

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EVELYN RODRIGUES MARTINS

PANORAMA BRASILEIRO DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTE
DA BIOMASSA FLORESTAL

CIDADE

2020

EVELYN RODRIGUES MARTINS

PANORAMA BRASILEIRO DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTE
DA BIOMASSA FLORESTAL

Artigo apresentado como requisito parcial à
conclusão MBA em gestão florestal, Setor da
Universidade Federal do Paraná.

Orientador/Professor: Prof. Dr. Eugênio Libreloto
Stefanelo

RIO DE JANEIRO

2020

PANORAMA BRASILEIRO DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTE DA BIOMASSA FLORESTAL

Evelyn Rodrigues Martins

RESUMO

O setor de energia tem enorme representatividade na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) no mundo. Na tentativa de descarbonizar a geração de energia e se responsabilizar pelas possíveis consequências, como por exemplo as mudanças climáticas, o setor passa pela transição energética na busca por uma matriz mais renovável. A biomassa pode ser considerada como tal, visto que sua base é a reutilização de resíduos que pode ser oriundo de diferentes fontes, inclusive a florestal. Este trabalho visa analisar e compreender o panorama atual do setor de energia gerada através da biomassa florestal no Brasil. A partir disso, constata-se que o licor negro é o insumo florestal com melhor desempenho energético, enquanto as centrais de biomassa que utilizam resíduos florestais como insumo representa o maior número de unidades, aproximadamente 58% do total de centrais de biomassa florestal do país. Considera-se que isso é o reflexo do desenvolvimento e destaque da indústria siderúrgica e de papel e celulose no Brasil, setor este que detém os maiores números de centrais de geração de energia de biomassa florestal do país.

Palavras-chave: Energia Renovável. Biomassa. Insumo Florestal. Carvão Vegetal. Lenha. Resíduos Florestais. Gás de Alto Forno. Licor Negro. Biogás.

ABSTRACT

The energy sector is the most represented in the emission of greenhouse gases (GHG) in the world. In an attempt to decarbonize energy generation and take responsibility for possible consequences, such as climate change, the sector is looking for a more renewable matrix. Biomass can be considered as such, since its base is the reuse of waste that can come from different sources, including forestry. This work aims to analyze and understand the current panorama of the energy sector generated through forest biomass in Brazil. Black liquor is the forest input with the best energy performance, while biomass plants that use forest residues as input represent the largest number of units, approximately 58% of the total forest biomass plants in the country. This is a reflection of the development and prominence of the steel and pulp and paper industry in Brazil, a sector that has the largest numbers of power plants for generating forest biomass.

Keywords: Renewable energy. Biomass Plant. Forest input. Charcoal. Firewood. Forest waste. Blast Furnace Gas. Black liquor. Biogas.

1 INTRODUÇÃO

Após assinatura do Acordo de Paris na Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015 (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), diversas nações estabeleceram compromissos e metas na intenção de amenizar a ameaça global sobre as mudanças climáticas através da diminuição das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), no contexto do desenvolvimento sustentável, em diversos setores da economia e em diferentes países.

O setor de energia no mundo é considerado grande emissor de GEE e um exemplo disso, são os países como a China, Estados Unidos da América e as nações que compõem o bloco econômico União Europeia (UE), este último, onde o setor é responsável por aproximadamente 80% da emissão de gases de efeito estufa, considerando todos os países que compõem o bloco econômico (UNFCCC, 2017).

O relatório de Estimativa Anuais de Emissões Gases de Efeito Estufa do Brasil produzido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) informa que no inventário de emissões setoriais de GEE realizado no ano de 2014, o setor de energia teve 37% de participação nas emissões líquidas, agropecuária 33%, mudança de uso na terra e florestas 18%, processos industriais 7% e tratamento de resíduos 5% (BRASIL, 2017).

Entre os setores que mais se destacam estão: o setor de energia, assim como em outros países, é o setor com maior emissão devido, principalmente, à queima de combustíveis fósseis; a agropecuária devido a fermentação entérica do gado, manejo de dejetos animais e atividades com solos agrícolas, cultivo de arroz e queima de resíduos agrícolas; a mudança de uso na terra e florestas capazes de emitir diferentes variações da quantidade de carbono tal como, a biomassa vegetal, aplicação de calcário em solos agrícolas e emissões de moléculas de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) pela queima de biomassa nos solos que estão relacionadas, principalmente, à conversão de florestas para cultivos agrícolas e pecuária (BRASIL, 2017)

Visto isso, o setor de energia reconhece a sua maior participação nas emissões dos GEE e conseqüentemente busca aos poucos a transição energética e alternativas para um desenvolvimento mais sustentável. O avanço da tecnologia e

melhorar aproveitamento dos recursos disponíveis trazem maior motivação para essa transição energética e maior competitividade das fontes renováveis no setor de energia (GOLDEMBERG et al, 2007). Quando se fala em fontes renováveis de energia, considera-se toda energia pela qual é gerada através de uma matéria prima inesgotável. O potencial hidráulico, eólico, a radiação solar, a energia das marés, das ondas e a biomassa são exemplos de fontes renováveis de energia.

Como resultado desta diretriz, o Brasil tem destaque mundial por possuir mais de 82% da sua matriz energética renovável, segundo os dados divulgados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A biomassa, de modo geral, atualmente representa pouco mais de 8% de toda matriz energética brasileira (SIGA, 2020).

O Centro Nacional de Referência em Biomassa (Cenbio) classifica a energia da biomassa em duas categorias principais: a tradicional, em que é obtida através da combustão direta de madeira, lenha, resíduos agrícolas, resíduos de animais e urbanos, para cocção, secagem e produção de carvão; ou a moderna, em que é obtida por meio de tecnologias mais avançadas de conversão, como é utilizado para geração de eletricidade ou na produção de biocombustíveis.

Através da biomassa moderna é possível obter energia de diferentes subcategorias: agroindustriais (bagaço da cana de açúcar, biogás AGR, capim elefante, casca de arroz), biocombustíveis líquidos (etanol e óleos vegetais), resíduos animais, resíduos urbanos sólidos e florestas (carvão vegetal, gás de alto forno, lenha, licor negro, resíduos florestais), esta última, foco do presente trabalho (BRASIL, 2019).

O objetivo geral desta pesquisa é apresentar um panorama atualizado da subcategoria de biomassa florestal no cenário da energia elétrica nacional. É comum encontrar os números sobre biomassa de uma forma generalizada no setor de energia como, por exemplo, somado aos dados de geração de energia por usinas termoelétricas.

Ademais, os objetivos específicos deste trabalho baseiam-se em apresentar a representatividade da subcategoria florestal dentro do setor de energia elétrica gerada através da biomassa, como se estabelece atualmente a distribuição das centrais de biomassa florestal pelo país e quais são as expectativas do setor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ENERGIA RENOVÁVEL

Através da ciência foi possível reconhecer que o aumento das concentrações de GEE na atmosfera é considerado causa principal das mudanças climáticas. Porém, cabe destaque, que o efeito estufa se trata de um fenômeno natural, responsável por manter a superfície do planeta aquecida e permitindo a existência de vida no planeta. Este fenômeno ocorre por causa dos gases que constituem a atmosfera (LOBATO *et al.*, 2009). A maior preocupação é devido ao aumento desses gases, passando assim a intensificar o fenômeno.

Estes gases são lançados por meio de diversas atividades antrópicas, como a queima de combustíveis fósseis, petróleo, carvão e gás natural, e o desmatamento de florestas nativas são os principais exemplos (GOLDEMBERG e LUCON, 2007). A transição energética é fator de responsabilidade do setor de energia e da sociedade e por isso, o aumento nos incentivos as práticas de energia renovável assim como, maiores pesquisas sobre o tema.

Ainda que a descarbonização substancial do setor não seja possível por completo, o futuro do setor de energia tem relação com a energia renovável, melhoras constantes na eficiência energética e crescimento da eletrificação dos setores de uso final (IRENA, 2019).

“O mercado deu o sinal com tecnologias competitivas em termos de custos. Os governos precisam agora implementar as políticas de apoio para acelerar os investimentos visando mitigar as alterações climáticas. É necessário criar um sistema energético de baixo carbono para conter o nível crescente das temperaturas globais. Sim, é possível.” (Francesco La Camera, IRENA 2019).

2.2 BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA

A biomassa corresponde a transformação de matéria orgânica de origem florestal, agrícola, animal ou resíduos urbanos/industriais em energia mecânica, térmica ou elétrica. Existem diferentes processos e tecnologias, modernas e mais tradicionais, para transformação de biomassa em energia. São alguns exemplos, pirólise, gaseificação, combustão, fermentação e cogeração (ANEEL, 2008).

O potencial energético da biomassa é considerável, seja como biocombustíveis ou no fornecimento de eletricidade em locais mais isolados.

(SOARES *et al.*, 2006). A produção em larga escala de energia elétrica e biocombustíveis está diretamente relacionada a tecnologia aplicável e a matéria-prima utilizada (ANEEL, 2008). O Brasil possui condições naturais, território e clima que favorecem a produção e uso energético da biomassa.

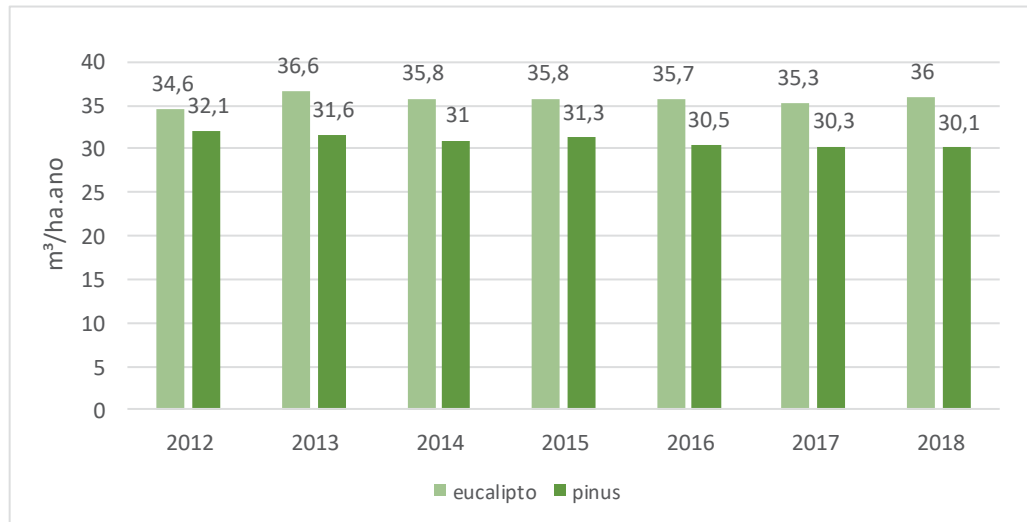
Segundo o Plano Nacional de Energia 2030, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética, a biomassa para fins energéticos em geral está entre as fontes renováveis com maiores possibilidades em termos de natureza, origem, tecnologia de conversão e produtos energéticos (BRASIL, 2007).

2.3 BIOMASSA FLORESTAL

Considera-se biomassa florestal toda matéria orgânica originária de floresta constituída por madeira e resíduos florestais. Na cadeia produtiva florestal com foco em geração de energia, ressalta-se o conceito de biocombustíveis florestais que é definido como combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos produzidos a partir da biomassa florestal. A lenha, o carvão vegetal, briquetes e licor negro são alguns exemplos (AGROICONE, 2015)

Os principais insumos na geração de biomassa de origem florestal são os resíduos florestais do desbaste e corte de indivíduo florestal além destes, os resíduos de madeira do processo de produção. A partir disso, nos últimos anos, a produtividade média de eucalipto aumentou 0,5% ao ano e de pinus teve um decréscimo de 0,8% ao ano, segundo os dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2019). A FIGURA 2-1 mostra a evolução da produtividade de eucalipto e do pinus no Brasil entre os anos de 2012 e 2018.

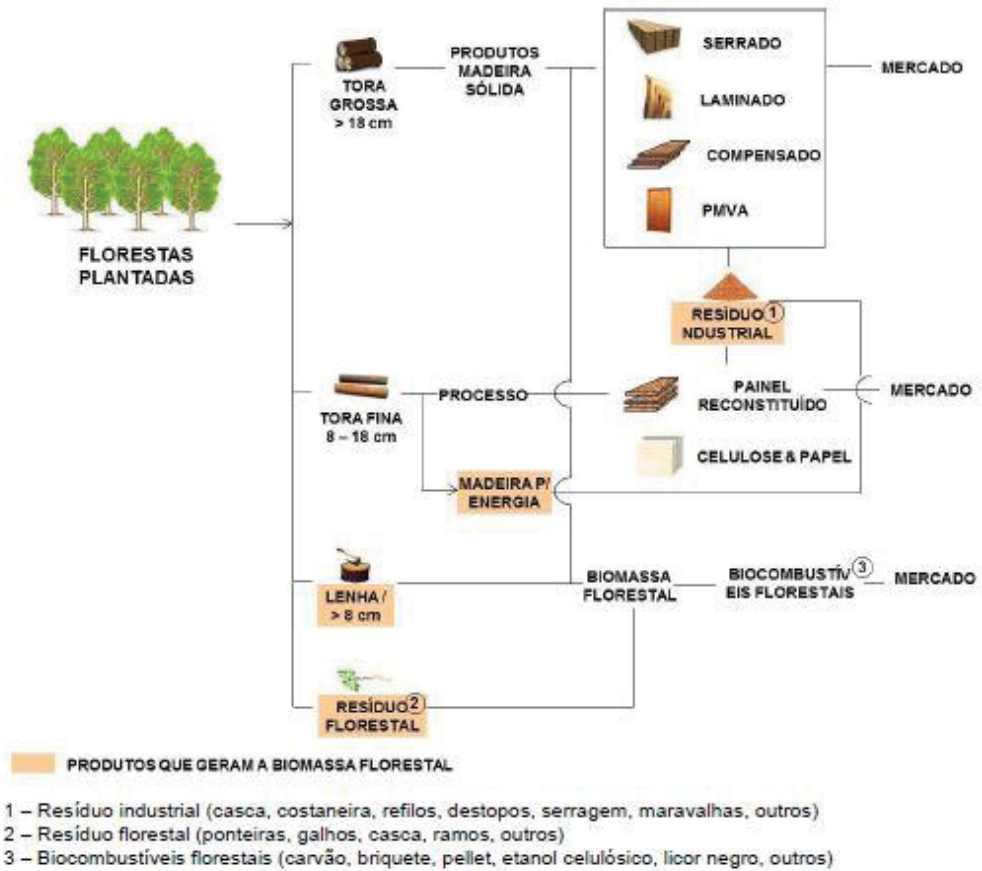
FIGURA 2-1: EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO E PINUS NO BRASIL, 2012 A 2018.



Fonte: Adaptado de IBÁ (2019).

Para melhor compreensão deste segmento, a FIGURA 2-2 mostra o panorama da cadeia produtiva da madeira, com destaque nos produtos florestais utilizados para geração de biomassa florestal.

FIGURA 2-2: CADEIA DE PRODUTO FLORESTAL



FONTE: AGROICONE (2015).

2.3.1 Carvão Vegetal

O carvão vegetal é caracterizado por meio da transformação da lenha, insumo este utilizado comumente em fornos ou reatores em processos conhecidos como pirólise ou carbonização. Para melhor eficiência deste processo, é necessária uma matéria prima com maiores teores de carbono e poder calorífico e por isso, para alguns casos, é necessário a compactação dos resíduos em briquetes (GBIO, 2015). Segundo a Embrapa Florestas (CEISE, 2018), o eucalipto é considerado a principal madeira utilizada para este fim.

O carvão vegetal pode ser considerado combustível renovável quando produzido de forma consciente e sustentável, utilizando como matéria prima a lenha de reflorestamento ou resíduos industriais. Entre os anos de 1997 a 2007, o Brasil apresentou uma evolução expressiva no consumo energético de carvão vegetal, segundo o Ministério de Minas e Energia, mais de 40% (ANEEL, 2008).

2.3.2 Gás de Alto Forno (GAF) - Biomassa

Alguns altos fornos do setor siderúrgico que consomem carvão vegetal na sua produção acabam por utilizar o gás resultante das altas temperaturas para geração de energia elétrica. É basicamente aplicar um dos resíduos das siderúrgicas, o gás, para a central termoelétrica e finalmente, gerar energia elétrica. O Gás de Alto Forno (GAF) se torna uma alternativa vantajosa a indústria, uma vez que maximiza o aproveitamento energético do processo produtivo e possibilita uma maior independência de energia da siderúrgica (EPE, 2016)

2.3.3 Lenha

A lenha é uma importante fonte de energia térmica e a que possui maior representatividade no setor industrial do Brasil, comércio e domicílios rurais (ESCOBAR, 2016).

A bioeletricidade na geração de energia elétrica, que inclui o uso de lenha de florestas plantadas, teve crescimento permanente até 2014, segundo estudos realizados pela EPE em 2016.

2.3.4 Licor Negro

É possível obter o licor negro, também conhecido como lixívia negra, através do processamento da madeira durante o processo de extração de celulose. Este subproduto passa a ser utilizado, muitas vezes, como combustível nas usinas de cogeração das próprias indústrias de celulose (ANEEL, 2008). A queima do licor negro tem como objetivo principal, mas não único, gerar energia e também ter o aproveitamento de parte dos resíduos florestais da proveniente da indústria da papel e celulose.

2.3.5 Resíduos Florestais

São resultantes da própria atividade madeireira como, serragem e cavaco.

2.3.6 Biogás - Floresta

O biogás é uma das fontes de produção de energia que menos impacta o meio ambiente. É resultado do processo natural de passagem da biomassa do estado sólido para o gasoso por meio da ação de microrganismos. É possível utilizar diversos resíduos industriais, inclusive os de origem florestal, que é o caso deste tópico (ANEEL, 2008).

3 METODOLOGIA

O método utilizado para elaboração deste panorama nacional sobre o uso da biomassa de origem florestal na geração de energia elétrica, tem como principal fonte de informação o Sistema de Informação de Geração da Aneel (SIGA). O SIGA é uma plataforma eletrônica gratuita que disponibiliza os dados sobre o total de geração de energia no Brasil e é gerenciado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Na plataforma SIGA foi possível baixar uma planilha de dados brutos da ANEEL com todas as fontes de energia elétrica do Brasil. As centrais de biomassa, de qualquer tipo, são classificadas no banco de dados da ANEEL como usinas termoelétricas e então, separadas nas categorias biomassa e fóssil.

Após o *download* da planilha de dados brutos da ANEEL na plataforma SIGA em agosto de 2020, foi realizada a filtragem das informações na base de dados bruta por categoria (termoelétrica), tipo (biomassa) e subtipo (florestal). Posteriormente, apenas com os dados das centrais de biomassa florestal, foi possível realizar o tratamento analítico e gráfico do setor utilizando ferramentas como os *softwares Microsoft Excel e Microsoft Power BI*.

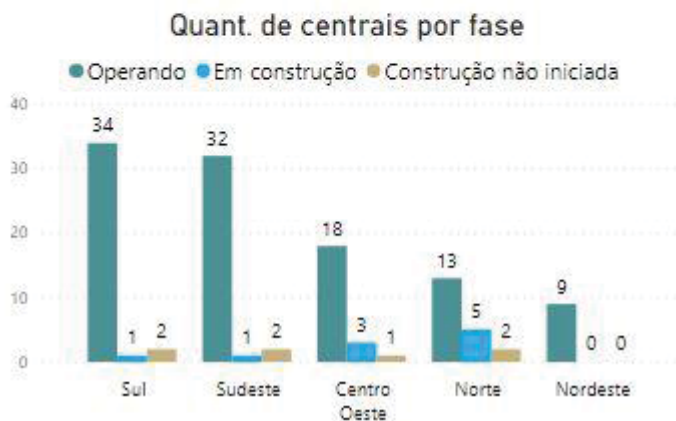
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, a apresentação do panorama atual das centrais de biomassa da subcategoria florestal no cenário nacional.

O Brasil possui, ao todo, 123 centrais de biomassa que utilizam a matéria prima florestal, conforme FIGURA 4-3.

FIGURA 4-1: ANÁLISE DO NÚMERO DE CENTRAIS DE BIOMASSA DE ORIGEM FLORESTAL POR REGIÃO DO BRASIL E SITUAÇÃO ATÉ AGOSTO/2020.

Quant. de centrais por fase			
Regiões	Operando	Em construção	Construção não iniciada
Centro Oeste	18	3	1
Nordeste	9	0	0
Norte	13	5	2
Sudeste	32	1	2
Sul	34	1	2
Total	106	10	7



FONTE: Adaptado de ANEEL (2020).

Na FIGURA 4-1 observa-se a existência atual de 106 centrais de biomassa florestal em operação, 10 em construção e sete ainda em processos iniciais, ou seja, ainda não começaram as obras para a instalação das unidades. Por meio destes números é possível detectar que esta atividade não se encontra estagnada.

Cabe destacar que a região Norte é a que detém maior número de unidades em construção atualmente, cinco ao todo enquanto, a região Nordeste além de, possuir o menor número de centrais em operação, não tem nenhuma nova unidade em construção ou prevista. Atualmente, as regiões Sul e Sudeste são as mais representativas em termos de número de centrais de biomassa florestal e geração de potência em kW no país.

A FIGURA 4-3 apresenta uma visão mais distribuída, por meio de um recorte do panorama de biomassa florestal, com os números em ordem decrescente de unidades de centrais e potência total em kW por estado.

FIGURA 4-2: PAINEL COM NÚMERO DE CENTRAIS DE BIOMASSA FLORESTAL E POTÊNCIA (kW) TOTAL POR ESTADO.

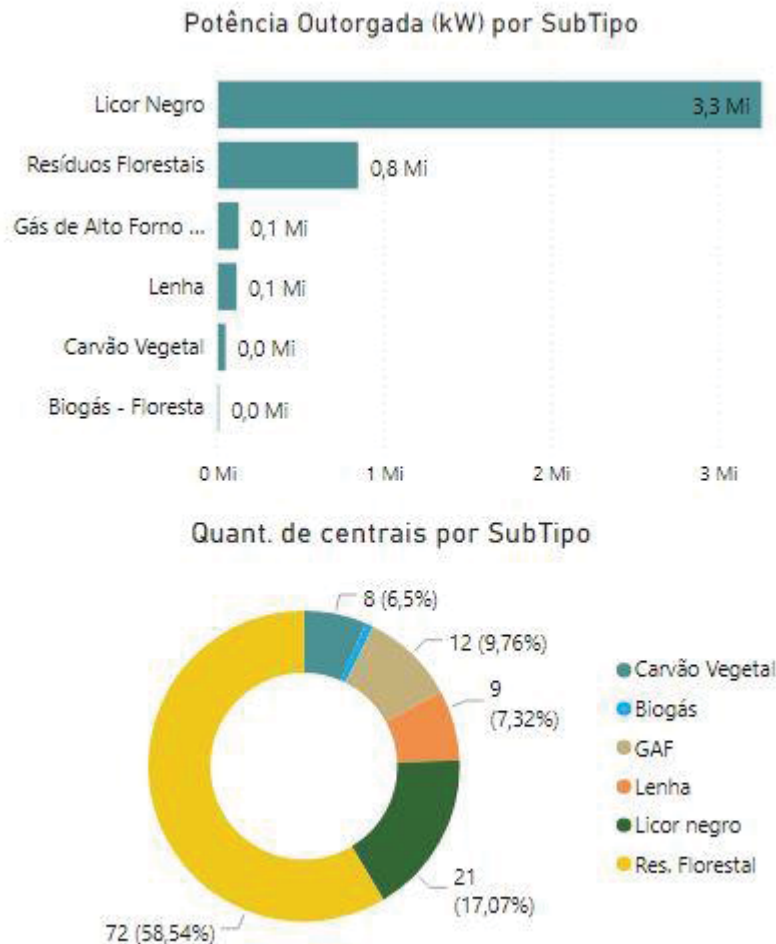
UF	Quantidade	UF	Potência Outorgada (kW)
MG	22	MS	731.723,00
SC	16	PR	648.580,00
MT	12	MG	518.532,05
PR	12	SP	502.585,00
SP	10	BA	466.070,00
RS	9	RS	354.509,00
MS	7	MA	287.440,00
PA	7	SC	235.810,00
RR	6	ES	213.900,00
MA	5	MT	198.635,00
BA	4	PA	78.310,00
AM	3	RR	54.600,00
GO	3	AC	30.470,00
AC	2	RO	24.000,00
ES	2	GO	18.200,00
RJ	1	AM	17.027,00
RO	1	TO	11.500,00
TO	1	RJ	2.700,00
Total	123	Total	4.394.591,05

FONTE: Adaptado de ANEEL (2020).

Os estados com menor e maior número de centrais e potência outorgada (kW) que se encontram na mesma região e são eles, Rio de Janeiro e Minas Gerais, respectivamente. Enquanto o Rio de Janeiro possui apenas uma central de biomassa florestal do tipo que utiliza carvão vegetal, Minas Gerais possui 22 centrais ao todo no estado. Estes números são reflexos das diferenças do setor industrial desses dois estados da região Sudeste. O estado do Mato Grosso do Sul se destaca por ocupar a posição do estado brasileiro com maior potência outorgada, mesmo quando possui apenas sete unidades de biomassa florestal espalhadas por seu território.

A FIGURA 4-3 apresenta os números e índices relacionados ao total de potência elétrica gerada em relação a quantidade de unidade existentes de biomassa florestal, independente do tipo de insumo, por região.

FIGURA 4-3: PAINEL DE ANÁLISE DA POTÊNCIA (kW) E TIPO DE INSUMOS DAS CENTRAIS DE BIOMASSA DE ORIGEM FLORESTAL POR REGIÃO DO BRASIL



FONTE: Adaptado de ANEEL (2020).

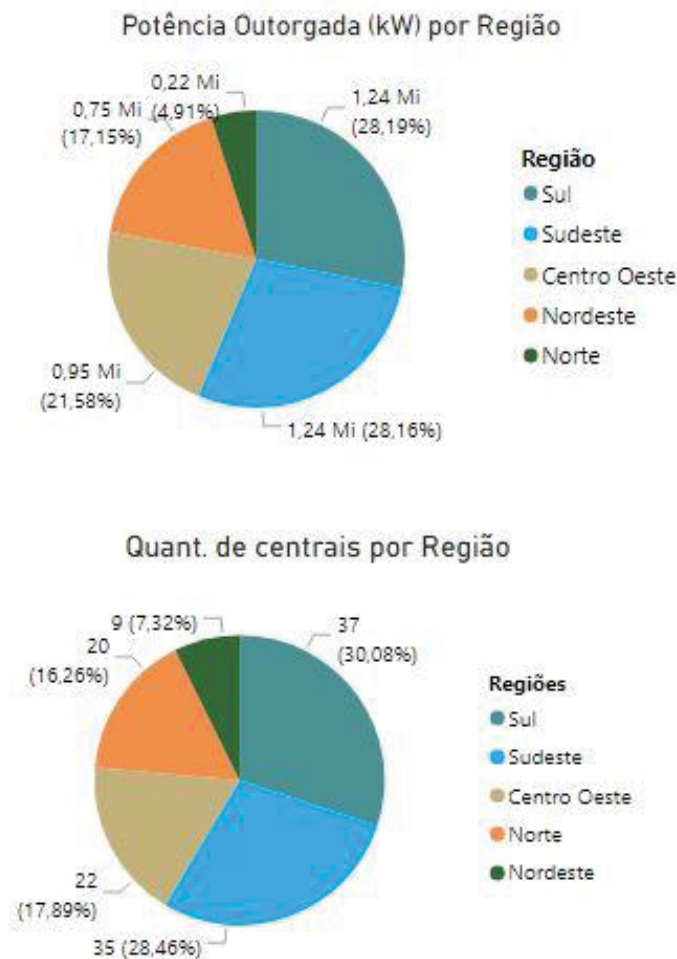
Conforme a demonstração dos gráficos da FIGURA 4-3, as centrais utilizadoras do licor negro como fonte de energia são responsáveis pelo maior desempenho em questão de potência do setor de biomassa florestal com 3,3 milhões kW e a segunda maior em número de centrais (21), representando 17% enquanto, na primeira posição estão as centrais que utilizam resíduos florestais.

As centrais utilizadoras de resíduos florestais somam, ao todo, 72 espalhas pelo país e representam cerca de 58% do total, além de serem responsáveis por 800 mil kW de potência ainda assim, não é a primeira em termo de potência total (kW). Com estes números percebe-se que as centrais que utilizam licor negro não alcançam nem um terço (1/3) do número de centrais que utilizam resíduos florestais como insumo, porém ao todo produzem cerca de 4,12 vezes mais potência que todas as unidades que utilizam resíduos florestais.

Em menores número de centrais e em potência, se encontram as centrais de biomassa do tipo GAF com 12 unidades que representam 9,7%, lenha com nove unidades que representam 7,3% e carvão vegetal com 8 unidades que representam 6,5%. Hoje somente uma central de biogás com material florestal encontra-se em operação, o proprietário é a empresa Predilecta e se localiza no município de Matão, em São Paulo. Não há nenhuma outra central de biogás prevista construção.

A FIGURA 4-4 ilustra graficamente a relação entre números de unidades de geração e potência em kW total gerada nas centrais de biomassa por região do país.

FIGURA 4-4: REPRESENTAÇÃO EM NÚMERO E % DE POTÊNCIA TOTAL (kW) E QUANTIDADE DE CENTRAIS POR REGIÃO DO PAÍS.



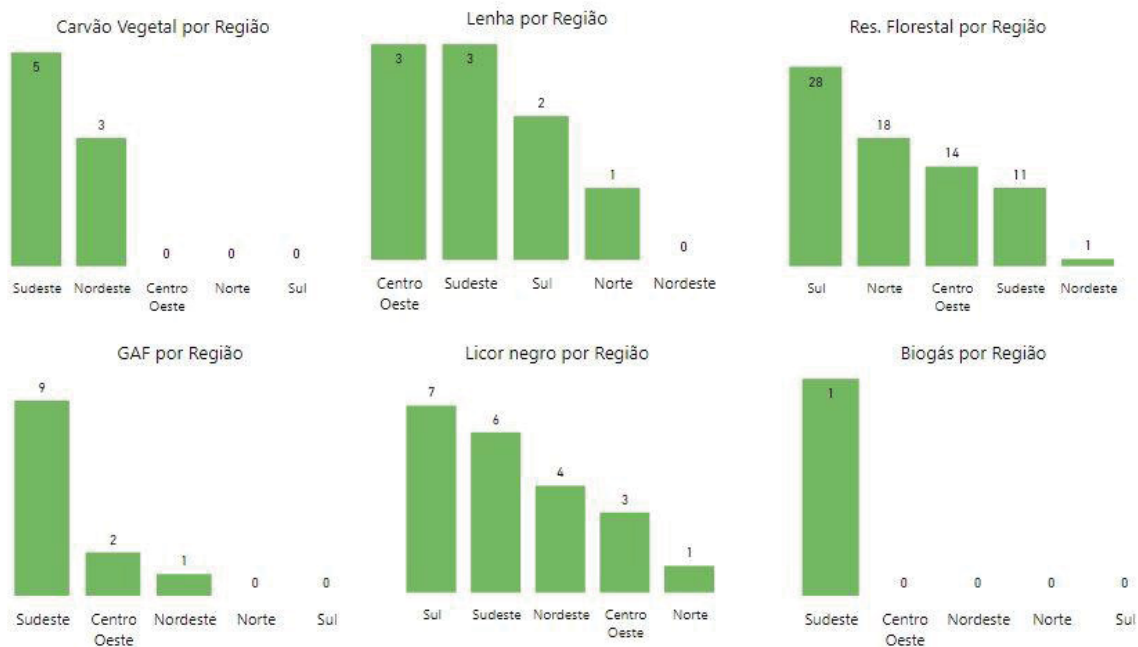
FONTE: Adaptado de ANEEL (2020).

Na FIGURA 4-4 é possível notar que as regiões Sudeste e Sul geram a mesma potência, cerca de 1,24 milhões kW, mesmo o Sul possuindo duas centrais a mais.

A região Sul do país é responsável pelo maior número de centrais de biomassa florestal (37) e maior potência (1,24 milhões kW) porém, muito próximo destes números, está a região Sudeste com 35 centrais ao todo. Seguindo a ordem decrescente, temos a região Centro-oeste com 22 centrais e a região Norte com 20 unidades. Por último, a região Nordeste com apenas nove centrais ao todo.

A FIGURA 4-5 indica em números a quantidade de centrais que estão operando ou prevista por categoria e região do país.

FIGURA 4-5: NÚMERO DE CENTRAIS DE BIOMASSA FLORESTAL DE DIFERENTES TIPOS POR REGIÃO DO BRASIL.



FONTE: Adaptado de ANEEL (2020)

A subcategoria que utiliza resíduo florestal é a de maior destaque e atuação em todas as regiões do país, assim como a subcategoria de licor negro. A única região que não possui nenhuma central de biomassa florestal que utiliza lenha fica na região Nordeste. As regiões Sudeste e Nordeste são as únicas do país que possuem representatividade com centrais de carvão vegetal. As regiões Norte e Sul não possuem nenhuma central de biomassa florestal do tipo GAF. Conforme já mencionado, a única central de Biogás está presente no estado de São Paulo, região Sudeste.

Na região Norte do Brasil, onde se encontra a maior cobertura florestal do país, predomina as centrais que utilizam resíduos florestais como matéria prima. A região também possui 13 centrais em operação, cinco em construção, duas em obras ainda não inicializada. Isso evidencia uma tendência de crescimento deste tipo de geração de energia na região Norte do país. Em contrapartida, a região Nordeste apresenta o menor número de usinas de biomassa florestal no país, com apenas nove centrais em operação atualmente e sem previsão de novas construções. A região Centro-oeste do país encontra-se bastante equilibrada com 22 centrais espalhadas pela região, três em construção, uma com obras ainda não iniciada e 19 em operação.

Para uma melhor visualização da distribuição das centrais de biomassa florestal pelo país, a FIGURA 4-6 apresenta um mapa do Brasil com a distribuição das centrais de acordo com o subtipo.

FIGURA 4-6: MAPA DO BRASIL DAS CENTRAIS DE BIOMASSA FLORESTAL POR SUBTIPO.



FONTE: Adaptado de ANEEL (2020)

Na região norte, os estados de Rondônia e Tocantins possuem apenas uma unidade cada, uma central de biomassa de resíduos florestais e uma de lenha,

respectivamente. O estado do Acre possui duas e o Amazonas possui três centrais de biomassa, todas utilizam resíduos florestais. Nesta região, Roraima e Pará se destacam com seis e sete centrais, respectivamente. Ao todo, na região Norte, apenas uma única central no Pará, entre as sete existentes no estado, é central de biomassa que utiliza licor negro, as demais são de resíduos florestais, assim como em Roraima. Pelo exposto, a região possui concentração de centrais de biomassa que utilizam resíduos florestais como insumo, são exatamente 18 unidades de um total de 20 centrais na região.

No Nordeste do país, apenas os estados do Maranhão e Bahia possuem centrais de biomassa florestal. Nesta região, das nove centrais existentes e em operação, cinco estão localizadas no Maranhão sendo que destas, três de carvão vegetal, uma de licor negro e uma de GAF. As outras quatro centrais de biomassa se localizam na Bahia sendo que três utilizam licor negro e uma resíduos florestais.

Na região Centro-oeste se destacam os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Em Mato Grosso estão 12 centrais de biomassa que utilizam resíduos florestais como insumo e duas utilizam apenas a lenha. Já em Mato Grosso do Sul existem ao todo sete centrais de biomassa de diferentes tipos, três licor negro, duas de resíduos florestais e duas de GAF e se destaca por ser o estado com maior potência gerada.

Na região Sudeste, os estados que mais se destacam são Minas Gerais e São Paulo com 22 e 10 centrais, respectivamente. Em Minas Gerais as centrais de GAF é a mais numerosa com nove ao todo, resíduos florestais com sete, três unidades de carvão vegetal, duas de licor negro e uma de lenha. Também o estado de Minas Gerais é o maior em número e potência e possui a maior variedade de categorias de centrais de biomassa florestal. No estado de São Paulo, quatro centrais utilizam resíduos florestais, três licor negro, duas unidades de lenha e uma Biogás. O estado do Espírito Santo possui três diferentes centrais, uma de cada das categorias de licor negro, resíduos florestais e carvão vegetal. Em contrapartida, o Rio de Janeiro possui apenas uma única central de biomassa do tipo que utiliza carvão vegetal.

No Sul do país, região com maior número de centrais de biomassa do Brasil, existem 34 diferentes unidades. No estado do Paraná oito utilizam resíduos florestais, três licor negro e uma apenas lenha. As 15 unidades em Santa Catarina se dividem apenas em duas categorias, resíduos florestais (12) e licor negro (3). No

Rio Grande do Sul tem sete centrais que utilizam como insumos resíduos florestais, uma reusa apenas a lenha e uma o licor negro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o tratamento dos números sobre energia gerada através da biomassa de origem florestal no Brasil, é possível observar que o setor não está estagnado, pois possui atualmente 17 centrais de energia previstas ou em construção. Além disso, possui vasta distribuição pelo país, estando presente em 19 estados.

A maior representatividade da biomassa florestal no Brasil está na geração de energia no setor da indústria, siderúrgicas e papel e celulose. Inclusive por esse motivo, as centrais estão instaladas em maior número nas regiões Sudeste e Sul, em sua maioria nos estados de Minas Gerais (22), Santa Catarina (16), Paraná (12) e São Paulo (10). Pode-se considerar também como um incentivo a instalação de centrais nestas regiões, a proximidade das unidades produtivas com as florestas plantadas.

Nos estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná estão localizados os dez primeiros municípios que possuem as maiores áreas responsáveis pelas atividades de silvicultura do país, de acordo com o *ranking* elaborado pelo IBGE em 2018.

O elevado número de centrais de biomassa que utilizam o licor negro como combustível na geração de energia é reflexo do destaque da indústria de papel e celulose no país, que é um dos maiores produtores no mundo (BNDES, 2010). Conforme apresentado na análise dos dados, o Licor negro é um insumo que garante excelente desempenho em questão de potência gerada nas centrais de biomassa florestal.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2ª ed. Brasília, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3ª ed. Brasília, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Informações Gerais**. ANEEL, 2019.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA RENOVÁVEL (IRENA). Transformando o Sistema Energético. Conclusões e Números Chaves. 2019. Disponível em: < https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Transforming_2019_PT >.

AGROICONE. **Oportunidades para Florestas Energéticas na Geração de Energia no Brasil**. Curitiba, 2015.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES) Relatório Anual 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**. 4ª ed. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília, 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília, 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007.

CENTRO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DO SETOR SUCROENERGÉTICO E BIOCOMBUSTÍVEIS (CEISE). **Florestas plantadas são utilizadas como fonte de biomassa**. 2018.

CHAVES, E. L. **Gestão ambiental do gás do alto forno e avaliação dos sistemas de controle atmosféricos de siderúrgica, viabilizando um sistema de geração de energia**. Dissertação mestrado profissional, orientador, Henrique de Melo Lisboa. Florianópolis, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

ESCOLBAR, J. F. **A Produção Sustentável de Biomassa Florestal para Energia no Brasil: o caso dos pallets de madeira**. Tese Doutorado, orientador José Goldemberg. São Paulo, 2016.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Grupo de Pesquisa em Bioenergia (GBIO). **Instituto de Energia e Ambiente**. Universidade de São Paulo, 2016.

GOLDEMBERG, J. **Biomassa e Energia**. São Paulo: Quim.Nova, v. 32, n. 03, 2009.

GOLDEMBERG J. LUCON, O. **Energia e Meio Ambiente no Brasil**. Estudos Avançados 21 (59), 2007.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório 2019**.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Diretoria de Pesquisa, Coordenação de Agropecuária, Produção de Extração Vegetal e da Silvicultura, 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25437-pevs-2018-producao-da-silvicultura-e-da-extracao-vegetal-chega-a-r-20-6-bilhoes-e-cresce-8-0-em-relacao-a-2017>

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). **Florestas energéticas: potencial da biomassa dedicada no Brasil**. São Paulo, 2018.

LOBATO, A. C. et al. **Dirigindo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos de Ensino Médio: É simples entender este fenômeno?** Belo Horizonte: Revista Ensaio, v. 11, n. 01, 2009.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE GERAÇÃO DA ANEEL (SIGA). Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzd kNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5Yz AxNzBIMSIsImMiOjR9>

SOARES, T. S. et al. **Uso da Biomassa Florestal na Geração de Energia**. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, 2006.

UNFCC. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, 2017.

VIDAL, A. C. F. et al. **Perspectiva do setor de biomassa de madeira para a geração de energia**. Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. BNDES Setorial 33.

