução da cadeia produtiva no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios,** v. 5, n. 3, p. 120-132, 2005.

SIMIONI, F. J.; SILVA, J. A.; OLIVEIRA, M. A**.** O agronegócio florestal no Brasil. **Revista Brasileira de Agronegócios**, v. 5, n. 2, p. 45-60, 2007.

SIMIONI, Flávio José et al. Análise diagnóstica e prospectiva da cadeia produtiva de energia de biomassa de origem florestal no planalto sul de Santa Catarina. 2007.

Siyal, A. A., Mahar, R. B., Oad, F. C., Khaskheli, M. H., Bhat, A. R., & Jagirani, A. W. (2021). Challenges and prospects of bioenergy in developing countries: A comprehensive review. **Renewable Energy,** 163, 877-894.

SOPHA, Bertha Maya; KLÖCKNER, Christian A.; HERTWICH, Edgar G. Explorando opções políticas para uma transição para a difusão sustentável do sistema de aquecimento usando uma simulação baseada em agentes. **Política Energética** , v. 5, pág. 2722-2729, 2011.

STUMM, K. E.; MORGAN, J. P. Chemical considerations for biomass use in energy applications. In: **Proceedings of the Biomass Energy Conference**, 1970.

TARASOV, D.; SHAHI, C.; LEITCH, M. Effect of additives on wood *pellet* physical and thermal characteristics: a review**. International Scholarly Research Notices Forestry**, London, v. 2013, ID 876939, 6 p.

Tavares, S. R. de L., & Tavares, M. A. de M. E. (2015). PERSPECTIVAS PARA A PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NO MERCADO INTERNACIONAL DE *PELLETS*. **HOLOS**, *5*, 292–306.

THRÄN, Daniela; MOESENFECHTEL, Urs (Ed.). **The bioeconomy system.** Berlin: Springer, 2022.

TRIVIÑOS, A. M. **Metodologia da pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1987.

U.S. Energy Information Administration. Densified Biomass Fuel Report, February 2024. U.S. EIA, 2024.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE). **Forest Products Annual Market Review** *2023-2024*.

USDA FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. **European Union: Wood Pellets Annual.** 2024

VERHOEST, Chrystelle; RYCKMANS, Yves. Relatório de *pellets* de madeira industrial. **Comissão Europeia** , pág. 30, 2012.

WELFLE, A. J. Balancing Growing Global Bioenergy Resource Demands—Brazil's Biomass Potential and the Availability of Resources for Trade. **Biomass and Bioenergy,** v. 105, p. 83-95, 2017.

WILD, M.; DEUTMEYER, R.; BRADLEY, R.; HEITOR, M.; HESSE, M.; NIKOLAISEN, L.; ESTELAR, M.; TUMULURU, J.; LAMERS, P.; PROSKURINA, S.; VAKKILAINEN, E.; HEINIMO, J. Global wood pellet industry and market – current

developments and outlook. In: **European Biomass Conference & Exhibition**, 2017, Estocolmo. Anais... Estocolmo: IEA Bioenergy Task 40, 2017.

Williamson, O. E. (2000). The new institutional economics: Taking stock, looking ahead. **Journal of Economic Literature**, 38(3), 595-613.

WOLF, A.; VIDLUND, A.; ANDERSSON, E. Energy-efficient *pellet* production in the forest industry - a study of obstacles and success factors. **Biomass &Bioenergy**, Amsterdam, v. 30, n. 1. p. 38-45, 2006.

ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F**.** Subsistemas das cadeias produtivas agroindustriais: produção, transformação, distribuição e consumo. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 29, n. 3, p. 935-943, 2000.

ZYLBERSZTAJN, Décio. Papel dos contratos na cooperação agroindustrial: um olhar além dos mercados. **Revista de Economia e Sociologia Rural** , v. 43, p. 385-420, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

QUESTIONÁRIO PARA EMPRESAS PRODUTORAS DE *PELLETS*

Nome da empresa:

Entrevistado:

Cargo/função:

Idade:

- Histórico da empresa

Fornecimento de matéria-prima

Fatores positivos, críticos e futuro

- Qual o tipo de biomassa?
- Qual a localização dos fornecedores (regional, nacional e internacional)?
- Qual a capacidade produção?
- Competição com outros usos?
- Transporte?

Tecnologia de produção

Fatores positivos, críticos e futuro

- Quais as vantagens dos equipamentos utilizados no processo em comparação com outros conhecidos no mercado?
- Qual o nível de automação?
- Quais os equipamentos necessários para produção?
- Origem dos equipamentos (nacionais ou importados)?
- Quais as desvantagens dos equipamentos utilizados no processo em comparação com outros conhecidos no mercado?

Mercado consumidor

Fatores positivos, críticos e futuro

- Qual o tipo de utilização do produto?
- Quais os setores de compra: industrial, doméstico.... Porte?
- Venda é local, regional ou internacional?

- Existe alguma perspectiva para ampliação?

Ambiente institucional e nível organizacional da cadeia

Fatores positivos, críticos e futuro

- Qual a relação da empresa com o setor ou atores do setor de compactados?
- A empresa tem algum contato com políticas públicas?
- Quais são as políticas públicas necessárias para o crescimento e organização do setor de compactados?
- Quais os tipos de analises que são feitas na biomassa antes da compactação? (Teor de umidade, poder calorífico, teor de cinzas)
- Onde as análises são feitas?
- Quais as normas usadas? Tem-se conhecimento das normas brasileiras?
- Qual a forma de comercialização (granel, em embalagens, tamanho da embalagem)?
- Quais as clientes exigem laudos de qualidade do produto final (compactado)?
- O produto tem algum tipo de certificação?
- Quais as dificuldades encontradas pela empresa no setor de compactados?
- Quais as perspectivas de crescimento da empresa e do setor?

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO PARA EMPRESAS PRODUTORAS DE EQUIPAMENTOS

Nome da empresa:

Entrevistado:

Cargo/função:

Idade:

- Histórico da empresa

Tecnologia de produção

Fatores positivos, críticos e futuro

- Quais os tipos de produtos ou projetos mais solicitados em orçamentos?

- Qual a localização dos clientes (regional, nacional e internacional)?
- Quais as principais dificuldades encontradas?
- Quais as perspectivas de crescimento de empresa e do setor?
- Qual o nível de automação?
- Qual a capacidade produção?

Mercado consumidor

Fatores positivos, críticos e futuro

- Qual o tipo de utilização do produto?
- Quais setores são atendidos, industrial, doméstico.... Porte?
- Qual a localização dos clientes (regional, nacional e internacional)?
- Existe alguma perspectiva para ampliação de uso dos compactados?
- Qual o tipo de matéria prima para a qual os clientes solicitam os projetos da empresa
- Qual é o maior mercado para se vender *pellets*? (aquecimento habitacional, uso industrial, exportação, outros).

Ambiente institucional e nível organizacional da cadeia

Fatores positivos, críticos e futuro

- Qual é a maior urgência do mercado de *pellet*?
- Qual a relação da empresa com o setor ou atores do setor de compactados?
- Quais os clientes já atendidos do setor? A Instituição já ofereceu algum serviço de consultoria na área? Qual a localização e tipo de demanda desses clientes?
- A empresa tem algum contato com políticas públicas?
- A Instituição está envolvida ou conhece algum tipo de articulação política existente ou futura para o fomento do crescimento do setor?
- Quais são as políticas públicas necessárias para o crescimento e organização do setor de compactados?
- Quais as dificuldades encontradas pela empresa no setor de compactados?
- Quais as perspectivas de crescimento da empresa e do setor?

APÊNDICE 3

QUESTIONÁRIO PARA EMPRESAS CONSUMIDORAS

Nome da empresa:

Entrevistado:

Cargo/função:

Idade:

- Histórico da empresa

Fornecimento de matéria-prima

Fatores positivos, críticos e futuro

- Qual o tipo de biomassa?
- Qual a localização dos fornecedores (regional, nacional e internacional)?
- Qual a capacidade produção?
- Competição com outros usos
- Preço
- Transporte

Tecnologia de produção

Fatores positivos, críticos e futuro

- Quais as vantagens dos equipamentos utilizados no processo em comparação com outros conhecidos no mercado?
- Origem dos equipamentos (nacionais ou importados)?
- Quais as desvantagens dos equipamentos utilizados no processo em comparação com outros conhecidos no mercado?

Mercado consumidor

Fatores positivos, críticos e futuro

- Qual o tipo de utilização do produto?
- Existem dificuldades para aquisição do produto?

- Setor industrial, domestico.... porte?
- Existe alguma perspectiva para ampliação de uso dos compactados?

Ambiente institucional e nível organizacional da cadeia

Fatores positivos, críticos e futuro

- A instituição tem algum projeto na área de compactados?
- Qual a relação da Instituição com o setor ou atores do setor de compactados?
- A empresa tem algum contato com políticas públicas?
- A Instituição está envolvida ou conhece algum tipo de articulação política existente ou futura para o fomento do crescimento do setor?
- Quais são as políticas públicas necessárias para o crescimento e organização do setor de compactados?
- Tem-se conhecimento das normas brasileiras?
- Qual a forma de comercialização (granel, em embalagens, tamanho da embalagem)?
- Exigem laudos de qualidade do produto final?
- O produto tem algum tipo de certificação?
- Quais as dificuldades encontradas pela empresa no setor de compactados?
- Quais as perspectivas de crescimento de uso?

APÊNDICE 4

QUESTIONÁRIO PARA ASSISTÊNCIA TÉCNICA E CONSULTORIA

Nome da empresa:

Entrevistado:

Cargo/função:

Idade:

- Histórico da empresa

Tecnologia de produção

Fatores positivos, críticos e futuro

- Quais as vantagens dos equipamentos utilizados no processo em comparação com outros conhecidos no mercado?
- Qual o nível de automação?
- Equipamentos necessários para análises?
- Origem dos equipamentos (nacionais ou importados)?
- Quais as desvantagens dos equipamentos utilizados no processo em comparação com outros conhecidos no mercado?

Mercado consumidor

Fatores positivos, críticos e futuro

- Quais são os serviços prestados?
- Localização dos serviços prestados?
- Tipo de matérias-primas analisadas?
- Existe alguma perspectiva para ampliação?

Ambiente institucional e nível organizacional da cadeia

Fatores positivos, críticos e futuro

- Qual a relação da Instituição com o setor ou atores do setor de compactados?
- Quais os clientes já atendidos do setor? A Instituição já ofereceu algum serviço de consultoria na área? Qual a localização e tipo de demanda desses clientes?
- A empresa tem algum contato com políticas públicas?
- A Instituição está envolvida ou conhece algum tipo de articulação política existente ou futura para o fomento do crescimento do setor?
- Quais são as políticas públicas necessárias para o crescimento e organização do setor de compactados?
- Quais as normas usadas? Tem-se conhecimento das normas brasileiras?
- Qual a forma de comercialização (granel, em embalagens, tamanho da embalagem)?
- Quais as dificuldades encontradas pela empresa no setor de compactados?
- Quais as perspectivas de crescimento da empresa e do setor?