

NOTA TÉCNICA EPE 17/18

Potencial Energético de Resíduos Florestais do Manejo Sustentável e de Resíduos da Industrialização da Madeira

Julho 2018



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Wellington Moreira Franco

Secretário Executivo
Marcio Felix Carvalho Bezerra

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**
Eduardo Azevedo Rodrigues

Secretário de Energia Elétrica
Ildo Wilson Grudtner

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Combustíveis Renováveis**
João Vicente de Carvalho Vieira

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**
Vicente Humberto Lôbo Cruz



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente
Reive Barros dos Santos

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Amílcar Gonçalves Guerreiro

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível
José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa
Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede
Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia - Sala 744 - 7º andar - 70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central
Av. Rio Branco, 01 - 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

NOTA TÉCNICA EPE 17/18

Potencial Energético de Resíduos Florestais do Manejo Sustentável e de Resíduos da Industrialização da Madeira

Coordenação Geral
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Coordenação Executiva
Jeferson Borghetti Soares
Luciano Basto Oliveira
Glauce Maria Lieggio Botelho

Equipe Técnica

*DEA/Superintendência Estudos Econômicos
Energéticos*

Marcelo Costa Almeida

DEA/Superintendência de Meio Ambiente

Ana Dantas Mendez de Mattos
Mariana Lucas Barroso

DEE/Superintendência de Projetos da Geração

Aline Couto de Amorim
Gustavo Pires da Ponte
Michele Almeida de Souza

Nº EPE-DEA-NT-17/2018-r0
Data: 17 de julho de 2018

SUMÁRIO EXECUTIVO

A EPE tem buscado dar visibilidade ao potencial de aproveitamento energético de resíduos, seus benefícios e as principais barreiras que restringem seu desenvolvimento no país. Nesse sentido, e atendendo à solicitação da Casa Civil da Presidência da República, enviada pela Subchefia de Análise e Acompanhamento de Políticas Governamentais (SAG) na forma do Ofício 006 de 2018, a presente Nota Técnica, elaborada com apoio do Serviço Florestal Brasileiro – SFB, dá mais um passo relevante ao quantificar o potencial de geração de energia elétrica a partir de resíduos de madeira oriundos de manejo florestal e da industrialização da madeira. Adicionalmente, pode fornecer subsídios para que o Governo se posicione em relação ao Projeto de Lei nº 1.291/2015, que propõe estabelecer uma Política Nacional de Biocombustíveis Florestais.

Cumprido ressaltar que a EPE tem a missão de elaborar estudos e pesquisas para subsidiar o planejamento do setor energético brasileiro, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade na formulação, implementação e avaliação de políticas públicas. Dentre o rol de competências da EPE, previstas na Lei nº 10.847/2004, destaca-se a identificação e quantificação dos potenciais de recursos energéticos, bem como o desenvolvimento de estudos para avaliar e incrementar a utilização de energia proveniente de fontes renováveis.

Devido às particularidades regionais do setor elétrico, a avaliação foi desagregada em: Sistemas Isolados (SI) e Sistema Interligado Nacional (SIN).

Sistemas Isolados

Contexto Atual

Atualmente, o Brasil possui mais de 250 sistemas isolados, sendo a maior parte localizada nos estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Amapá e Pará. Os Sistemas Isolados representam menos de 1% do consumo de energia elétrica no Brasil, todavia destacam-se pela predominância da geração termelétrica a diesel, cerca de 96% do suprimento. O diesel é uma fonte cara, poluente e com preços relativamente voláteis, o que representa uma excelente oportunidade para fontes alternativas, entre elas a biomassa lenhosa residual, que podem se beneficiar dos altos custos de oportunidade na região.

Como resultado, estima-se que em 2018 serão consumidos cerca de 800 mil m³ de óleo diesel para suprimento dos Sistemas Isolados (Geração própria das distribuidoras e de Produtores Independentes de Energia), resultando em emissões diretas da ordem de 2,1 MtCO₂. Apesar de pouco relevante no montante total de emissões do Brasil, algo da ordem de 0,1% do total, o custo de abatimento dessas emissões é negativo, devido ao elevado custo do diesel.

Convém ainda mencionar que, entre 2014 e 2017, os leilões para contratação do suprimento aos Sistemas Isolados resultaram em valores quase sempre superiores a R\$ 1.000/MWh, quando o custo médio do mercado regulado (ACR_{med}) do SIN em 2018 foi de R\$ 213/MWh.

Potencial de Biomassa Lenhosa Residual

Para estimar o potencial de biomassa lenhosa residual, foram consideradas as florestas públicas federais passíveis de concessão (Floresta Nacional – Flonas, Área de Proteção Ambiental - APA e florestas não destinadas) e as áreas de Reserva Legal de propriedades particulares constantes no Cadastro Ambiental Rural (CAR), nos estados da região norte, Maranhão e Mato Grosso. Considerando o contexto da Amazônia, foi adotado que seriam descontados 20% do total das áreas passíveis que corresponderiam às Áreas de Preservação Permanente (APP).

A biomassa lenhosa residual, neste escopo geográfico mais amplo, suportaria uma capacidade instalada de 6,5 GW. Restringindo-se à área atendida pelos Sistemas Isolados, o potencial identificado é de 2,5 GW, contra 996 GW de capacidade instalada existente a diesel. Enquanto a geração prevista para os Sistemas Isolados, em 2018, é de 2,9 TWh, a biomassa lenhosa residual poderia gerar 17,5 TWh/ano, ou seja, cerca de 6 vezes a geração elétrica a diesel. Não obstante o elevado potencial, há que se observar que uma usina termelétrica a biomassa opera normalmente em regime constante, permitindo pouca variação de carga ao longo do dia, ao contrário da geração a diesel, que possui maior flexibilidade para acompanhar as variações na demanda dos consumidores. Considerando um caso de referência em que a “base” corresponde a 40% da capacidade instalada, isso corresponde atualmente a 398 MW no total dos SI, o que tecnicamente poderia ser plenamente atendido com biomassa residual. Os cerca de 2.100 MW restantes poderiam atender ao crescimento futuro da carga dos Sistemas Isolados.

Cabe ressaltar que apenas a disponibilidade física da biomassa, nas tipologias florestais apresentadas, foi considerada. Outras variáveis, específicas de cada área passível de manejo, não foram consideradas e podem interferir na realização do potencial estimado.

Viabilidade Econômica

A análise da remuneração da biomassa para geração elétrica nos Sistemas Isolados adotou como valores de referência os preços médio e máximo da lenha de extrativismo na região (respectivamente, R\$ 34/t e R\$ 81/t), os preços médio e máximo da madeira em tora de extrativismo na região (respectivamente, R\$ 201/t e R\$ 284/t), o custo de importação do óleo diesel de R\$ 1.350,25/m³ e o custo ao gerador de R\$ 3.000/m³ (transformados para equivalente em biomassa em, respectivamente, R\$ 203/t e R\$ 450/t).

A operação da capacidade instalada a diesel na base do atendimento dos Sistemas Isolados resulta numa geração elétrica anual de cerca de 2,8 TWh. O consumo anual de óleo diesel para tal finalidade é estimado em 770 mil m³ de diesel. A importação deste volume de óleo diesel gera uma despesa de cerca de R\$ 1 bilhão de reais por ano ao país. Na composição dos custos de geração nos Sistemas Isolados, o óleo diesel soma cerca de R\$ 2,3 bilhões/ano, parcialmente coberto pela Conta de Consumo de Combustível (CCC) e repassado para todos os consumidores do Sistema Interligado Nacional. Tributos federais incidentes sobre o diesel respondem por R\$ 240 milhões/ano e estaduais por R\$ 500 milhões/ano.

Os custos de investimentos em geração elétrica à base de cavaco de madeira atingem US\$ 2.000/kW. Quanto ao custo de O&M, adotou-se o valor igual a 5% do custo de investimento de cada projeto de geração. A conversão destes valores, em função da vida útil, do fator de capacidade e dos custos financeiros, remete a uma parcela da ordem de R\$ 200/MWh no cálculo do custo da eletricidade. Este valor anualizado para a geração de base dos sistemas isolados é de R\$ 557.836.800,00.

A remuneração da biomassa pelo valor de referência mais alto, o de equivalência com o custo do diesel para o gerador, resulta em um aumento de custos de geração. A diferença na parcela de combustível é nula; entretanto, a parcela de investimento e O&M é acrescida aos custos.

No outro extremo, a remuneração da biomassa pelos valores médio e máximo da lenha, resulta em potenciais de redução nos custos anuais de cerca de R\$ 1,6 bilhão e R\$ 1,3 bilhão, respectivamente. Estes valores permitem a manutenção da arrecadação federal e estadual com o diesel, que chega a R\$ 750 milhões/ano, resultando em um potencial de redução (após compensação) entre R\$ 850 milhões e R\$ 550 milhões/ano.

Caso a remuneração da biomassa tenha como referência o custo de importação do diesel ou o preço médio da madeira em tora de extrativismo na região, em ambos os casos o potencial de redução dos custos de geração é de cerca de R\$ 700 milhões/ano. Entretanto, a compensação da perda de receita federal e estadual com o diesel praticamente anula esta redução. No caso de se adotar o preço máximo da madeira em tora de extrativismo, o potencial de redução inicial de R\$ 300 milhões/ano, é inferior à perda com a arrecadação com o diesel.

O tratamento dos tributos (federais e estaduais), a devida remuneração da biomassa e a economia global do Sistema Isolados requerem um estudo mais aprofundado, com ampla discussão com os atores envolvidos na atividade madeireira e de geração de energia e o governo.

Sistema Interligado Nacional

O SIN tem seu parque gerador e cargas conectadas de Norte a Sul do país, através do sistema de transmissão. A interconexão entre os sistemas permite a transferência de energia entre os subsistemas, garantindo maior segurança e melhor aproveitamento dos recursos. Ao contrário dos SI, onde o diesel predomina, o SIN tem elevada participação de fontes renováveis, com destaque para as hidrelétricas com 64% da capacidade instalada, além das usinas termelétricas a biomassa e eólicas, 9% e 8%, respectivamente.

Considerando uma termelétrica a biomassa de referência (ver Anexo "Usina Termelétrica a Biomassa Residual de Referência"), o potencial de aproveitamento energético da biomassa residual da industrialização da madeira de florestas plantadas para outros fins identificado, com os dados da atividade em 2016, permite uma capacidade instalada de 633 MW. Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Minas Gerais concentram 90%, e 10 municípios concentram 43% desse valor. Em energia, o potencial total é de cerca de 4.438 GWh.

As oportunidades para viabilização desses negócios podem passar por: (i) leilões regulados de energia promovidos pelo MME; (ii) leilões de geração distribuída promovidos pelas distribuidoras; (iii) micro e minigeração distribuída, por meio de Sistema de Compensação de Energia (*netmetering*); (iv) venda no mercado livre ou autoprodução. Cada um desses mecanismos tem vantagens e desvantagens para o gerador. A vocação da geração a biomassa residual parece se concentrar na característica de geração distribuída, cuja comercialização representa menores custos de transação e maior flexibilidade contratual, porém menor estabilidade nas receitas da venda de energia. Por outro lado, os leilões de energia promovidos pelo MME, apesar do custo de transação mais elevado e da maior competitividade das disputas pelos contratos, podem garantir maior financiabilidade ao projeto.

Impactos

Socioambientais

Quanto aos impactos socioambientais, verifica-se que o aproveitamento dos resíduos pode ser enquadrado como boa prática, melhor que o descarte sobre o solo. Não obstante, a construção das plantas e as atividades desenvolvidas durante a operação da usina e o transporte da biomassa devem ser cercadas de cuidados básicos para não comprometer a qualidade ambiental e socioeconômica do entorno, abrangendo fatores como a disponibilidade hídrica, a qualidade de vida das populações locais, a preservação da fauna, entre outros. No que tange às emissões de carbono, a geração de energia a partir de resíduos da madeira pode ser considerada atividade neutra, já que o CO₂ emitido é o mesmo absorvido anteriormente para composição da biomassa. No caso dos sistemas isolados, o impacto positivo é ampliado, uma vez que essa fonte vem substituir a geração a diesel, altamente poluente e emissora, além de cara, que ainda hoje representa mais de 90% do suprimento a esses sistemas.

Em relação à geração de empregos, o potencial identificado para atuar na base dos Sistemas Isolados e o potencial na área do SIN devem demandar cerca de 17.500 postos de trabalho diretos apenas na operação e manutenção das usinas, respectivamente 6.800 e 10.700. As atividades de campo e de processamento da madeira não foram consideradas.

Fiscais/Tributários

No que tange ao impacto tributário e/ou fiscal, a substituição da geração a diesel nos sistemas isolados tem potencial de redução da arrecadação estadual, já que a alíquota do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre o diesel varia de 17% a 25% nos estados da região Norte. Por outro lado, sendo mais competitiva que o diesel, a geração a biomassa de resíduos florestais pode reduzir a Conta de Consumo de Combustíveis - CCC, aliviando o peso dos encargos sobre a conta de energia elétrica no país.

Barreiras

Foram identificadas algumas dificuldades para a geração de energia a partir de biomassa de origem florestal relacionadas aos seguintes aspectos:

- CAPEX e Financiamento – maior custo de investimento em termos de R\$/kW em comparação com a geração convencional a diesel, com maior custo associado ao financiamento, a geração à biomassa incorre em alto custo de operação, embora menor que o da geração a diesel, e dificuldade de comprovar capacidade de abastecimento do combustível.
- Inovação – risco associado não só ao pioneirismo da fonte, mas também ao aspecto inovador em relação à região amazônica.
- Custo de oportunidade dos atuais geradores – os atuais agentes geradores podem aproveitar as instalações existentes de geração à diesel, dificultando a substituição dessa fonte pela geração à biomassa de origem florestal.
- Cronograma de implantação – maior facilidade e rapidez na implantação da geração à diesel em relação à geração a partir de biomassa florestal. A importância de que sejam considerados cronogramas factíveis nos leilões para criar condições de competição para as fontes renováveis.

Atores Relevantes

Na definição das responsabilidades no âmbito de uma política pública, é fundamental o mapeamento dos atores mais relevantes no contexto em questão. Nesse sentido, a EPE buscou identificar quais instituições poderiam desempenhar papéis na viabilização de uma política especificamente voltada para a ampliação da geração a biomassa residual de madeira. Destacam-se entre as instituições públicas: o MME, o MMA, o SFB, a EPE, o IBAMA, a ANEEL e o Conselho Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM); e entre as instituições de direito privado em colaboração com o Estado: o ONS e a CCEE. Por outro lado, outros atores relevantes podem estar representados pelo terceiro setor, a exemplo de ONGs como o IEMA, o Greenpeace o Instituto Nacional de Eficiência Energética, e por associações como a Indústria Brasileira de Árvores (Ibá) e o Fórum Brasileiro de Mudança do Clima.

Conclusões

Sobre o Aproveitamento da Biomassa Lenhosa Residual na Região dos Sistemas Isolados

O potencial de biomassa lenhosa residual na região amazônica é enorme. Mas em grande parte depende de atividade madeireira ainda a se desenvolver, tanto para o manejo florestal sustentável, quanto para a industrialização das toras.

A remuneração desta biomassa pode ser mais atraente, em alguns casos, que o próprio mercado madeireiro, conforme se verifica pelo preço médio pago pela madeira de extrativismo. Entretanto, a necessidade de remunerar o investimento e operação da usina a biomassa, e a carga de impostos e tributos pode reduzir significativamente a margem da atividade. A arrecadação estadual de ICMS sobre o diesel constitui uma receita importante, que possivelmente os estados desejem manter.

A remuneração da biomassa lenhosa residual pelos preços da lenha, mesmo no caso de se considerar o valor mais alto, permite manter a arrecadação de tributos e uma redução de custos de geração de no mínimo R\$ 550 milhões.

Tomando o custo de importação do diesel ou o preço médio da madeira em tora de extrativismo na região, mantendo a arrecadação de tributos, o benefício de redução dos custos de geração fica comprometido. Uma análise mais refinada, considerando a arrecadação dos produtos madeireiros, e benefícios da não importação de diesel, além da emissão evitada de gases de efeito estufa, pode indicar uma condição favorável.

Remuneração da biomassa lenhosa residual ao preço máximo da madeira em tora requer, necessariamente, alguma renúncia fiscal para se tornar minimamente viável do ponto de vista econômico.

Sobre o Aproveitamento da Biomassa Residual de Serrarias na Área do SIN

Foi estimado um potencial de cerca de 633 MW de capacidade instalada de biomassa residual do processamento de madeira em tora, concentrada nos estados da região sul, São Paulo e Minas Gerais. Ressalta-se que, diferente da estimativa de potencial nos Sistemas Isolados, onde a biomassa lenhosa residual depende ainda da implantação do manejo florestal, o potencial energético na região do SIN considera biomassa lenhosa residual do processamento realizado de madeira em toras. Esta energia pode ser gerada de forma distribuída, resultando em benefícios para o Sistema Elétrico.

As oportunidades de comercialização desta energia incluem os leilões no ambiente regulado, os leilões de geração distribuída e a compensação via geração compartilhada. Os preços pagos pela energia nos leilões do ambiente regulado tendem a ser inferiores aos dos leilões de geração distribuída específicos para a fonte biomassa residual, que atualmente é de R\$ 349/MWh. Na geração compartilhada, a referência para remuneração é o preço pago pelos consumidores, da ordem de R\$ 800/MWh.

SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	1
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
3. POTENCIAL DA BIOMASSA LENHOSA RESIDUAL NOS SISTEMAS ISOLADOS DA REGIÃO NORTE	12
3.1. Os Sistemas Isolados	12
3.1.1. Mercado de Energia dos Sistemas Isolados.....	14
3.1.2. Estimativa da Capacidade de Base nos Sistemas Isolados.....	15
3.1.3. Operação dos Sistemas Isolados.....	16
3.1.4. Custo da Geração a Diesel nos Sistemas Isolados.....	17
3.2. Biomassa Lenhosa Residual na Região dos Sistemas Isolados	19
3.2.1. Florestas em Propriedades Particulares.....	20
3.2.2. Florestas Públicas Federais.....	22
3.2.3. Potencial Energético da Biomassa Lenhosa Residual nos Sistemas Isolados.....	24
3.2.4. Remuneração da Biomassa nos Sistemas Isolados.....	27
3.2.5. Viabilidade Econômica.....	30
4. POTENCIAL DA BIOMASSA RESIDUAL DA INDÚSTRIA MADEIREIRA BASEADA EM PLANTIOS FLORESTAIS	32
4.1. Resíduos da Indústria Madeireira e Potencial Energético	32
4.2. Mercados para a Energia Elétrica de Biomassa Residual	34
4.2.1. Leilões de Energia.....	34
4.2.2. Leilões de Geração Distribuída.....	35
4.2.3. Compensação via Geração Compartilhada.....	35
5. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS	37
5.1. Impactos Ambientais	37
5.1.1. Aspectos quanto ao aproveitamento de resíduos gerados nas atividades de MFS e de processamento de madeira.....	37
5.1.2. Aspectos quanto à geração elétrica a partir de resíduos florestais.....	38
5.2. Impactos Tributários	40
6. BARREIRAS	41
7. ATORES RELEVANTES NA QUESTÃO FLORESTAL E ENERGÉTICA	42

7.1. Atores Governamentais	42
7.1.1. Ministério de Minas e Energia	42
7.1.2. Ministério do Meio Ambiente	43
7.1.3. Empresa de Pesquisa Energética	43
7.1.4. IBAMA	44
7.1.5. Serviço Florestal Brasileiro (SFB)	45
7.1.6. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)	46
7.1.7. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM)	47
7.2. Atores de Direito Privado em colaboração com o Estado	47
7.2.1. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)	47
7.2.2. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)	48
7.3. Atores Não Governamentais	49
7.3.1. Instituto de Energia e Meio Ambiente	49
7.3.2. Indústria Brasileira de Árvores	49
7.3.3. Instituto Nacional de Eficiência Energética	50
7.3.4. Greenpeace	50
7.3.5. Fórum Brasileiro de Mudança do Clima	51
8. CONCLUSÕES	52
8.1. Sobre o Aproveitamento da Biomassa Residual de Manejo Sustentável na Região dos Sistemas Isolados	52
8.2. Sobre o Aproveitamento da Biomassa Residual de Serrarias na Área do SIN 53	
REFERÊNCIAS	54
ANEXOS	56
Usina Termelétrica a Biomassa Residual de Referência	56
Balanco Nacional da Oferta de Óleo Diesel	60
Municípios com os 10 maiores potenciais de geração elétrica a biomassa de resíduos de serraria nos estados de RS, SC, PR, SP e MG	61

I. INTRODUÇÃO

A EPE tem buscado dar visibilidade ao potencial de aproveitamento energético de resíduos, seus benefícios e as principais barreiras que restringem seu desenvolvimento no país. Nesse sentido, e atendendo à solicitação da Casa Civil da Presidência da República, enviada pela Subchefia de Análise e Acompanhamento de Políticas Governamentais (SAG) na forma do Ofício 006 de 2018, a presente Nota Técnica, elaborada com apoio do Serviço Florestal Brasileiro – SFB¹, dá mais um passo relevante ao quantificar o potencial de geração de energia elétrica a partir de resíduos de madeira oriundos de manejo florestal e da industrialização da madeira. Adicionalmente, pode fornecer subsídios para que o Governo se posicione em relação ao Projeto de Lei nº 1.291/2015, que propõe estabelecer uma Política Nacional de Biocombustíveis Florestais.

A cadeia da indústria madeireira compreende a produção de madeira em toras (etapa florestal), seu beneficiamento e fabricação de produtos diversos (etapa industrial). A etapa florestal pode ser baseada em florestas plantadas ou em florestas nativas passíveis de exploração. A exploração de florestas nativas pode ocorrer por Manejo Florestal Sustentável (MFS) ou via extrativismo predatório frequentemente realizado de forma ilegal.

Especialmente no manejo de florestas nativas, quantidade significativa de material lenhoso em relação à produção madeireira realizada, sem a qualidade requerida pela etapa industrial, é deixada na floresta. No manejo de florestas plantadas, assume-se que este resíduo já é aproveitado como combustível e/ou é deixado sobre o solo para reincorporação de nutrientes². No processamento das toras em pranchas e outros produtos, também é gerada quantidade significativa de resíduos na forma de serragem e aparas, que tem sido subaproveitada ou disposta de forma inadequada, ocasionando impactos socioambientais.

Por outro lado, são evidentes os impactos positivos do aproveitamento energético desta biomassa lenhosa residual (florestal e industrial). Além da independência de combustível para geração de energia em uma região onde se concentram os sistemas isolados, se destaca a agregação de valor ao produto florestal, aumentando a eficiência sistêmica e tornando o MFS mais rentável e atrativo. A promoção do MFS pode ser uma medida efetiva de redução do desmatamento ilegal no país.

Os benefícios para o sistema elétrico são diferentes de acordo com a região onde o aproveitamento energético é realizado. Na região do Sistema Interligado Nacional (SIN), o

¹ Órgão instituído pela Lei nº 11.284/2006 e vinculado ao Ministério do Meio Ambiente responsável pela gestão das florestas do país.

² A reincorporação de nutrientes também ocorre no manejo de florestas nativas. Entretanto, como esta atividade não extrai grandes volumes de madeira por área, a retirada dos resíduos não impacta a fertilidade do solo. Adicionalmente, como não utiliza fertilizantes, a reincorporação não representa benefício econômico.

principal benefício é o da geração distribuída próxima aos centros de carga. Na região dos Sistemas Isolados (SI), o principal benefício é o potencial de redução dos custos de atendimento à demanda de energia e, conseqüentemente, no valor da tarifa e no repasse da CCC aos consumidores do SIN. Adicionalmente, a substituição da geração a diesel pela geração a biomassa contribui para a redução das importações de óleo Diesel, redução das emissões de gases de efeito estufa e dinamização da economia regional.

Neste contexto, propõem-se analisar duas situações distintas: 1) o potencial de substituição da geração a diesel pela geração a biomassa lenhosa residual proveniente do MFS e da industrialização da madeira, na região dos SIs; e 2) o potencial de geração a biomassa lenhosa residual do processamento de madeira em tora, oriunda de florestas plantadas, na área do SIN. Ressalta-se que, o potencial discutido na primeira situação depende ainda, em grande parte, da implantação de áreas de manejo florestal. Por outro lado, o potencial discutido na segunda situação foi estimado considerando dados da atividade de produção de madeira em toras de florestas plantadas, em 2016, registrados pelo IBGE.

Ainda que o aproveitamento energético dos resíduos seja vantajoso sob vários aspectos, são observadas diversas barreiras para a atividade. Nesse sentido, é interessante identificar estas barreiras e os atores relevantes para o tema a fim de encontrar soluções para contornar as questões e potencializar os benefícios associados.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste estudo é fornecer subsídios para a elaboração de políticas públicas pelo governo federal para a promoção do aproveitamento energético de biomassa lenhosa, especialmente de natureza residual, para geração elétrica.

Constituem objetivos específicos:

Nos Sistemas Isolados

- Estimar o potencial total de geração elétrica com biomassa lenhosa residual.
- Estimar o potencial de geração elétrica com biomassa lenhosa residual, que poderia substituir a geração a diesel de base nos SI.
- Estimar valores para a remuneração da biomassa lenhosa residual e, concomitantemente, reduzir os custos de atendimento da demanda nos SIs.
- Estimar a emissão evitada de gases de efeito estufa pela substituição do consumo de diesel pela biomassa lenhosa residual.
- Identificar barreiras e propor soluções para um maior aproveitamento energético de biomassa lenhosa residual nos SI.

No SIN

- Estimar o potencial de geração elétrica com biomassa lenhosa residual da industrialização de madeira em tora proveniente de florestas plantadas.
- Identificar oportunidades para comercialização da energia elétrica gerada a partir de biomassa lenhosa residual.

3. POTENCIAL DA BIOMASSA LENHOSA RESIDUAL NOS SISTEMAS ISOLADOS DA REGIÃO NORTE

3.1. Os Sistemas Isolados

O setor elétrico brasileiro pode ser dividido em duas regiões, uma atendida pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) e outra pelos Sistemas Isolados (SI). O SIN tem seu parque gerador e cargas conectadas de Norte a Sul do país, através do sistema de transmissão, como mostrado na Figura 1, onde cada cor representa um nível de tensão das linhas de transmissão. A interconexão entre os sistemas permite a transferência de energia entre os subsistemas, garantindo maior segurança e melhor aproveitamento dos recursos.



Figura 1 - Mapa do Sistema Interligado Nacional - Fonte Webmap EPE.

Os Sistemas Isolados (SI) são os sistemas elétricos de serviço público de distribuição de energia elétrica que, em sua configuração normal, não estejam eletricamente conectados ao SIN, por razões técnicas ou econômicas, como definido pelo Decreto 7.246/2010. Com isso, cada SI deve dispor de geração local para atender suas cargas.

Ao final de 2018³, serão 252 Sistemas Isolados. A maior parte localizada na região Norte, nos estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Amapá e Pará. Também há Sistemas Isolados no estado do Mato Grosso. A ilha de Fernando de Noronha, em Pernambuco, é atendida por um Sistema Isolado próprio. Entre as capitais, Boa Vista, em Roraima, é a única atendida por um Sistema Isolado. A Figura 2 apresenta um mapa com a localização dos SIs da região norte e Mato Grosso.

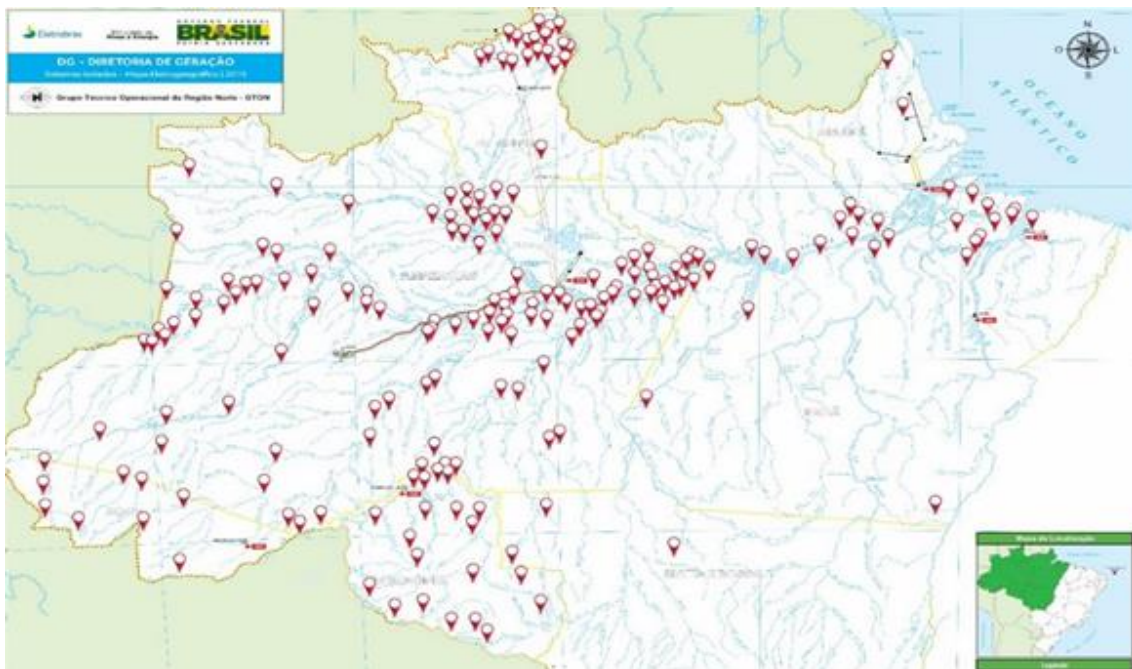


Figura 2 - Sistemas Isolados da região Norte e Mato Grosso. Fonte: Eletrobras.

A demanda por energia nos Sistemas Isolados é suprida, principalmente, por usinas termelétricas a óleo diesel. Outras fontes de energia utilizadas, em menor escala, são o gás natural (4 empreendimentos), a biomassa (1 empreendimento) e a hidráulica (1 empreendimento). A Figura 3 mostra a composição da matriz elétrica dos Sistemas Isolados.

³ Para agosto de 2018 há previsão de integração de um Sistema Isolado ao SIN, o sistema de Monte Dourado, na área de concessão da CELPA. Destaca-se que, no ano de 2017, as localidades de Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure, localizadas no Pará e Paranorte, localizada no Mato Grosso, foram integradas ao SIN, e as localidades de Comunidade Marupá e Comunidade Lago Grande, localizadas em Roraima, foram integradas a outros Sistemas Isolados já existentes. (Texto extraído de ONS, 2017)

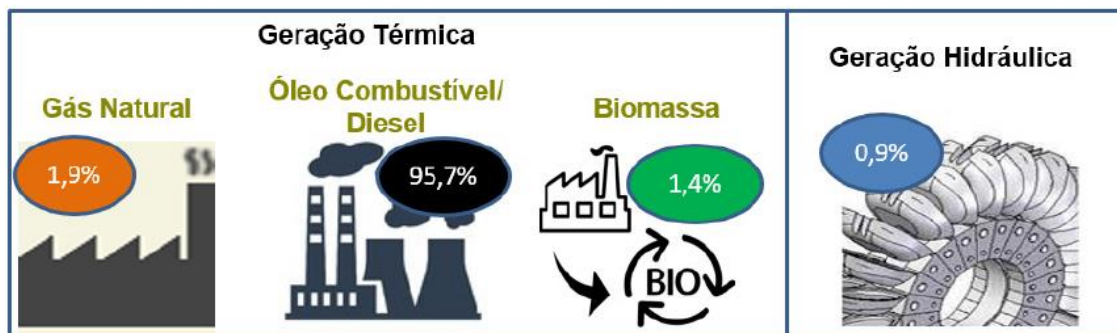


Figura 3 - Composição da matriz elétrica dos Sistemas Isolados. (ONS, 2017)

A BK Energia é única UTE a biomassa dos SIs. Localizada em Itacoatiara, Amazonas, ela consome biomassa lenhosa residual produzida na industrialização de madeira. A previsão para 2018 é de geração de 43.200 MWh (2,49% da geração total na área da Eletrobras Distribuição Amazonas, e 2,24% da geração total nos SIs) (ONS, 2017). A capacidade instalada do empreendimento é de 9 MW.

3.1.1. Mercado de Energia dos Sistemas Isolados

De acordo com o Decreto nº 7.246/2010, os agentes de distribuição de energia elétrica dos Sistemas Isolados devem, anualmente, submeter à aprovação do Ministério de Minas e Energia, o planejamento dos seus mercados, em horizonte mínimo de cinco anos. A fim de garantir que o atendimento aos mercados seja bem-sucedido, cabe à Empresa de Pesquisa Energética (EPE) consolidar e avaliar esse planejamento e, quando o balanço de energia indicar déficit no suprimento de energia elétrica no horizonte de planejamento, indicar formas para expansão do parque gerador. A Tabela 1 apresenta a demanda máxima dos Sistemas Isolados, prevista para 2018, consolidada por agente de distribuição.

Tabela 1 - Demanda máxima prevista para os Sistema Isolados em 2018 – Fonte ONS.

Distribuidora	Demanda Máxima (MWh/h)	Energia (MWmed)
Eletrobras Dist. Acre	46,6	26,21
Companhia de Eletricidade do Amapá (CEA)	7,85	5,29
Eletrobras Distribuição Amazonas	329	199,59
Energisa - MT	1,04	0,56
Centrais Elétricas do Pará (CELPA)	69,2	44,58
Petrobrás – ALCOA (Pará)	8,6	5,62
CELPE (Fernando de Noronha)	3,21	2,16
Eletrobras Distribuição Rondônia	73,7	42,33
Eletrobras Distribuição Roraima - Capital	232,97	15,59
Eletrobras Distribuição Roraima - Interior	53,1	37,95
TOTAL	825,27	379,88

Algumas usinas dos Sistemas Isolados pertencem e são operadas pelas próprias distribuidoras. Outras são de Produtores Independentes de Energia Elétrica (PIE). Esta modalidade de contratação do atendimento tem sido a mais adotada nos leilões recentes.

A Lei nº 12.111/2009 indica ser de responsabilidade dos agentes de distribuição o atendimento à totalidade dos seus mercados nos Sistemas Isolados por meio de licitação, na modalidade de concorrência ou leilão. A complexa logística de fornecimento de combustível nos Sistemas Isolados, aliada ao elevado custo do fornecimento do diesel nesses sistemas, fazem com que o custo da geração de energia elétrica seja superior ao do SIN.

Destaca-se, nesse contexto, o Art. 11 do Decreto 7.246/2010, que prevê reembolso pela Conta de Consumo de Combustíveis (CCC) da diferença entre o custo total de geração de energia elétrica nos Sistemas Isolados e a valoração da quantidade correspondente de energia elétrica pelo custo médio no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) do SIN. Com isso, o custo de atendimento aos Sistemas Isolados é compartilhado entre os diversos consumidores de energia elétrica do país.

Adicionalmente, a legislação prevê a possibilidade de uso dos recursos da CCC, pelo mecanismo de sub-rogação, para investimento em projetos que promovam a redução de dispêndios dessa conta.

3.1.2. Estimativa da Capacidade de Base nos Sistemas Isolados

A curva de permanência utilizada neste estudo mostra a potência ativa em função do percentual do tempo de operação. Desta forma, ela permite identificar a parcela da potência instalada que opera na base para atendimento da demanda de energia. Neste estudo, foram consideradas as curvas de 3 sistemas isolados, Novo Aripuanã, Vila Amazônia e Matupí, localizados no estado do Amazonas. A Tabela 2 apresenta os períodos avaliados e a potência ativa máxima destes sistemas.

Tabela 2 – Período avaliado e máxima potência ativa de 3 sistemas isolados.

Sistema Isolado	Período avaliado	Máxima Potência Ativa (kW)
Vila Amazônia	12/06/2016 a 31/12/2016	1.341
Matupí	01/01/2016 a 31/12/2016	2.836
Novo Aripuanã	01/01/2016 a 31/12/2016	3.265

Para o sistema isolado de Vila Amazônia, o período avaliado é menor que um ano. Para os sistemas isolados sw Matupí e Novo Aripuanã, o período coberto compreende todo o ano de 2016. A Figura 4 apresenta as curvas de permanência destes 3 sistemas isolados. Os valores de potência com permanência de 60% e 80% são destacadas.

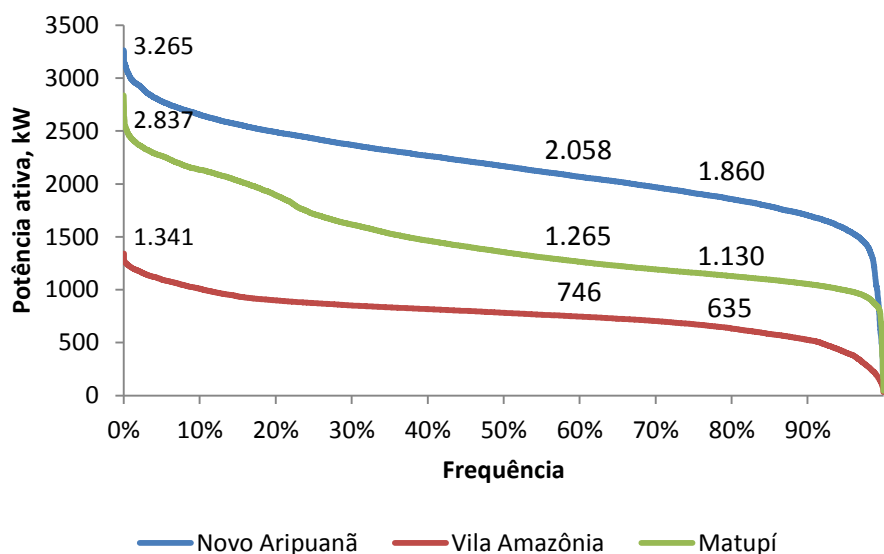


Figura 4 – Curvas de carga de 3 sistemas isolados

Considerando as potências ativas máximas e a 80% de permanência para cada sistema isolado, foram encontrados fatores de carga de 57%, 47% e 40% para Novo Aripuanã, Vila Amazônia e Matupí, respectivamente.

Neste estudo, para efeito de identificação da carga de base, será considerado o fator de 40% da capacidade instalada total de cada sistema isolado. Importante ressaltar que uma amostra de 3 Sistemas isolados é muito pequena para um universo de cerca de 250 localidades. Em estudos futuros será importante individualizar ou identificar grupos homogêneos no perfil de carga para reduzir as imprecisões dos resultados.

3.1.3. Operação dos Sistemas Isolados

O Planejamento da operação dos Sistemas Isolados, para 2018, prevê uma geração total de 2.896.598 MWh. O fornecimento deverá ser durante as 24 horas do dia, com exceção de algumas localidades no estado de Roraima. A geração térmica das distribuidoras responderá por 64% desta energia, dos quais 1.871.970 MWh serão gerados a diesel, com um consumo de 518.119 m³, um crescimento de 2,1% em relação à 2017. O restante deverá ser gerado por Produtores Independentes de Energia (PIE), dos quais 1.024.628 MWh serão gerados a diesel. O documento da ONS não informa o volume de diesel consumido na geração PIE, mas adotando o mesmo consumo específico da geração das distribuidoras, de 0,277 m³/MWh, obtém-se 283.594 m³. Portanto, o consumo total de diesel nos Sistemas Isolados, para 2018, deverá ser de 801.713 m³. A Tabela 3 apresenta a geração total (Própria + PIE) na área das distribuidoras e a estimativa de consumo de óleo diesel.

Tabela 3 – Geração térmica e consumo estimado de óleo diesel para geração elétrica nos Sistemas Isolados para 2018.

Empresa	Geração Térmica (MWh)	Consumo de diesel (m ³)
CEA	46.304	12.859
CELPA	390.554	108.153
EDRR Capital	136.529	38.638
EDRR Interior	14.640	4.609
Eletrobras Distribuição Acre	229.597	63.547
Eletrobras Distribuição Amazonas	1.634.984	453.128
Eletrobras Distribuição Rondônia	370.847	102.642
ENERGISA	4.938	1.427
CELPE	18.960	5.366
Petrobras/Alcoa Beneficiamento	40.438	11.444
Petrobras/Alcoa Porto	8.806	2.492
TOTAL	2.896.597	801.713

Para a estimativa das emissões de dióxido de carbono do consumo do diesel na geração elétrica, foi considerado o fator de emissão de 74.100⁴ kgCO₂/TJ de diesel, juntamente com um poder calorífico inferior de 35,5⁵ GJ/m³. O óleo diesel usado é do tipo S-500, sem adição de biodiesel. Assim, o fator de emissão do combustível é de 2,631 tCO₂/m³. Considerando o consumo específico na geração, de 0,277 m³/MWh, resulta em 0,729 t CO₂/MWh.

Com um consumo estimado em 801.713 m³ de óleo diesel são esperadas emissões diretas de CO₂ da ordem de 2,1 MtCO₂.

Estima-se que em 2016, a queima de combustíveis, contemplando os diversos setores, inclusive geração de energia elétrica, emitiu quase 400 MtCO₂, o que representou 18% das emissões totais do Brasil (2.278 MtCO₂) (SEEG, 2018). As emissões de CO₂ estimadas para os Sistemas Isolados, em 2018, representam, 0,1% das emissões totais de CO₂ de 2016. Embora pequeno, o custo de abatimento é negativo, devido ao elevado custo do diesel.

3.1.4. Custo da Geração a Diesel nos Sistemas Isolados

A complexa logística de abastecimento de óleo diesel dos Sistemas Isolados, que faz uso de diferentes modais, e tem cronograma que depende das condições climáticas e de navegabilidade, aumenta o custo do combustível nas localidades isoladas. Adicionalmente, incidem, sobre o óleo diesel, tributos federais (Cide e PIS/Confins) e estaduais (ICMS).

Desde 2014, ocorreram um total de sete leilões nos Sistemas Isolados, envolvendo cinco agentes de distribuição, tendo sido contemplados projetos termelétricos a diesel e contratações pontuais de geração hidrelétrica e a gás natural. A Tabela 4 apresenta um

⁴ Valor padrão do IPCC, 2006.

⁵ Coeficientes de equivalência médios para combustíveis líquidos (EPE, 2017).

resumo dos leilões que tiveram como objeto a aquisição de energia e potência elétrica de agente vendedor, com geração térmica por meio de diesel ou biodiesel.

Tabela 4 – Resultados dos Leilões do Sistema Isolado (SI) (2014 a 2017).

Distribuidora	Quant. de SI	Potência Instalada (MW)	Preço médio lance (R\$/MWh)	Preço médio combustível ¹ ANP(R\$/l)	im ² (L/MWh)	Data leilão
CERON	16	84,7	938,94	2,2980	307,8068	14/05/2014
ED-Acre	9	58,2	1.424,97	3,1290	273,8582	15/05/2015
CERON	10	4,8	1.452,92	3,3352	281,8822	23/06/2015
Celipa	23	131,7	1.228,00	3,3469	279,0000	04/04/2016
ED-Amazonas	32	148,0	1.160,57	3,0094	281,4579	03/06/2016
ED-Amazonas	54	260,2	1.066,71	3,1133	264,6840	19/05/2017
Total	144	687,6				
Média			1.212,02	3,0390	281,4482	

Notas:

1- No preço do combustível estão incluídas as parcelas referentes à logística de suprimento (Plog) e aos tributos incidentes (Ptrib).

2- Fator de conversão médio do LOTE, resultado do fator de conversão de cada central geradora ponderado pela sua Energia Anual (E), destinado a apropriar todos os demais custos incorridos na aquisição e uso dos combustíveis e o consumo específico dos equipamentos de geração, com quatro casas decimais, em L/MWh.

O atendimento da demanda nacional de óleo diesel exige a importação de volumes significativos (Anexo “Balanço Nacional da Oferta de Óleo Diesel”). Dados do Sistema AliceWeb do MDIC (2018) mostram que, no período de 2010 a 2018, o custo unitário de importação do diesel chegou a US\$ FOB 811,31/m³, em 2012, e um mínimo de US\$ FOB 356,32/m³, em 2016. Em 2017, este valor foi de US\$ FOB 423,02/m³, que, aplicando a taxa de câmbio média do ano de R\$ 3,1919/US\$ (BCB-DSTAT), obtém-se R\$ 1.350,25/m³ de óleo diesel. Portanto, a operação dos SIs, em 2018, poderá resultar em dispêndio com importação da ordem de R\$ 1 bilhão. Considerando o consumo específico, apenas a parcela relativa à importação do diesel no custo de geração elétrica seria de R\$ 374/MWh.

A título de comparação, enquanto o custo médio do mercado regulado (ACRmed) do SIN em 2018 foi de R\$ 213/MWh, os leilões para contratação do suprimento aos Sistemas Isolados resultaram em valores superiores a R\$ 1.000/MWh, como mostrado na Tabela 4, que apresenta os custos de energia contratada nos Leilões dos Sistemas Isolados, de 2014 a 2017, a partir de geração térmica a diesel. Além destes, houve também leilões para as localidades Coari (Leilão n° 02/2016 – Segunda Etapa) e Oiapoque (Leilão n°01/2014 – realizado pela CEA), com atendimento a gás natural e PCH, respectivamente.

O custo com óleo diesel, componente do custo de geração elétrica total, é de cerca de R\$ 3.000/m³, ao longo do período de 2014 a 2017. Em relação ao custo médio do óleo diesel importado, este valor é 122% maior, representando o custo de internalização deste combustível. Considerando o consumo específico médio na geração, o custo com óleo diesel é de R\$ 831/MWh, representando, portanto, cerca de 80% do custo total de geração.

3.2. Biomassa Lenhosa Residual na Região dos Sistemas Isolados

O Manejo Florestal Sustentável (MFS) está regulamentado como regime para extração sustentável de madeira na Amazônia⁶. A Resolução CONAMA nº 406/2009, define MFS como *“a administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies”*.

Para o levantamento das áreas de efetivo manejo e do potencial de biomassa lenhosa residual, foram considerados os dados e as premissas sugeridas pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB), órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente responsável pela gestão das florestas do país.

Quanto às áreas passíveis de manejo florestal da Amazônia, foram consideradas as florestas públicas passíveis de concessão (Floresta Nacional – Flonas, Área de Proteção Ambiental - APA e florestas federais não-destinadas) e as áreas de Reserva Legal de propriedades particulares cadastradas no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR)⁷. Considerando o contexto da Amazônia, foi adotado que seriam descontados 20% do total das áreas passíveis, que corresponderiam às Áreas de Preservação Permanente (APP).

Para o cálculo das estimativas de produção madeireira e de resíduo florestal lenhoso, adotou-se a produtividade média de 18 metros cúbicos de tora industrializável por hectare⁸, com um ciclo de 25 anos. De acordo com o SFB, o valor reflete a produtividade média verificada nas áreas de concessão ou de florestas privadas.

Para se obter o potencial de resíduos, foi considerado que a extração de 1 metro cúbico de madeira em tora no manejo florestal resulta em 1 metro cúbico de resíduo lenhoso. Na industrialização, adotou-se um fator de geração de resíduos (serragem, aparas etc.) de 65%. Deste modo, o fator de produção total de resíduos chega a 1,65 m³/m³ de madeira em tora processada. Foi adotada uma densidade básica da madeira em tora de 0,8 t/m³ como típica das espécies amazônicas⁹. Deste modo, em termos mássicos, os fatores de produção de resíduo lenhoso por tonelada de madeira em tora extraída são de 0,8 e 0,52, respectivamente no manejo e na industrialização.

Considerando que as operações variam muito em função do plano de negócio da atividade, foram adotados valores mais conservadores.

⁶ Decreto 5.975/2006, Instruções Normativas MMA 04 e 05/2006 e Resolução CONAMA 406/2009.

⁷ Instrumento de apoio à regularização ambiental criado pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 e regulamentado pelo Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012.

⁸ Para toda a Amazônia Legal, foi adotado o percentual de reserva legal para área de florestas que corresponde a 80%, conforme Lei 12.651, de 25 de maio de 2012.

⁹ Este valor foi escolhido com base nos valores de densidade de espécies nativas dados em IPT (2013).

3.2.1. Florestas em Propriedades Particulares

As atividades agrícola, pecuária e florestal têm grande importância na economia brasileira e ocupam área de extensão significativa do território nacional. A preservação ou recuperação da cobertura vegetal, em parte da área das propriedades que exercem estas atividades, é obrigatória por lei e garante serviços ambientais para a atividade fim da propriedade e para a Sociedade de modo geral. A Figura 5 apresenta as áreas registradas no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) para preservação da vegetação nativa em imóveis rurais em todo o Brasil.

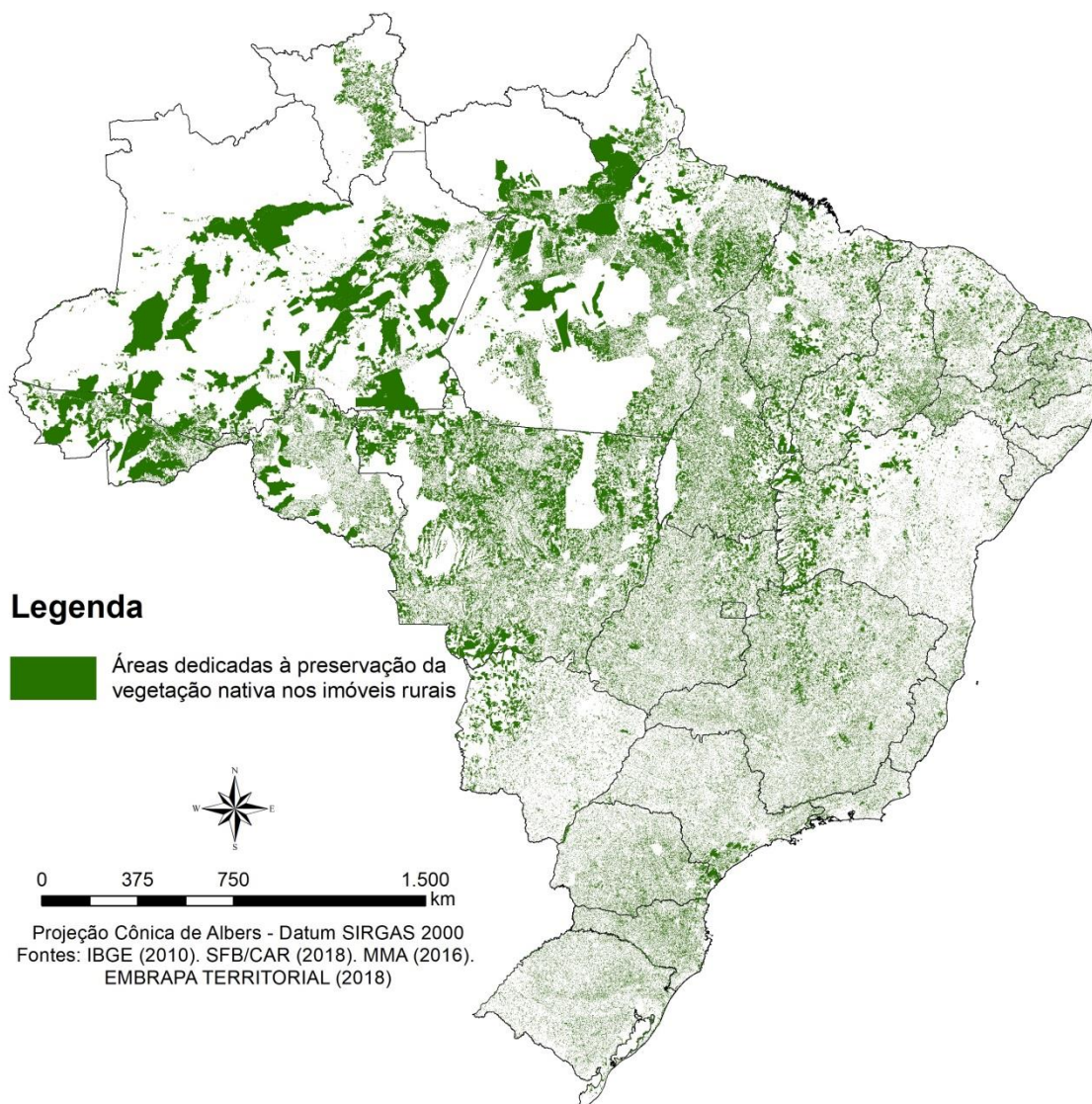


Figura 5 - Áreas dedicadas a preservação de vegetação nativa em propriedades rurais particulares. Fonte: EMBRAPA TERRITORIAL (2018).

As áreas declaradas no SICAR representam as declarações de proprietários/posseiros de imóveis rurais, assentamentos declarados pelo Incra e alguns órgão estaduais e áreas de

Contrato de Concessão de Direito Real de Uso (CCDRU) declaradas por algumas Unidades de Conservação (UC) tipo Reservas Extrativistas (RESEX) e Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS). Por esta razão, embora de natureza distintas, o mapa do SICAR resulta em alguma superposição com o mapa das Florestas Públicas apresentado na seção 3.2.2.

O levantamento para esta nota técnica se restringe aos estados da região norte, mais o Mato Grosso. Os dados, por município, de área florestal em propriedades particulares potencialmente exploráveis via MFS, foram levantados a partir do CAR e do SFB. Como mostra a Tabela 5, estes dados estão agrupados em: 1) reserva legal averbada; 2) reserva legal aprovada e não averbada; e 3) reserva legal proposta.

Tabela 5 – Áreas em florestas particulares passíveis de exploração via manejo sustentável.

Florestas Particulares (FPar)				
UF	Reserva legal averbada (ha)	Reserva legal aprovada e não averbada (ha)	Reserva legal proposta (ha)	Total (ha)
AC	428.669	22.174	4.896.570	5.347.413
AM	375.409	24.353	12.085.203	12.484.965
AP	2.209	9.392	1.989.819	2.001.420
MT	2.891.461	100.422	24.441.712	27.433.595
PA	276.158	32.724	20.735.443	21.044.325
RO	638.335	54.518	3.699.591	4.392.444
RR	49.226	11.816	2.296.374	2.357.416
Total	4.661.467	255.399	70.144.712	75.061.578

Fonte: Cadastro Ambiental Rural (CAR) e Serviço Florestal Brasileiro (SFB).

Para estimar a área de efetivo manejo, foram descontados 20% de APPs. As áreas de efetivo manejo e a produção potencial de madeira em tora, em terras particulares, são apresentadas na Tabela 6. Os potenciais madeireiro e de geração de resíduos estão na Tabela 7.

Tabela 6 – Área de efetivo manejo, descontadas as áreas de proteção permanente, em Florestas Particulares.

Florestas Particulares (FPar)				
UF	Reserva legal averbada (ha)	Reserva legal aprovada e não averbada (ha)	Reserva legal proposta (ha)	Total (ha)
AC	342.935	17.739	3.917.256	4.277.930
AM	300.327	19.482	9.668.162	9.987.972
AP	1.767	7.514	1.591.855	1.601.136
MT	2.313.169	80.338	19.553.370	21.946.876
PA	220.926	26.179	16.588.354	16.835.460
RO	510.668	43.614	2.959.673	3.513.955
RR	39.381	9.453	1.837.099	1.885.933
Total	3.729.174	204.319	56.115.770	60.049.262

Fonte: EPE com base em SFB.

Tabela 7 – Potencial de produção madeireira, m³, e geração de resíduos de biomassa, t, em Florestas Particulares manejadas.

UF	Madeira em tora (m ³)	Res. Florestal Lenhoso (t)	Res. Processamento (t)
AC	3.080.110	2.464.088	1.601.657
AM	7.191.340	5.753.072	3.739.497
AP	1.152.818	922.254	599.465
MT	15.801.751	12.641.401	8.216.910
PA	12.121.531	9.697.225	6.303.196
RO	2.530.048	2.024.038	1.315.625
RR	1.357.872	1.086.297	706.093
Total	43.235.469	34.588.375	22.482.444

Fonte: EPE com base em SFB.

3.2.2. Florestas Públicas Federais

A região norte concentra quase toda a área de Florestas Públicas no Brasil, conforme mostra a Figura 6. Neste mapa estão identificadas as Florestas Públicas Federais, Estaduais, Municipais, Florestas Públicas (Federais e Estaduais) não Destinadas e áreas não incluídas no Plano Anual de Outorga Florestal¹⁰ (PAOF) para o ano de 2018 (SFB, 2017).

Esta nota técnica considerou as áreas de florestas públicas federais passíveis de concessão nos estados da região norte, mais Maranhão e Mato Grosso. Estes dados estão agrupados em: 1) Área de Proteção Ambiental; 2) Floresta Nacional; e 3) Não-destinada. A Tabela 8 apresenta as áreas, de acordo com a situação atual.

Tabela 8 – Áreas em florestas públicas passíveis de exploração via manejo sustentável.

Florestas Públicas (FPub)				
UF	APA (ha)	Flona (ha)	Floresta não destinada (ha)	Total (ha)
AC		348.618	187.338	535.956
AM	149.722	7.588.785	7.623.581	15.362.089
AP		460.368	1.293.755	1.754.122
MA			189.526	189.526
MT			1.352.722	1.352.722
PA	1.701.761	6.089.261	9.315.204	17.106.227
RO		539.996	3.288.464	3.828.460
RR		428.718	2.981.979	3.410.697
TO			18.987	18.987
Total FPub	1.851.484	15.455.745	26.251.556	43.558.785

Fonte: Serviço Florestal Brasileiro (SFB).

¹⁰ Publicação anual do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) que tem como objetivo selecionar e descrever as Florestas Públicas Federais (FPF) habilitadas para concessão, considerando a convergência e o alinhamento com outras políticas públicas da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal.

No caso das Unidades de Conservação (APAs e Flonas), para estimar a área passível de manejo florestal, partiu-se do observado nos zoneamentos de unidades de conservação (UC) de tais categorias e optou-se por considerar que 60% da UC seriam passíveis de manejo florestal e o restante da área seria destinado a outros usos. Como já mencionado, aos 60% ainda foram descontados mais 20% de APP.

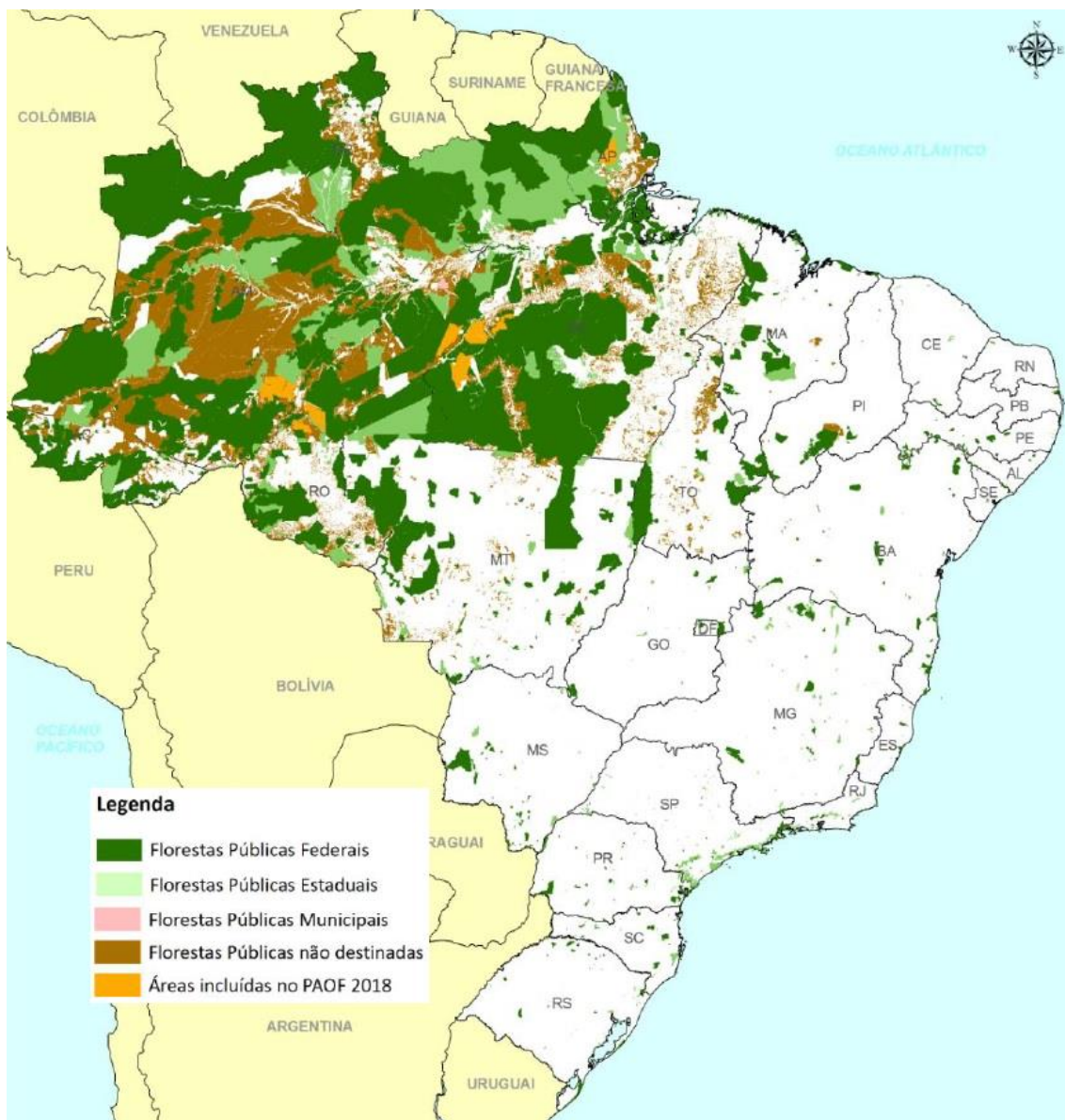


Figura 6 – Áreas de Florestas Públicas Total do Brasil. Fonte SFB (2017).

A Área de efetivo manejo e a produção potencial de madeira em tora, em terras públicas, são apresentadas na Tabela 9. Os potenciais madeireiro e de geração de resíduos são apresentados na Tabela 10.

Tabela 9 – Área de efetivo manejo em Florestas Públicas Federais.

UF	APA (ha)	Flona (ha)	Floresta não destinada (ha) ¹¹	Total (ha)
AC	0	167.336	149.871	317.207
AM	71.867	3.642.617	6.098.865	9.813.348
AP	0	220.976	1.035.004	1.255.980
MA	0	0	151.621	151.621
MT	0	0	1.082.178	1.082.178
PA	816.845	2.922.845	7.452.163	11.191.854
RO	0	259.198	2.630.772	2.889.969
RR	0	205.785	2.385.583	2.591.368
TO	0	0	15.189	15.189
Total	888.712	7.418.758	21.001.245	29.308.715

Fonte: EPE com base em SFB.

Tabela 10 – Potenciais madeireiro e de geração de resíduos de biomassa em florestas públicas federais manejadas.

UF	Madeira em tora (m ³)	Res. Florestal Lenhoso (t)	Res. Processamento (t)
AC	228.389	182.711	118.762
AM	7.065.611	5.652.489	3.674.118
AP	904.306	723.445	470.239
MA	109.167	87.334	56.767
MT	779.168	623.334	405.167
PA	8.058.135	6.446.508	4.190.230
RO	2.080.778	1.664.622	1.082.005
RR	1.865.785	1.492.628	970.208
TO	10.936	8.749	5.687
Total	21.102.275	16.881.820	10.973.183

Fonte: EPE com base em SFB.

3.2.3. Potencial Energético da Biomassa Lenhosa Residual nos Sistemas Isolados

Potencial Total

Se toda a área de efetivo manejo fosse explorada e todo o resíduo lenhoso (florestal e industrial) fosse convertido¹² em energia elétrica, quase 46 TWh de energia elétrica poderiam ser gerados. A capacidade instalada necessária seria de 6,5 GW. O estado do Pará apresenta o

¹¹ Nas áreas de florestas não destinadas, foram descontados apenas os 20% de APP.

¹² Considerando os parâmetros dados no Anexo “Usina Termelétrica a Biomassa Residual de Referência”.

maior potencial com 2 GW de capacidade instalada. A Tabela 11 apresenta os resultados para as unidades da federação consideradas neste estudo.

Tabela 11 – Potencial de geração elétrica e de capacidade instalada a biomassa lenhosa residual de manejo florestal e do processamento da madeira.

UF	Geração Elétrica (MWh)		Capacidade Instalada (MW)		
	FPF*	FPart**	FPF	FPart	Total
AC	163.248	2.201.601	23	314	337
AM	5.050.357	5.140.226	721	733	1.454
AP	646.380	824.011	92	118	210
MA	78.030	N.D.	11	N.D.	11
MT	556.934	11.294.775	79	1.612	1.691
PA	5.759.794	8.664.228	822	1.236	2.058
RO	1.487.298	1.808.428	212	258	470
RR	1.333.626	970.579	190	138	329
TO	7.817	N.D.	1	N.D.	1
Total	15.083.484	30.903.848	2.152	4.410	6.562

*FPF – Floresta Pública Federal. **FPart – Floresta Particular.

Parte deste potencial se encontra em áreas atualmente atendidas pelo SIN, e a remuneração pela energia comercializada neste caso segue as regras dos mercados descritos na seção 4.2 desta nota técnica.

Outra parte se encontra na região dos Sistemas Isolados, e apresenta oportunidades distintas. A seguir, é apresentado o recorte do potencial de biomassa lenhosa residual nesta região.

O mercado de energia dos Sistemas Isolados, considerando a remuneração do combustível pela substituição do diesel (como será apresentado na Seção 3.2.4), é mais atrativo do que na região do SIN onde o custo da geração é menor. A subseção seguinte apresenta a estimativa do potencial energético da biomassa residual nos municípios atendidos pelos Sistemas Isolados.

Potencial nos Sistemas Isolados

Conforme apresentado na seção 3.1.3, em 2018, a geração a diesel nos Sistemas Isolados será de quase 2,9 TWh com 996 MW de capacidade instalada, sendo que quase todo o fornecimento é realizado durante as 24 horas do dia. O potencial de geração de energia a partir de biomassa lenhosa residual nesta região é seis vezes maior que a geração a diesel planejada, e comporta uma capacidade instalada de 2,5 GW, conforme mostra a Tabela 12.

Entretanto, uma usina termelétrica a biomassa opera normalmente em regime constante, com pouca variação de carga ao longo do dia, ao contrário da geração a diesel, que possui maior flexibilidade. Portanto, a geração a biomassa se apresenta como candidata a geração de base nos SI.

Tabela 12 – Geração elétrica a diesel planejada para 2018 e potencial oriundo da biomassa florestal residual, na região dos Sistemas Isolados.

UF	Geração a Diesel		Potencial de Biomassa Lenhosa Residual		
	Cap. Instal.	Energia	Cap. Instal.	Energia - FPF	Energia - FPar
	(MW)	(MWh)	(MW)	(MWh)	(MWh)
AC	64	229.598	143	94.190	909.091
AM	422	1.626.503	1.383	4.762.894	4.927.083
AP	14	46.304	13	32.958	59.262
MT	1	4.938	77	52.997	485.965
PA	151	439.798	332	697.785	1.629.059
RO	120	370.848	282	909.208	1.067.873
RR	224	151.173	278	1.125.766	820.933
Total	996	2.869.162	2.508	7.675.798	9.899.267

Na Seção 3.1.2, verificou-se que a carga de base (com 80% de permanência) para determinados SI corresponde a cerca de 40% da capacidade instalada a diesel. A Tabela 13 apresenta a capacidade instalada a diesel demandada para geração na base dos SI e a capacidade instalada a biomassa excedente.

Tabela 13 – Capacidade instalada total a diesel, parcela a diesel na base, capacidade potencial a biomassa total e na base, nos Sistemas Isolados.

UF	Base Diesel dos Sistemas Isolados (MW)	Capacidade Instalada a Biomassa Excedente (MW)
AC	26	117
AM	169	1.214
AP	5	8
MT	1	76
PA	60	272
RO	48	234
RR	90	188
Total	398	2.109

Desta forma, a partir das premissas adotadas, 398 MW de geração a biomassa lenhosa residual poderiam ser instalados para operar na base dos sistemas isolados. A demanda por postos de trabalho para operação e manutenção destas usinas seria de cerca de 6.800 empregos diretos, conforme usina de referência (Ver Anexo).

O restante do potencial, 2.109 MW, pode atender futuros aumentos de carga nos Sistemas Isolados. Em caso de interligação destes sistemas ao SIN, esta fonte poderá concorrer nos leilões do ambiente regulado, ou vender energia no mercado livre.

3.2.4. Remuneração da Biomassa nos Sistemas Isolados

O aproveitamento energético da biomassa lenhosa residual pode ser realizado integrado a uma indústria madeireira, como modelado no Anexo “Usina Termelétrica a Biomassa Residual de Referência”, ou em termelétricas autônomas. No primeiro caso, deve-se observar a devida alocação do custo da biomassa. Em um empreendimento integrado, considera-se que 71% da biomassa usada como combustível deve ser alocada à energia excedente que é comercializada para a distribuidora; o restante deve ser alocado ao uso térmico e ao autoconsumo elétrico. No caso de uma termelétrica autônoma, todo o custo da biomassa, levantado nas subseções seguintes deve ser alocado à energia comercializada.

Remuneração Baseada no Valor da Lenha e da Madeira em Tora

Na região dos Sistemas Isolados, observa-se que há intensa atividade madeireira extrativista, frequentemente não enquadrada em manejo sustentável. Porém, conforme indica a Figura 7, a produção de lenha e de madeira em tora vem apresentando declínio nos últimos anos (2010 a 2016). A figura apresenta também o preço médio pago ao produtor para estes produtos. A Figura 8 apresenta os valores máximos observados. Importante ressaltar que no preço pago ao produtor do IBGE-PEVS não está incluído o custo logístico de transporte do produto até a unidade de processamento, nem taxas e impostos.

Em 2016, no caso da lenha, que é um produto de utilização energética, o preço médio foi de R\$ 34/t e o máximo de R\$ 81/t. Para a madeira em tora, destinada à indústria, o preço médio foi de R\$ 201/t e o máximo de R\$ 284/t.

Estes produtos podem ser adotados como referência para a remuneração da biomassa florestal de manejo utilizada na geração de energia, acrescidos de um custo logístico, taxas e impostos, para equiparar ao custo combustível da termelétrica.

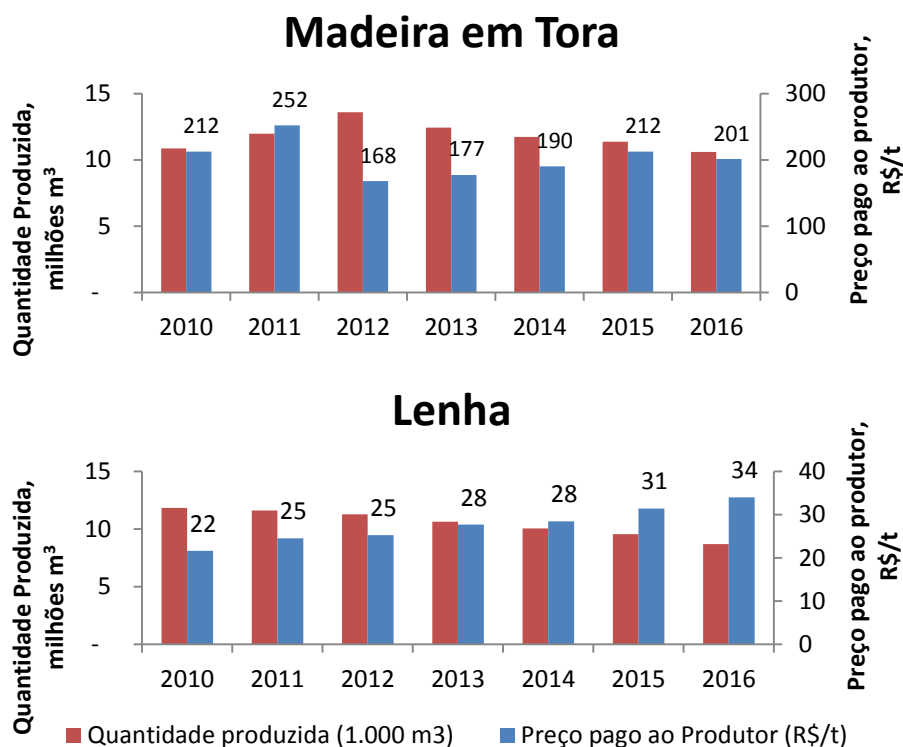


Figura 7 - Quantidade produzida e preço médio de lenha e madeira em tora nos estados da região norte (AC, AM, AP, PA, RO, RR e TO), mais Maranhão e Mato Grosso, de 2010 a 2016.
Fonte: IBGE, 2017.

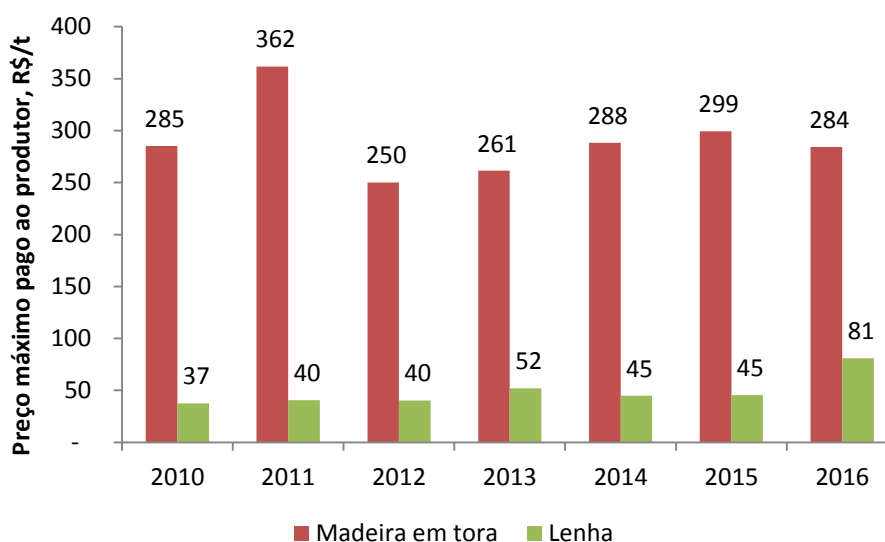


Figura 8 – Preço máximo pago ao produtor de madeira em tora e de lenha nos estados da região norte (AC, AM, AP, PA, RO, RR e TO), mais Maranhão e Mato Grosso, de 2010 a 2016.
Fonte: IBGE, 2017.

Remuneração Baseada no Custo do Óleo Diesel

Como visto na Seção 3.1.4, o custo de importação do óleo diesel, ao preço FOB 2017, resulta em uma parcela, na energia gerada, de R\$ 374/MWh, e o custo final do diesel para os geradores do Sistema Isolado resulta em R\$ 831/MWh.

Considerando um Poder Calorífico Inferior de 3.100 kcal/kg e um rendimento termelétrico de 15%¹³, foram obtidos os valores de R\$ 203/t e R\$ 450/t de biomassa, respectivamente, em relação ao custo de importação e ao custo final ao consumidor do óleo diesel nos Sistemas Isolados.

A Figura 9 resume os valores que podem servir de referência para a biomassa lenhosa residual na região dos Sistemas Isolados.

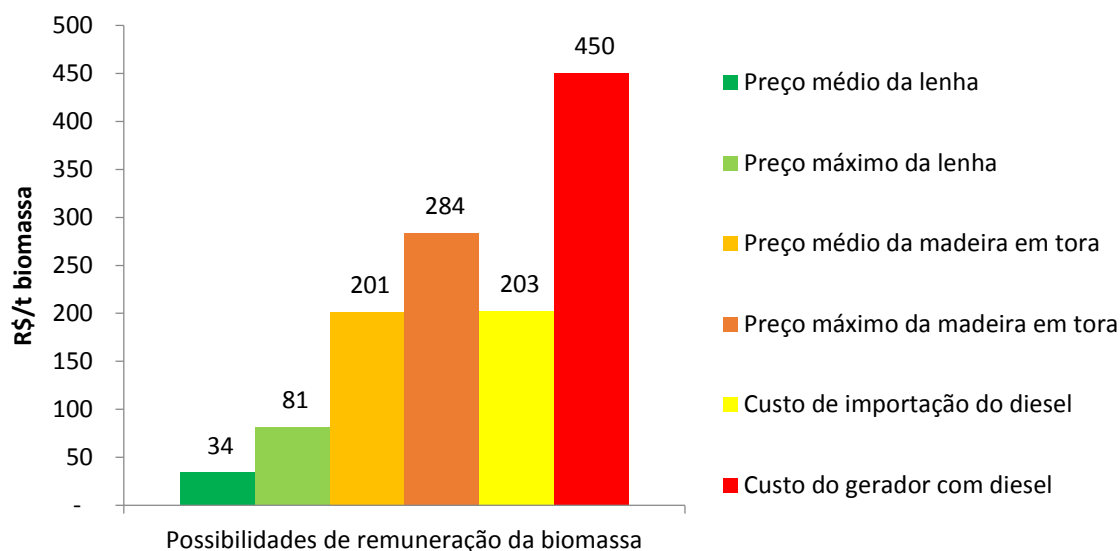


Figura 9 – Valores de referência para remuneração da biomassa lenhosa residual na região dos Sistemas Isolados.

¹³ Considerando cogeração de pequeno porte, com caldeiras de baixa pressão.

3.2.5. Viabilidade Econômica

A expansão¹⁴ da biomassa nos Sistemas Isolados, substituindo a geração a diesel à medida que a vida útil deste parque se expira, pode contribuir para a redução do custo de geração e da importação deste combustível. A operação da capacidade instalada a diesel funcionando na base do atendimento dos Sistemas Isolados, identificada na Seção 3.1.2, de 398 MW (40% do total), com fator de capacidade de 80%, resulta numa geração elétrica de cerca de 2,8 TWh. Dado o consumo específico de diesel (Ver seção 3.1.4), de 0,277 m³/MWh, cerca de 770 mil m³ deste combustível são necessários anualmente. Este consumo de diesel representa um custo de importação de cerca de R\$ 1 bilhão/ano, e um custo para a geração nos Sistemas Isolados de R\$ 2,3 bilhões/ano, parcialmente coberto pela Conta de Consumo de Combustível (CCC) e repassado para todos os consumidores do SIN. Tributos federais incidentes sobre o diesel respondem por R\$ 240 milhões/ano e estaduais por R\$ 500 milhões/ano.

Considerando a termelétrica de referência desta nota técnica, cerca de 5,2 milhões de toneladas de biomassa por ano são necessárias para substituir o diesel na geração da base. A remuneração bruta desta biomassa, estimada em relação aos valores de referência apontados na Seção 3.2.4, varia desde R\$ 180 milhões/ano, tendo o preço médio da lenha de extrativismo na região como referência (o custo de investimento e operação da usina – apresentado a seguir – é deduzido do potencial de redução dos custos de geração) até R\$ 1,8 bilhão/ano, no caso de se adotar o custo com diesel do gerador (neste caso, descontando o investimento e operação da usina da remuneração da biomassa).

Com base nos dados das usinas cadastradas nos leilões de energia, o investimento em usinas térmicas a cavaco de madeira é de cerca de US\$ 2.000/kW. Em comparação com usinas térmicas a bagaço, cujo investimento é de US\$ 1200/kW, o maior valor observado se deve à menor escala do projeto considerado como referência nesta nota técnica. O custo anual de operação e manutenção (O&M) adotado é de 5% do valor do investimento. Considerando a vida útil e outros parâmetros técnicos e financeiros obtém-se que a parcela na energia gerada relativa ao investimento e O&M é de R\$ 200/MWh. Este valor anualizado para a geração de base dos sistemas isolados é de R\$ 557.836.800,00. Importante ressaltar que a tecnologia empregada nestes empreendimentos, ciclo vapor (Rankine), é dominada pela indústria nacional, que conta com ampla capacidade de desenvolvimento de projetos.

A Figura 10 apresenta o potencial de redução de custos na geração elétrica nos Sistemas Isolados com a substituição do diesel pela biomassa lenhosa residual, e considerando o investimento, operação e manutenção das usinas a biomassa. Também são apresentadas estimativas de arrecadação com tributos¹⁵ federais e estaduais sobre o óleo diesel, que, a princípio, não seriam realizadas com a substituição por biomassa.

¹⁴ Como visto anteriormente, no município de Itacoatiara/PA existe a uma usina a biomassa, BK Energia.

¹⁵ Foram usados os valores médios dos tributos federais (CIDE e PIS/Cofins) e estaduais (ICMS) para os estados da região norte, incidentes sobre o diesel, de R\$ 0,316/litro e R\$ 0,658/litro levantados de FECOMBUSTÍVEIS (2018).

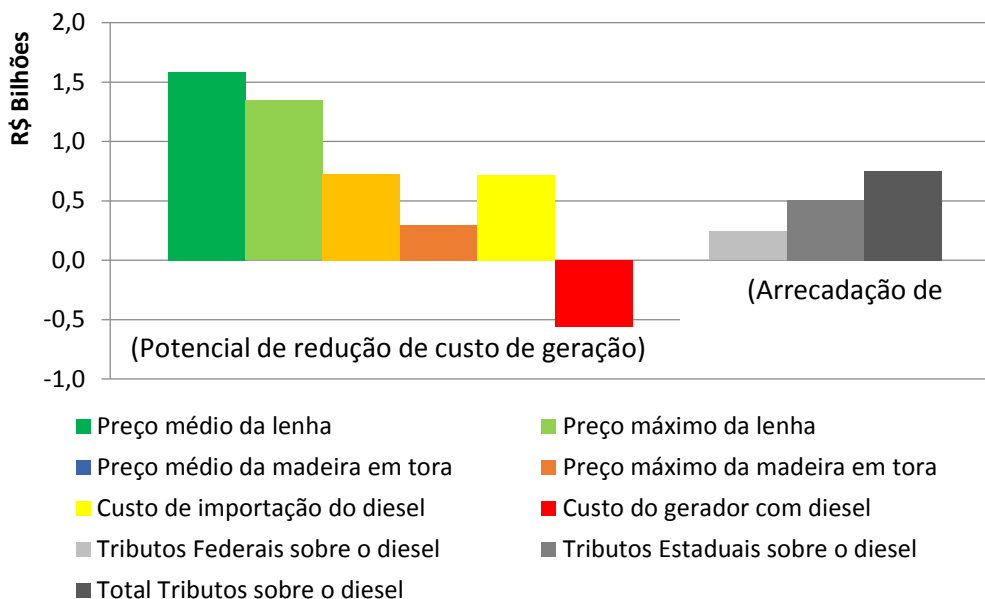


Figura 10 – Potencial de redução de custos na geração elétrica nos Sistemas Isolados com a substituição do diesel pela biomassa lenhosa residual.

A remuneração da biomassa pelo valor de referência mais alto, o de equivalência com o custo do diesel para o gerador, resulta em um aumento de custos de geração. A diferença na parcela de combustível é nula. Entretanto, a parcela de investimento e O&M é acrescida aos custos.

No outro extremo, a remuneração da biomassa pelos valores médio e máximo da lenha, resulta em potenciais de redução nos custos anuais de cerca de R\$ 1,6 bilhão e R\$ 1,3 bilhão, respectivamente. Estes valores permitem a manutenção da arrecadação federal e estadual com o diesel, que chega a R\$ 750 milhões/ano, resultando em um potencial de redução de custo de geração (após compensação) entre R\$ 850 milhões/ano e R\$ 550 milhões/ano.

Caso a remuneração da biomassa tenha como referência o custo de importação do diesel ou o preço médio da madeira em tora de extrativismo na região, em ambos os casos o potencial de redução dos custos de geração é de cerca de R\$ 700 milhões/ano. Entretanto, a compensação da arrecadação de tributos com o diesel anula esta redução. Uma análise mais refinada, considerando a arrecadação dos produtos madeireiros, e benefícios da não importação de diesel, da emissão evitada de gases de efeito estufa, etc. pode indicar uma condição favorável.

Caso se adote o preço máximo da madeira em tora de extrativismo, o potencial de redução inicial de R\$ 300 milhões/ano, é inferior à perda com a arrecadação com o diesel. Nestes casos, a incidência do ICMS sobre os produtos madeireiros, juntamente com uma renúncia fiscal do poder público, podem viabilizar uma redução dos custos transferidos pela CCC.

O tratamento dos tributos (federais e estaduais), a devida remuneração da biomassa e a economia global do Sistema Isolados requerem um estudo mais aprofundado, com ampla discussão com os atores envolvidos na atividade madeireira e de geração de energia e o governo.

4. POTENCIAL DA BIOMASSA RESIDUAL DA INDÚSTRIA MADEIREIRA BASEADA EM PLANTIOS FLORESTAIS

O IBGE registra a produção municipal de madeira em tora para a indústria de papel e celulose, carvão vegetal, lenha e outros fins, na silvicultura¹⁶ e no extrativismo¹⁷. Neste capítulo, o foco é o aproveitamento energético dos resíduos do processamento da madeira em tora em serrarias, abastecidas por plantios florestais.

4.1. Resíduos da Indústria Madeireira e Potencial Energético

Neste estudo, adota-se o fator de geração de resíduos da indústria madeireira baseada em plantios de 50%, devido à maior uniformidade esperada das toras. Adicionalmente, para a estimativa do potencial energético apenas os resíduos do processamento são considerados. Assume-se que os resíduos da produção florestal são deixados para incorporação ao solo ou são destinados para outras finalidades.

Os gêneros florestais dominantes nesta atividade são o *Eucalyptus* e o *Pinus*. A densidade básica da madeira varia de acordo com diversos fatores tais como, idade, espécie arbórea, localização, posição da amostra etc. RIBEIRO & ZANI (1993) apontam valores para o eucalipto em torno de 0,51 t/m³, havendo espécies de eucalipto com densidades básicas superiores e inferiores a esse valor. HIGA, KAGEYAMA & FERREIRA (1993) analisaram espécies de *Pinus* e obtiveram um valor médio de 0,338 t/m³ para a densidade básica da madeira. Neste estudo, será adotado um valor de densidade básica típica do *Pinus*, de 0,338 t/m³, com a motivação de ser conservador nas estimativas.

O potencial energético dessa biomassa foi estimado com base na termelétrica de referência, descrita no Anexo “Usina Termelétrica a Biomassa Residual de Referência”. Os dados de produção de madeira em toras para outras finalidades, na Silvicultura, por município, foram obtidos do Levantamento da Produção da Extração Vegetal e Silvicultura para o ano de 2016 (IBGE, 2017). O potencial identificado, com os dados da atividade em 2016, permite uma capacidade instalada de 633 MW. A Tabela 14 apresenta estes resultados agrupados por unidade da federação.

¹⁶ A denominação é utilizada pelo IBGE para se referir à exploração de florestas plantadas.

¹⁷ A denominação é utilizada pelo IBGE para se referir à exploração de florestas naturais.

Tabela 14 - Resumo estadual da produção de madeira em toras para outras finalidades, potencial de geração de resíduos e de energia elétrica, e de capacidade instalada, em 2016.

UF	Madeira em tora (1.000 m ³)	Resíduos do Proc. (1.000 t)	Bioeletricidade (GWh)	Cap. Instalada (MW)
PR	16.976	2.869	1.553	222
SP	8.419	1.423	770	110
SC	7.289	1.232	667	95
RS	6.099	1.031	558	80
MG	4.983	842	456	65
ES	1.472	249	135	19
PA	909	154	83	12
GO	668	113	61	9
BA	435	73	40	6
MS	361	61	33	5
MT	283	48	26	4
AP	241	41	22	3
RJ	241	41	22	3
DF	70	12	6	1
Total	48.499	8.196	4.438	633

Como informado no Anexo “Usina Termelétrica a Biomassa Residual de Referência”, a usina de referência de 1 MW de capacidade instalada, demanda 116 postos de trabalho para sua implantação e 17 para operação e manutenção. Deste modo, considerando apenas a fase de operação da usina, se todo o potencial de 633 MW de capacidade instalada se realizasse em projetos de 1 MW, cerca de 10.700 postos de trabalho diretos poderiam ser criados.

A Tabela 15 apresenta, para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, um recorte com os 10 municípios com os maiores potenciais (A relação destes municípios e os dados calculados estão no Anexo “Municípios com os 10 maiores potenciais de geração elétrica a biomassa de resíduos de serraria nos estados de RS, SC, PR, SP e MG”. A capacidade instalada resultante é de 275 MW, cerca de 40% do total.

Tabela 15 – Produção madeireira, potencial de geração de resíduos, de geração elétrica e de capacidade instalada, 10 municípios com maior potencial, nos 5 estados com maior potencial.

UF	Madeira em tora (1.000 m ³)	Resíduos do Proc. (1.000 t)	Bioeletricidade (GWh)	Cap. Instalada (MW)
PR	7.226	1.221	661	94
SP	5.506	931	504	72
MG	2.908	492	266	38
RS	2.904	491	266	38
SC	2.511	424	230	33
Total	21.056	3.558	1.927	275

4.2. Mercados para a Energia Elétrica de Biomassa Residual

Ao contrário da produção de madeira em toras de florestas nativas, que se encontra majoritariamente em áreas dos Sistemas Isolados, a produção por meio de plantios florestais ocorre quase em sua totalidade na área do Sistema Interligado Nacional (SIN). Desta forma, a remuneração desta energia segue outras oportunidades de mercado, conforme será apresentado nesta seção.

4.2.1. Leilões de Energia

Os leilões de energia são a principal forma de contratação de empreendimentos de geração para atendimento da carga das distribuidoras que fazem parte do SIN.

Dada a dimensão das demandas a serem atendidas, nesse ambiente de contratação predominam grandes empreendimentos. Entretanto, não existe restrição em relação ao tamanho do empreendimento, conforme pode-se verificar com a participação das UTE's Cisframa, ERB Candeias e Predilecta. Desta forma, todo o potencial é elegível a comercializar energia neste ambiente.

A Tabela 16 apresenta usinas que venderam energia em Leilões de Energia Nova (LEN), gerada a partir de cavaco ou resíduos de madeira, e que constam como sem pendências.

Tabela 16 – Usinas, a cavaco ou resíduo de madeira, vencedores em Leilões de Energia Nova.

Nome da Usina	UF	Tipo de Leilão	Realização do Leilão	Pot. (MW)	Preço de Venda *(R\$/MWh)	Início de Suprimento
Cisframa	SC	LEN	2006	4	254,63	01/01/2009
ERB Candeias	BA	LEN	2013	17	173,83	01/05/2018
Costa Rica I	MS	LEN	2014	164	251,91	01/01/2019
Acre	AC	LEN	2014	164	251,40	01/01/2019
Boltbah	BA	LEN	2015	50	313,64	01/01/2020
Onça Pintada	MS	LEN	2016	50	256,62	01/01/2021
Predilecta	SP	LEN	2016	5	209,98	01/01/2021

Fonte: CCEE, 2018.

* Atualizado para dezembro de 2017.

Destaca-se que a maioria é de empreendimentos baseados em floresta energética, que geram apenas eletricidade, ou seja, sem cogeração. Desta forma, o custo de geração de energia deve ser mais alto do que em unidades que consomem biomassa residual e fazem cogeração. Vale destacar o pioneirismo da usina Cisframa, localizada no estado de Santa Catarina, que corresponde ao modelo de empreendimento de que trata este documento, com uso de resíduo de indústria madeireira e cogeração de energia.

Neste ambiente, o tipo de empreendimento objeto desta nota técnica poderia comercializar energia nesta faixa de preços, com vantagem competitiva em relação aos empreendimentos de biomassa dedicada (florestas energéticas).

4.2.2. Leilões de Geração Distribuída

Se o foco do empreendimento for os Leilões de Geração Distribuída, pode-se alcançar um preço um pouco maior na venda da energia. Os agentes distribuidores podem contratar energia de geração distribuída no montante de até 10% de sua carga, conforme o Decreto 5.163 de 2004. Para empreendimentos a biomassa ou resíduos, o decreto não estabelece restrição quanto à capacidade instalada¹⁸, nem eficiência energética¹⁹. É necessário, entretanto, que eles estejam ligados na rede básica para serem enquadrados como geração distribuída.

A EPE é a responsável pelo cálculo do Valor de Referência Específico (VRES), usado como preço-teto para esta contratação, que é publicado pelo Ministério de Minas e Energia através de Portaria. Deste modo, a Portaria MME nº 65 de 2018 estabeleceu o valor de referência específico para biomassa residual de R\$ 349,00/MWh. Importante salientar que este valor é um preço-teto e que nos certames a competição entre os agentes geradores deve resultar em deságio.

Destaca-se a expressividade desta fonte, biomassa residual de serraria no estado do Paraná, onde o potencial de geração elétrica se iguala ao mercado potencial de contratação de geração distribuída. No estado de Santa Catarina, a biomassa residual de serraria tem um potencial de geração de cerca da metade deste mercado e em Minas Gerais cerca de um quarto.

4.2.3. Compensação via Geração Compartilhada

Outra oportunidade para empreendimentos, que também são consumidores, mas têm capacidade de gerar energia elétrica excedente, é formar cooperativas, ou condomínios de consumidores, segundo a Resolução Normativa 482 de 2012 da Aneel. Assim, o excedente poderia ser transferido para as demais unidades através da rede da distribuidora, por um mecanismo de compensação.

Entretanto, os empreendimentos devem ser enquadrados como microgeração distribuída, com até 75 kW de capacidade instalada, ou como minigeração distribuída, com capacidade instalada acima de 75 kW e até 5 MW. Considerando apenas os municípios com potencial de capacidade instalada entre 1 MW e 5 MW obtém-se o potencial de 268 MW que poderiam ser habilitados como minigeração distribuída, conforme dados de 2016.

Os resultados para este conjunto de empreendimentos potenciais, agrupados por Unidade da Federação, são mostrados na Tabela 20.

¹⁸ Para aproveitamentos hidráulicos, o limite de capacidade instalada é de 30 MW.

¹⁹ Para empreendimentos termelétricos, inclusive cogeração, exceto a biomassa e resíduos, é exigido uma eficiência energética de no mínimo 75%.

Tabela 17 - Produção de madeira em toras para outras finalidades, potencial de geração de resíduos, de energia elétrica, e de capacidade instalada entre 1 MW e 5 MW em 2016.

UF	Madeira em tora (1.000 m ³)	Resíduos do Proc. (1.000 t)	Bioeletricidade (GWh)	Cap. Instalada (MW)
PR	6.918	1.169	633	90
SC	4.533	766	415	59
SP	2.805	474	257	37
RS	2.530	428	232	33
MG	1.765	298	162	23
ES	659	111	60	9
GO	441	75	40	6
PA	322	54	30	4
MS	255	43	23	3
AP	125	21	11	2
RJ	92	16	8	1
BA	90	15	8	1
Total	20.534	3.470	1.879	268

Desta forma, caracterizada como geração compartilhada, as unidades consumidoras poderiam remunerar a energia elétrica a um valor inferior à tarifa final que estas pagam, a qual depende da classe de consumo. Para ilustrar estes valores, a Tabela 21 apresenta o valor médio da tarifa final das distribuidoras, agrupado por unidade da federação, para as classes A4 (Alta tensão) e B1 (Setor residencial), em 2017.

O valor médio mais alto da tarifa A4 foi observado no estado do Amazonas, com R\$ 579,40/MWh, enquanto que a média de todas as unidades da federação foi de R\$ 390,90/MWh. Na classe de consumo residencial (B1), o valor médio mais alto foi de R\$ 881,75/MWh e a média nacional de R\$ 727,41/MWh. Esses valores incluem os tributos e impostos incidentes sobre a energia.

Tabela 18 – Tarifa final média para alta tensão (A4) e residencial (B1), em 2017.

UF	Média Tarifa A4	Média Tarifa B1	UF	Média Tarifa A4	Média Tarifa B1
AC	339,47	744,53	PB	348,66	693,23
AL	422,07	753,28	PE	376,06	700,73
AM	579,40*	881,75	PI	441,88	808,76
AP	344,60	658,90	PR	455,33	765,89
BA	351,56	666,17	RJ	482,56	805,43
CE	396,82	712,78	RN	361,71	628,57
DF	438,69	703,65	RO	396,01	645,75
ES	441,82	747,45	RR	367,11	597,39
GO	457,57	753,49	RS	420,05	763,25
MA	340,95	843,61	SC	397,11	719,71
MG	340,80	742,78	SE	359,49	760,90
MS	367,42	718,25	SP	344,30	675,06
MT	447,60	748,87	TO	385,66	801,46
PA	446,06	874,45	Brasil	390,90	727,41

* Valor mais alto da tarifa.

5. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS

5.1. Impactos Ambientais

Embora sejam evidentes os benefícios do aproveitamento de resíduos florestais, essa atividade não está isenta de impactos negativos, que devem ser evitados, mitigados ou compensados para que os projetos sejam sustentáveis. Sendo assim, neste item serão abordados tanto os benefícios quanto os impactos socioambientais negativos, além das medidas de mitigação tipicamente associadas a esses projetos.

Para tal, inicialmente serão discutidos aspectos socioambientais relacionados ao aproveitamento dos resíduos florestais que, para este estudo, foram considerados aqueles gerados nas atividades de Manejo Florestal Sustentável (MFS) e de processamento da madeira. Em seguida, serão abordados os aspectos socioambientais envolvidos no seu aproveitamento na geração elétrica em usinas termelétricas (UTE).

5.1.1. Aspectos quanto ao aproveitamento de resíduos gerados nas atividades de MFS e de processamento de madeira

Nas áreas onde há manejo, os resíduos representam galhos, casca, dentre outros. Geralmente, ficam na própria área do projeto, teoricamente sendo naturalmente decompostos e incorporados ao solo. Contudo, quando não se verifica o uso das melhores práticas do manejo florestal, a disposição de resíduos pode se tornar um problema, favorecendo a propagação do fogo, compactação do solo e dificultando a regeneração natural da floresta (Imazon, 2002).

Ainda que a retirada desses resíduos possa interferir no balanço de nutrientes e na estrutura florestal (Braz et al, 2014), esses impactos são difíceis de serem avaliados, uma vez que, em condições naturais, não é gerado o mesmo montante de resíduo que é produzido em atividades com caráter exploratório. Nesse sentido, nos Planos de Manejo de Flonas concedidas, frequentemente há recomendações indicando que a retirada e o aproveitamento econômico dos resíduos são desejáveis por agregar valor à atividade e evitar os impactos decorrentes da destinação inadequada.

Quanto aos resíduos provenientes das unidades de processamento de madeira, são compostos basicamente por serragem e lenha. Segundo WIECHETECK (2009), SILVA (2011) e PAIXÃO et al. (2014), a indústria madeireira brasileira chama atenção pela baixa eficiência no uso da matéria-prima, sobretudo da região amazônica. Sendo assim, um grande volume de resíduos é gerado desde as fases operacionais até o produto final, o que agrava os impactos decorrentes do tratamento inadequado.

O gerenciamento desses resíduos é atividade importante da cadeia produtiva da madeira, que envolve o armazenamento, o transporte, o tratamento e a destinação final adequada com intuito de evitar impactos na área. Entretanto, em muitos casos eles são queimados a céu aberto ou descartados de forma irregular.

A queima a céu aberto interfere na qualidade do ar com a emissão de gases poluentes e de efeito estufa, bem como com a emissão de material particulado associado aos resíduos de cinzas, fuligens e outros materiais. Ressalta-se que a queima pode se tornar um incêndio descontrolado.

O descarte inadequado pode afetar cursos d'água causando assoreamento e interferindo na qualidade da água, inclusive causando contaminação em função do chorume produzido pelos resíduos acumulados ou da presença de substâncias tóxicas usadas no tratamento da madeira. O acúmulo de grandes montantes de resíduos, além de alterar a paisagem, favorece a compactação e a contaminação do solo e aumenta o risco de autocombustão, dado que a serragem é um material altamente inflamável.

Os riscos à saúde e à segurança da população local, a perda de habitats nativos e a degradação de corpos d'água, do solo e da paisagem são consequências diretas sofridas tanto pelo meio social, quanto pelos meios físico e biótico. Diante desse quadro, a utilização dos resíduos para fins energéticos é uma solução para evitar tais impactos, transformando-os em subprodutos e ainda lhes atribuindo valor econômico.

5.1.2. Aspectos quanto à geração elétrica a partir de resíduos florestais

Considerando o aproveitamento energético dos resíduos na geração termelétrica, vale ainda mencionar que os impactos associados à implantação de uma nova UTE são mais preponderantes nas fases de construção e operação da planta. Para sua descrição considerou-se o livro publicado pela EPE: Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão e Nuclear.

Com relação ao uso e ocupação do solo de usinas termelétricas, os impactos no geral não são muito expressivos, pois se ocupa uma área relativamente pequena. Dependendo do local escolhido para implantação da planta termelétrica pode ser necessária supressão de vegetação ou mudança no uso do solo, também são esperados impactos sobre a fauna em decorrência da interferência no habitat natural. A medida de mitigação mais importante no que diz respeito ao tema é uma boa avaliação de alternativas locais.

Outro aspecto importante é o transporte do resíduo florestal à usina, que pode gerar impacto sobre a infraestrutura viária devido ao tráfego de veículos pesados na fase de operação. A circulação de veículos pesados gera poluição do ar e a sonora que provocam afugentamento da fauna, além de impactos para a população local. As medidas de mitigação são um bom planejamento logístico, evitar os horários de maior tráfego, manutenção adequada do maquinário e a manutenção das vias utilizadas para transporte.

O tema recursos hídricos é importante para as UTEs porque, dependendo da tecnologia de resfriamento adotada, pode haver consumo expressivo de água, o que impacta na disponibilidade hídrica para outros usos. O consumo pode ser minimizado em usinas termelétricas por meio de tecnologias de resfriamento de baixo consumo de água, redução de desperdícios e reuso de água. Cabe destacar, entretanto, que o uso da água é sujeito à

outorga, que tem como objetivo garantir os direitos de acesso aos recursos hídricos pela população e os diversos usos.

Outro ponto a ser observado é a geração de efluentes líquidos, que no caso das usinas a biomassa são representados pela água de processo e pelo esgoto sanitário. O lançamento da água de processo e esgoto sanitário sem o devido tratamento pode alterar a qualidade do solo e da água e, conseqüentemente, interferir na biota como um todo, especialmente aquática. De forma a mitigar esses impactos, os efluentes devem ser tratados e dispostos adequadamente, respeitando-se os limites impostos pelos padrões de lançamento previstos na legislação ambiental. Além disso, deve-se monitorar os efluentes lançados e a qualidade da água do corpo hídrico receptor.

Uma das principais preocupações em relação aos impactos da geração termelétrica reside na emissão de poluentes atmosféricos. Para termelétricas à biomassa destacam-se as emissões de material particulado, que alteram a qualidade do ar, provocando efeitos na saúde da população local. Existem diversos tipos de tecnologias para controle de emissão de particulados que devem ser selecionados considerando aspectos econômicos e os limites de emissões impostos pela legislação Federal e Estadual.

Com relação à emissão de gases de efeito estufa é importante ressaltar que apenas as emissões diretas²⁰ da combustão da biomassa e do óleo diesel na geração elétrica foram consideradas. A biomassa é considerada uma fonte benéfica que contribui para a mitigação das mudanças climáticas, pois é considerado que o CO₂ emitido na combustão é o mesmo que foi absorvido da atmosfera no processo de fotossíntese realizado pela planta. Portanto, assume-se um balanço nulo de emissões de CO₂.

Do ponto de vista socioeconômico, a usina cria postos de trabalho importantes, em maior número durante a construção e menor durante a operação. Uma forma de potencializar os benefícios da geração de empregos e renda na região é priorizar a contratação e capacitação de mão de obra local. Ressalta-se que o contingente de trabalhadores atraídos pela obra pode acarretar sobrecarga dos equipamentos e serviços públicos e alteração da organização social, econômica, cultural e política da região. Como medida mitigadora, é preciso redimensionar os equipamentos e serviços sociais da região, buscando melhorias na infraestrutura e garantir o atendimento da população residente, além de ações para fortalecimento da gestão pública.

Cabe ressaltar ainda que no caso da substituição das térmicas a diesel dos sistemas isolados por usinas termelétricas a biomassa lenhosa residual é necessário observar a correta desmobilização das unidades evitando a geração de passivos ambientais nessas áreas.

²⁰ Um estudo de ciclo de vida do óleo diesel e da biomassa usados como combustível para a geração elétrica nos Sistemas Isolados permitiria uma visão mais precisa da vantagem da biomassa, especialmente devido à sua origem renovável e pela complexa logística de distribuição do óleo diesel na região amazônica. Entretanto, este estudo não foi incluído no escopo desta nota técnica, ficando como sugestão de estudos futuros.

5.2. Impactos Tributários

Como dito no capítulo 3.1, atualmente a geração nos Sistemas Isolados acontece principalmente por meio de usinas termelétricas a diesel, cujo custo é reembolsado pela CDE/CCC em sua maior parte, ainda que indiretamente em alguns casos (PIE, por exemplo). Na aquisição desse combustível há a incidência de tributos, como o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), cuja alíquota varia de 17% a 25% nos estados da região Norte. Dessa forma, ao reembolsar o combustível a CCC paga também o ICMS que incide sobre o mesmo, ou seja, ocorre uma transferência desse recurso para os estados.

Assim, a introdução de novas fontes de geração nos Sistemas Isolados tem o potencial de reduzir a arrecadação de ICMS pelos estados, necessitando de discussão com os governos a fim de encontrar maneiras de contornar esse impacto econômico.

Por outro lado, sendo a geração a partir de biomassa de origem florestal potencialmente mais econômica que a baseada em óleo diesel, como mostrado na Seção 3.2.4, o maior uso dessa fonte abre a possibilidade de redução dos gastos da CCC, beneficiando os consumidores de energia elétrica de todo o país.

Importante ressaltar, que o estado do Amazonas cobra uma alíquota de 25% de ICMS sobre a energia gerada, nos demais estados este tributo não é cobrado. No caso da geração a diesel, realiza-se uma compensação para evitar bitributação. Na análise apresentada neste documento, foi considerado que não há incidência de ICMS sobre a geração.

6. BARREIRAS

Algumas dificuldades são observadas quanto à penetração de fontes renováveis para a geração de energia, o que inclui a geração a partir de biomassa de origem florestal:

- CAPEX e Financiamento – em comparação com a geração convencional a diesel, as fontes renováveis demandam, em geral, maior custo de investimento, em termos de R\$/kW. Consequentemente, o uso dessas fontes implica ainda em maior custo associado ao financiamento. Adicionalmente, a geração a biomassa incorre em alto custo de operação, embora menor que o da geração a diesel, e dificuldade de comprovar capacidade de abastecimento do combustível.
- O impacto de incertezas relativas às informações sobre os custos de coleta e transporte do resíduo florestal lenhoso, vis-à-vis a manutenção das salvaguardas do manejo florestal de impacto reduzido.
- Inovação – risco associado não só ao pioneirismo da fonte, mas também ao aspecto inovador em relação à região amazônica. Percebe-se, por parte das distribuidoras de energia elétrica da região Norte, uma preferência pela geração convencional a diesel, dada sua confiabilidade.
- Custo de oportunidade dos atuais geradores – o suprimento atual da maior parte dos Sistemas Isolados conta com unidades geradoras a diesel, que poderão ser desmobilizadas em caso de substituição pela geração a partir de biomassa. Assim, nos leilões de contratação do atendimento aos Sistemas Isolados, em havendo competição entre diferentes fontes, os atuais agentes geradores podem aproveitar as instalações existentes, o que representa uma vantagem competitiva frente a projetos novos, dificultando a substituição da geração a diesel por outras fontes.
- Cronograma de implantação – uma das vantagens da geração convencional a diesel é sua facilidade e rapidez de implantação, enquanto tecnologias alternativas podem demandar um maior prazo. No caso da geração a partir de biomassa florestal, um projeto totalmente novo, com necessidade de plantio, pode demandar de 3 a 7 anos para início de operação, considerando o manejo e colheita da biomassa. No caso de aproveitamento de biomassa existente ou de resíduos provenientes de FLONAs, por exemplo, essa desvantagem é minimizada, aumentando a competitividade dessa fonte frente à geração a diesel. De toda forma, é importante que os leilões para atendimento a sistemas isolados considerem cronogramas factíveis para diversas fontes, criando condições de competição para as fontes renováveis.

7. ATORES RELEVANTES NA QUESTÃO FLORESTAL E ENERGÉTICA

Dada a complexidade das questões florestais e energéticas, especialmente em relação ao manejo de florestas nativas na região amazônica e à substituição da geração a diesel nos SI, uma ampla participação de atores dos diversos setores da sociedade brasileira é desejável para garantir o sucesso de políticas públicas que tenham por objetivo promover tais atividades.

Esta Seção pretende, de forma não exaustiva, identificar estes principais atores e destacar suas relações com as questões aqui tratadas.

7.1. Atores Governamentais

Os principais atores governamentais na esfera federal são apresentados nesta seção, assim como suas atribuições e competências. Em cada unidade da federação existem diversas instituições relacionadas com os temas de energia, florestas, indústria, meio ambiente, etc. que precisam ser incluídas nas discussões relacionadas com o objeto deste documento, principalmente pelo fato de serem esses entes os detentores de informações mais detalhadas.

7.1.1. Ministério de Minas e Energia

O Ministério de Minas e Energia (MME) foi criado em 1960, pela Lei nº 3.782, de 22 de julho de 1960. Anteriormente, os assuntos de minas e energia eram de competência do Ministério da Agricultura.²¹

O MME, órgão da administração federal direta, representa a União como Poder Concedente e formulador de políticas públicas, bem como indutor e supervisor da implementação dessas políticas nos seguintes segmentos²²:

- I - geologia, recursos minerais e energéticos;
- II - aproveitamento da energia hidráulica;
- III - mineração e metalurgia; e
- IV - petróleo, combustível e energia elétrica, inclusive nuclear.

Cabe, ainda, ao Ministério de Minas e Energia:

- I - energização rural, agroenergia, inclusive eletrificação rural, quando custeada com recursos vinculados ao Sistema Elétrico Nacional; e

²¹ <http://www.mme.gov.br/web/guest/acesso-a-informacao/institucional/o-ministerio>

²² <http://www.mme.gov.br/web/guest/acesso-a-informacao/institucional/competencias>

II - zelar pelo equilíbrio conjuntural e estrutural entre a oferta e a demanda de recursos energéticos no País.

Veja o documento completo da Portaria nº 108, de 14 de março de 2017.

7.1.2. Ministério do Meio Ambiente²³

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), criado em novembro de 1992, tem como missão formular e implementar políticas públicas ambientais nacionais de forma articulada e pactuada com os atores públicos e a sociedade para o desenvolvimento sustentável. A visão de futuro do MMA é ser reconhecido pela sociedade e pelo conjunto de atores públicos por sua excelência, credibilidade e eficiência na proteção do meio ambiente.

A Lei nº 13.502, de 1º de novembro de 2017, em seu art. 49, dispõe que os seguintes assuntos constituem a área de competência do Ministério do Meio Ambiente:

I - Órgãos de assistência direta e imediata ao Ministro de Estado:

I - política nacional do meio ambiente e dos recursos hídricos;

II - política de preservação, conservação e utilização sustentável dos ecossistemas, da biodiversidade e das florestas;

III - proposição de estratégias, mecanismos e instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade ambiental e do uso sustentável dos recursos naturais;

IV - políticas para integração do meio ambiente e produção;

V - políticas e programas ambientais para a Amazônia Legal; e

VI - zoneamento ecológico-econômico.

7.1.3. Empresa de Pesquisa Energética²⁴

A Empresa de Pesquisa Energética – EPE tem por finalidade prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, cobrindo energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados e biocombustíveis. Somos uma empresa pública federal, 100% dependente do Orçamento Geral da União. A empresa foi criada por meio de medida provisória convertida em lei pelo Congresso Nacional - Lei 10.847, de 15 de março de 2004. E a efetivação se deu em um decreto de agosto de 2004.

²³ <http://www.mma.gov.br/institucional>

²⁴ <http://www.epe.gov.br/pt/a-epe/quem-somos>

A EPE criada com o objetivo de resgatar a responsabilidade constitucional do Estado nacional em assegurar as bases para o desenvolvimento sustentável da infraestrutura energética do país. A partir de sua criação, a atuação da EPE consolidou-se como parte fundamental de um ciclo de atividades que se inicia com as definições de políticas e diretrizes no âmbito do CNPE – Conselho Nacional de Política Energética e do MME. A partir dessas definições materializam-se os estudos e as pesquisas que irão efetivamente orientar o desenvolvimento do setor energético brasileiro.

7.1.4. IBAMA²⁵

Em 22 de fevereiro de 1989 foi promulgada a Lei nº 7.735, que cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), integrando a gestão ambiental no país. Até então, havia várias instituições no governo federal com diferentes visões, muitas vezes contraditórias, para tratar sobre o tema.

De acordo com o Art. 5º da Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007, o Ibama tem como principais atribuições:

- I. exercer o poder de polícia ambiental;
- II. executar ações das políticas nacionais de meio ambiente, referentes às atribuições federais, relativas ao licenciamento ambiental, ao controle da qualidade ambiental, à autorização de uso dos recursos naturais e à fiscalização, monitoramento e controle ambiental, observadas as diretrizes emanadas do Ministério do Meio Ambiente; e
- III. executar as ações supletivas de competência da União, de conformidade com a legislação ambiental vigente.

Outras atribuições:

- Propor e editar normas e padrões de qualidade ambiental.
- O zoneamento e a avaliação de impactos ambientais.
- O licenciamento ambiental, nas atribuições federais.
- A implementação do Cadastro Técnico Federal.
- A fiscalização ambiental e a aplicação de penalidades administrativas.
- A geração e a disseminação de informações relativas ao meio ambiente.

²⁵ <http://www.ibama.gov.br/institucional/sobre-o-ibama#atribuicoes>

- O monitoramento ambiental, principalmente no que diz respeito à prevenção e controle de desmatamentos, queimadas e incêndios florestais.
- O apoio às emergências ambientais.
- A execução de programas de educação ambiental.
- A elaboração do sistema de informação.
- O estabelecimento de critérios para a gestão do uso dos recursos faunísticos, pesqueiros e florestais; dentre outros.

7.1.5. Serviço Florestal Brasileiro (SFB)²⁶

O Serviço Florestal Brasileiro (SFB) tem a missão de promover o conhecimento, o uso sustentável e a ampliação da cobertura florestal, tornando a agenda florestal estratégica para a economia do país.

A Lei de Gestão de Florestas Públicas (11.284/2006), que criou o SFB, estabelece, no artigo 55, as competências do órgão. De acordo com a Lei, o SFB atua exclusivamente na gestão das florestas públicas e tem por competência:

- Exercer a função de órgão gestor prevista no art. 53 desta Lei, no âmbito federal, bem como de órgão gestor do FNDF.
- Apoiar a criação e gestão de programas de treinamento, capacitação, pesquisa e assistência técnica para a implementação de atividades florestais, incluindo manejo florestal, processamento de produtos florestais e exploração de serviços florestais.
- Estimular e fomentar a prática de atividades florestais sustentáveis madeireira, não madeireira e de serviços.
- Promover estudos de mercado para produtos e serviços gerados pelas florestas.
- Propor planos de produção florestal sustentável de forma compatível com as demandas da sociedade.
- Criar e manter o Sistema Nacional de Informações Florestais integrado ao Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente.
- Gerenciar o Cadastro Nacional de Florestas Públicas, exercendo as seguintes funções:
 - a) Organizar e manter atualizado o Cadastro-Geral de Florestas Públicas da União.

²⁶ <http://www.florestal.gov.br/institucional>

b) Adotar as providências necessárias para interligar os cadastros estaduais e municipais ao Cadastro Nacional.

- Apoiar e atuar em parceria com os seus congêneres estaduais e municipais.

No exercício de suas atribuições, o SFB promoverá a articulação com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, para a execução de suas atividades de forma compatível com as diretrizes nacionais de planejamento para o setor florestal e com a Política Nacional do Meio Ambiente.

Para a concessão das florestas públicas sob a titularidade dos outros entes da Federação, de órgãos e empresas públicas e de associações de comunidades locais, poderão ser firmados convênios com o Ministério do Meio Ambiente, representado pelo SFB.

7.1.6. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)²⁷

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997.

A ANEEL iniciou suas atividades em dezembro de 1997, tendo como principais atribuições:

- Regular a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;
- Implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- Estabelecer tarifas;
- Dirimir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores, e
- Promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal.

²⁷ <http://www.aneel.gov.br/a-aneel>

7.1.7. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM)²⁸

O Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) tem caráter permanente e foi instituído pelo Decreto nº 6.263/2007 com o papel de orientar a elaboração, implementação, monitoramento e avaliação do Plano Nacional sobre Mudança do Clima.

Cabe ao CIM apoiar a articulação internacional necessária à execução de ações conjuntas, troca de experiências, transferência de tecnologia e capacitação, assim como identificar ações necessárias de pesquisa e desenvolvimento e promover a disseminação do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, além de propor sua revisão periódica. O CIM é composto por 16 Ministérios e pela Casa Civil, que o coordena.

7.2. Atores de Direito Privado em colaboração com o Estado

7.2.1. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)²⁹

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Instituído como uma pessoa jurídica de direito privado, sob a forma de associação civil sem fins lucrativos, o ONS foi criado em 26 de agosto de 1998, pela Lei nº 9.648, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/2004 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/2004.

Para o exercício de suas atribuições legais e o cumprimento de sua missão institucional, o ONS desenvolve uma série de estudos e ações exercidas sobre o sistema e seus agentes proprietários para gerenciar as diferentes fontes de energia e a rede de transmissão, de forma a garantir a segurança do suprimento contínuo em todo o país, com os objetivos de:

- (a) promover a otimização da operação do sistema eletroenergético, visando ao menor custo para o sistema, observados os padrões técnicos e os critérios de confiabilidade estabelecidos nos Procedimentos de Rede aprovados pela Aneel;
- (b) garantir que todos os agentes do setor elétrico tenham acesso à rede de transmissão de forma não discriminatória; e
- (c) contribuir, de acordo com a natureza de suas atividades, para que a expansão do SIN se faça ao menor custo e vise às melhores condições operacionais futuras.

²⁸ <http://www.mma.gov.br/clima/grupo-executivo-sobre-mudanca-do-clima>

²⁹ <http://ons.org.br/pt/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>

7.2.2. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)³⁰

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE viabiliza as atividades de compra e venda de energia em todo o País, promovendo discussões voltadas à evolução do mercado.

Constituída em 2004 como associação civil sem fins lucrativos, a CCEE sucede a Administradora de Serviços do Mercado Atacadista de Energia Elétrica – Asmae (1999) e o Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE (2000).

A CCEE é responsável pela contabilização e pela liquidação financeira no mercado de curto prazo de energia. A instituição é incumbida do cálculo e da divulgação do Preço de Liquidação das Diferenças - PLD, utilizado para valorar as operações de compra e venda de energia.

A CCEE atua, ainda, desde a medição da energia gerada e efetivamente consumida até a liquidação financeira dos contratos de compra e de venda no mercado de curto prazo. Também promove os leilões de energia, sob delegação da Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Entre as atribuições principais da instituição, incluem-se ainda:

- Implantar e divulgar regras e procedimentos de comercialização;
- Fazer a gestão de contratos do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e do Ambiente de Contratação Livre (ACL);
- Manter o registro de dados de energia gerada e de energia consumida;
- Realizar leilões de compra e venda de energia no ACR, sob delegação da Aneel;
- Realizar leilões de Energia de Reserva, sob delegação da Aneel, e efetuar a liquidação financeira dos montantes contratados nesses leilões;
- Apurar infrações que sejam cometidas pelos agentes do mercado e calcular penalidades;
- Servir como fórum para a discussão de ideias e políticas para o desenvolvimento do mercado, fazendo a interlocução entre os agentes do setor com as instâncias de formulação de políticas e de regulação.

³⁰ http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/quem-somos?_adf.ctrl-state=fpoyfmczd_50&_afLoop=127003797737912#!

7.3. Atores Não Governamentais

A relação de atores não governamentais apresentada aqui não é exaustiva. A ampla divulgação dos estudos para a sociedade deve permitir que outros atores sejam identificados.

7.3.1. Instituto de Energia e Meio Ambiente³¹

O Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) sem fins lucrativos, voltada a produzir e disseminar conhecimento técnico-científico em temas de impacto no ambiente urbano, com ênfase na mobilidade, na qualidade do ar, em energia e na redução de emissões de gases de efeito estufa. Ao mesmo tempo em que gera subsídios técnicos, o IEMA busca integrar-se a diferentes coletivos da sociedade civil organizada e ao próprio poder público, sempre na perspectiva do aperfeiçoamento e implantação de políticas setoriais de interesse comum, da melhoria da qualidade ambiental e do bem-estar das pessoas.

Criado em 2006, o Instituto tem hoje entre seus apoiadores importantes organizações como a William and Flora Hewlett Foundation, a Oak Foundation, a Charles Stewart Mott Foundation, o Instituto Clima e Sociedade (ICS) e o Global Environment Facility (GEF), como financiador de projeto.

O IEMA tem como missão contribuir para a formulação, implantação e avaliação de políticas públicas voltadas à melhora das condições de mobilidade e da qualidade do ar nos centros urbanos e à redução de emissões de gases de efeito estufa, em especial no setor de transporte e energia.

7.3.2. Indústria Brasileira de Árvores

A Indústria Brasileira de Árvores (Ibá) é a associação responsável pela representação institucional da cadeia produtiva de árvores plantadas, do campo à indústria, junto a seus principais públicos de interesse.

Lançada em abril de 2014, a entidade representa as 60 empresas e nove entidades estaduais de produtos originários do cultivo de árvores plantadas, com destaque para painéis de madeira, pisos laminados, celulose, papel, florestas energéticas e biomassa, além dos produtores independentes de árvores plantadas e investidores financeiros.

A Ibá reúne as empresas que participavam da Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira (Abipa), da Associação Brasileira da Indústria de Piso Laminado de Alta Resistência (Abiplar), da Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) e da Associação Brasileira de Celulose e Papel (Bracelpa).

³¹ <http://www.energiaeambiente.org.br/quem-somos/#missao>

Com o objetivo de valorizar os produtos originários dos cultivos de pinus e eucalipto e demais espécies plantadas para fins industriais, a Ibá atua em defesa dos interesses do setor junto a autoridades e órgãos governamentais, entidades da cadeia produtiva de árvores plantadas e importantes setores da economia, organizações socioambientais, universidades, escolas, consumidores e imprensa – tanto nacional como internacionalmente.

A missão da Ibá é incrementar a competitividade do setor e alinhar as empresas associadas no mais elevado patamar de ciência, tecnologia e responsabilidade socioambiental ao longo de toda a cadeia produtiva das árvores, na busca por soluções inovadoras para o mercado brasileiro e global.

7.3.3. Instituto Nacional de Eficiência Energética³²

O INEE é uma organização não governamental sem fins lucrativos. Seu objetivo é promover o aumento da eficiência na transformação e na utilização de todas as modalidades de energia em benefício da economia, do meio ambiente e da maior segurança quanto ao acesso à energia e bem-estar da sociedade.

O INEE constitui um fórum para comunicação entre entidades-chave envolvidas na otimização do uso da energia e procura conscientizar a sociedade com relação às possibilidades de economia de energia e seus benefícios. Procura também reduzir as diversas barreiras de mercado que impedem a implantação de medidas de custo/benefício favorável.

O INEE atua para reduzir as imperfeições do mercado, melhorar o grau de informação sobre a eficiência e apoiar a criação de legislação, normas e regulamentos através da promoção de programas, projetos e eventos.

7.3.4. Greenpeace³³

O Greenpeace é uma instituição sem fins lucrativos e independente, que não aceita doações de governo, empresas ou partidos políticos. Seu trabalho é integralmente financiado por milhões de doadores de todo o mundo. A independência econômica do Greenpeace garante transparência, liberdade de posicionamento e expressão, permitindo que assumam riscos e confronto alvos e comprometendo-se exclusivamente com os indivíduos e com a sociedade civil.

A missão do Greenpeace é:

- Proteger a floresta amazônica, bioma de grande biodiversidade, habitat de milhares de espécies, milhões de pessoas e fundamental para o equilíbrio climático do planeta.

³² http://www.inee.org.br/sobre_quem.asp?Cat=sobre

³³ <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/quemsomos/Missao-e-Valores/>

- Estimular o investimento em energia renovável e eficiência energética, reduzindo as emissões de gases do efeito estufa.
- Defender os oceanos com a criação de uma rede de unidades de conservação e o estímulo da pesca sustentável.
- Trabalhar pela paz, enfrentando as causas de conflito e eliminando a produção de energia e armas nucleares.
- Incentivar a agricultura segura e sustentável, rejeitando os organismos geneticamente modificados.

7.3.5. Fórum Brasileiro de Mudança do Clima³⁴

O Fórum é o espaço de concertação de atores da sociedade e do Estado, de todo o Brasil. Foi criado em 2000 para conscientizar e mobilizar a sociedade para a discussão e tomada de posição sobre os problemas decorrentes da mudança do clima (Decretos Presidenciais 3.515/2000 e 28/8/2000). Em 2009, o Fórum foi reconhecido como um dos instrumentos institucionais da Política Nacional de Mudanças Climáticas (Lei 12.187/2009). Em 2017, foi reformulado e passou a se chamar Fórum Brasileiro de Mudança do Clima.

O Fórum produz deliberações e articula-se com as demais instâncias de governança climática no país. A intenção é que produza orientações estratégicas e de grande alcance, obtidas por consenso, deixando às demais instâncias do Executivo as definições de cunho operacional.

³⁴ <https://www.fbmc.com.br/informacoes-importantes>

8. CONCLUSÕES

8.1. Sobre o Aproveitamento da Biomassa Residual de Manejo Sustentável na Região dos Sistemas Isolados

O estudo aponta um potencial energético significativo oriundo do aproveitamento dos resíduos do manejo florestal e do processamento da madeira em tora na região norte do país (incluindo os estados do Mato Grosso e do Maranhão) da ordem de 6,5 GW (2,1 em Florestas Públicas Federais e 4,4 em Florestas Particulares). Cabe ressaltar que apenas a disponibilidade física da biomassa, nas tipologias florestais apresentadas, foi considerada. Outras variáveis, específicas de cada área passível de manejo, não foram consideradas e podem interferir na realização do potencial estimado.

Limitando o escopo geográfico aos municípios atendidos por Sistemas Isolados, o potencial destes resíduos de biomassa soma cerca de 2,5 GW de capacidade instalada, gerando uma quantidade de energia seis vezes maior que atual demanda.

Considerando introduzir esta biomassa apenas na geração de base a diesel nos sistemas isolados, a capacidade instalada seria de 398 MW. A instalação desta capacidade, na forma de usinas conforme o projeto de referência descrito no Anexo “Usina Termelétrica a Biomassa Residual de Referência”, representaria um total de 6.800 postos de trabalho diretos.

A potência excedente, cerca de 2,1 GW, pode se viabilizar com o aumento do consumo de energia nos sistemas isolados ou com a conexão dos Sistemas Isolados aos SIN.

A remuneração da biomassa pelo custo do diesel para o gerador nos Sistemas Isolados, resulta em um preço de R\$ 450/t. Entretanto, nessa opção, a viabilidade econômica é comprometida, pois resulta em um aumento dos custos de geração, além da perda de arrecadação com o diesel.

Caso se adote, como referência, os preços de lenha de extrativismo na região, cujo valor mais alto em 2016 foi de R\$ 81/t de lenha, observa-se uma potencial redução dos custos de geração de cerca de R\$ 550 milhões de reais ao ano, mesmo mantendo a arrecadação equivalente ao consumo de diesel.

Adotando-se o preço médio da madeira em tora ou o custo de importação do diesel, e mantendo a arrecadação incidente sobre o diesel evitado, praticamente se anula o benefício econômico. Há que se pesar que atualmente o diesel é importado, e sua substituição por uma fonte nativa é desejável do ponto de vista nacional.

O potencial de biomassa lenhosa residual na região amazônica é enorme. Mas em grande parte depende de atividade madeireira ainda a se desenvolver, tanto para o manejo florestal sustentável, quanto para a industrialização das toras.

A remuneração desta biomassa para uso energético pode ser mais atraente, em alguns casos, que o próprio mercado madeireiro, conforme se verifica pelo preço médio pago pela madeira de extrativismo. Entretanto, a necessidade de remunerar o investimento e operação da usina a biomassa, e a carga de impostos e tributos pode reduzir significativamente a margem da atividade.

Em especial, a arrecadação estadual de ICMS sobre o diesel constitui uma receita importante, que possivelmente os estados desejem manter. Uma análise mais profunda dos custos de geração com diesel e com biomassa, e dos impactos econômicos da substituição de fontes energéticas é necessária para refinar a percepção dos benefícios e barreiras.

8.2. Sobre o Aproveitamento da Biomassa Residual de Serrarias na Área do SIN

Foi estimado um potencial de cerca de 633 MW de capacidade instalada de biomassa residual do processamento de madeira em tora, concentrada nos estados da região sul, São Paulo e Minas Gerais. Esta energia pode ser gerada de forma distribuída, resultando em benefícios para o Sistema Elétrico.

A implantação de todo este potencial em usinas de 1 MW poderia gerar cerca de 10.761 empregos diretos na sua operação e manutenção, considerando 17 postos de trabalho por usina termelétrica a biomassa (Ver Tabela 20 do Anexo “Usina Termelétrica a Biomassa Residual de Referência”).

As oportunidades de comercialização desta energia incluem os leilões no ambiente regulado, os leilões de geração distribuída e a compensação via geração compartilhada. Os preços pagos pela energia nos leilões do ambiente regulado tendem a ser inferiores aos dos leilões de geração distribuída específicos para a fonte biomassa residual, que atualmente é de R\$ 349/MWh. Na geração compartilhada, a referência para remuneração é o preço pago pelos consumidores, da ordem de R\$ 800/MWh.

REFERÊNCIAS

BARRETO, E. J. F (Coord.). **Combustão e Gaseificação de Biomassa Sólida**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. 193 p. (Soluções energéticas para a Amazônia). Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/863>. Acesso em: 26 abr. 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 406. 2009**. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável- PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=597>. Acesso em: 15 mai. 2018.

BRAZ, R. L.; NUTTO, L.; BRUNSMEIER, M.; BECKER, G.; SILVA, D. A. **Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia – uma análise da cadeia produtiva**. Journal of Biotechnology and Biodiversity, Vol. 5, N.2: pp. 168-181, May, 2014. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/download/1216/8099/>. Acesso em: 26 abr. 2018.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Resultado Consolidado dos Leilões de Energia Elétrica por Contrato**. 2018.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional – Ano Base 2016**. 2017.

HIGA, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. **Varição da densidade básica da madeira de Pinus elliottii var elliottii e Pinus taeda**. IPEF (Atual Scientia Forestalis) n.7, p.79-91, 1973. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr07/cap03.pdf>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura para o ano de 2016**. Consultado através do sítio da internet: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs>. 2017.

IMAZON. **Expansão madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará**/ Editado por Ana Cristina Barros e Adalberto Veríssimo. Belém: Imazon, 2002. Disponível em: imazon.org.br/PDFimazon/.../livros/a-expansao-madeireira-na-amazonia-impactos-e.pdf. Acesso em: 26 abr. 2018.

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. **Aproveitamento energético dos resíduos industriais de madeira provenientes do manejo florestal sustentável no Noroeste do Estado de Mato Grosso - Relatório Final**. Janeiro de 2003.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2 – Energia. Capítulo 2 – Combustão Estacionária**. 2006.

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. [coordenação Augusto Rabelo Nahuz]. -- São Paulo. 2013.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Plano Anual de Operação dos Sistemas Isolados para 2018 (PEN SISOL 2018)**. 2017.

PAIXÃO, C. P. S.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. **Produção e destinação dos resíduos gerados em serrarias no município de Rolim de Moura-RO**. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, v. 3, n. 1, p. 47-56, 2014. Disponível em: www.periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/view/1181/0. Acesso em: 26 abr. 2018.

RIBEIRO, F. de A. & ZANI, J. **Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de Eucalyptus spp**. Revista IPEF (Atual Scientia Forestalis) - Edição Nº 46. Jan-Dez de 1993. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr46/cap06.pdf>

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. **Emissões totais**. Disponível em: http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acessado em 2018.

SILVA, J. L. P. **Aproveitamento de resíduos da indústria madeireira para geração de energia elétrica – o caso da empresa B. K. Energia Itacoatiara Ltda. no estado do Amazonas**. Trabalho de especialização em Gestão da Indústria Madeireira. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: www.acervodigital.ufpr.br/.../JOSE%20LAZARO%20PINHEIRO%20DA%20SILVA.... Acesso em: 26 abr. 2018.

WIECHETECK, M. Projeto PNUD BRA 00/20: Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental. Sumário Executivo: **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Curitiba, 2009. 40 p. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/164/publicacao/164_publicacao10012011033501.pdf. Acesso em: 26 abr. 2018.

SFB – Serviço Florestal Brasileiro. **Plano Anual de Outorga Floresta (PAOF) 2018**. Brasília – DF. Disponível em: www.florestal.gov.br/publicacoes/1148-plano-anual-de-outorga-florestal-paof-2018. 2017.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Agricultura e Preservação Ambiental**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/car>. Acessado em 30 de julho de 2018.

ANEXOS

Usina Termelétrica a Biomassa Residual de Referência

A usina termelétrica de referência foi modelada como sendo um empreendimento integrado a uma unidade de industrialização de toras de madeira ou a um polo madeireiro, realizando cogeração de energia, ou seja, geração simultânea de energia térmica e de energia elétrica, para usos subsequentes. Assume-se que a planta opera em 80% do tempo no ano, correspondente ao Fator de Capacidade. Este modelo busca representar um parque de pequenas centrais termelétricas à biomassa residual para permitir estimativas do potencial de oferta de energia elétrica.

Empreendimentos termelétricos associados ao beneficiamento de madeira em tora de produzida por manejo florestal na Amazônia, utilizam como combustível o resíduo florestal lenhoso e o resíduo do processamento das toras.

Para o caso de empreendimentos baseados na atividade madeireira com florestas plantadas, considera-se apenas o resíduo do beneficiamento.

O vapor gerado na caldeira é direcionado para uma turbina de condensação e extração acoplada a um gerador elétrico. Uma parte do vapor é extraído para ser utilizado na estufa. O restante percorre toda a turbina, e é sugado pelo condensador à vácuo.

O rendimento termelétrico, relação entre a energia elétrica gerada e a energia química liberada pelo combustível, é função da pressão e da temperatura do vapor na entrada, na extração e na saída da turbina, e da quantidade de vapor extraído. Estes parâmetros são específicos de cada projeto, o que inclui a serraria, a secagem da madeira, o mercado local de eletricidade e a própria termelétrica. Em INEE (2003), este rendimento é de cerca de 12%, e o excedente de energia elétrica comercializável é dimensionado para o escopo daquele estudo. Consequentemente, apenas 37% de todo resíduo gerado é usado como combustível, considerando apenas o resíduo da serraria.

Neste documento, pretende-se consumir toda a biomassa residual disponível, inclusive a produzida no manejo florestal no campo. Desta forma uma quantidade maior de vapor será destinada apenas à geração elétrica, em relação à quantidade extraída para aquecimento. Assim o rendimento termelétrico deverá ser maior, de 15%.

A energia térmica do vapor extraído da turbina é utilizada em estufas para secagem da madeira, o que agrega valor ao produto. Considera-se que 100% da madeira serrada é enviada para a estufa. Nesta condição, o consumo específico de vapor, a 8,7 bar de pressão, é de

0,9 t vapor/m³ de tora processada, ou 0,6³⁵ MWh térmicos/m³ tora (INEE, 2003). O condensado da estufa, a 90°C retorna para o tanque que alimenta a caldeira.

Parte da energia elétrica gerada é consumida pela unidade ou polo madeireiro, com um consumo específico de 72,4 kWh/m³ de tora processada (INEE, 2003).

Nas condições da termelétrica de referência, a geração de energia elétrica total é de 520 kWh/m³ de tora processada (542 kWh/t combustível) e a energia exportável é de 447 kWh/m³ de tora (466 kWh/t combustível). O rendimento global da cogeração é de 35%.

A Figura 11 apresenta o fluxograma da termelétrica de referência integrada ao processamento e secagem da madeira. Os parâmetros técnicos do modelo são dados na Tabela 19.

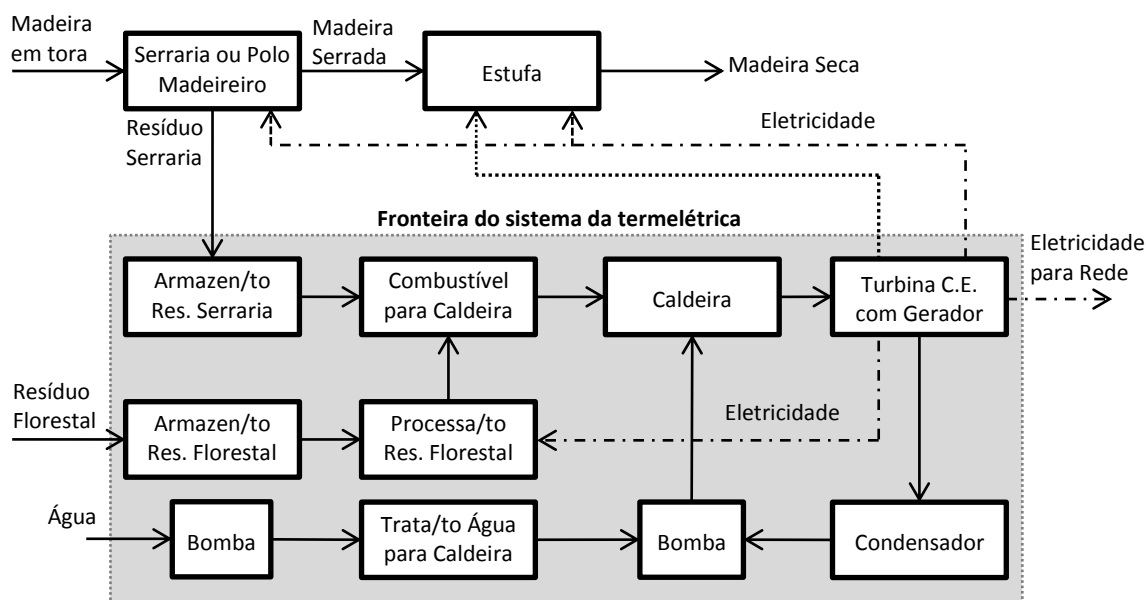


Figura 11 – Usina termelétrica de referência a biomassa, integrada à industrialização da madeira.

É importante alocar adequadamente o consumo de combustível entre os serviços energéticos realizados. Foi escolhido o método de alocação em base energética, tomando a energia térmica fornecida à turbina como referência. Deste modo, a estufa responde por 17% do consumo do combustível, o autoconsumo elétrico por 12% e a energia comercializada por 71%.

³⁵ Assumiu-se que o vapor é extraído para a estufa na condição de superaquecido a 8,7 bar e 200°C. Adicionalmente foi descontada a energia contida no condensado.

Tabela 19 - Parâmetros técnicos da usina de referência.

Parâmetros	Valor	Unidade
Processamento da madeira e do resíduo do manejo		
Densidade básica da tora	0,8	t/m ³
Fator de geração de resíduos no processamento	50%	
Resíduo do processamento	0,4	t resíduo serraria/m ³ tora
Fator de geração de resíduos no manejo florestal	100%	
Resíduo do manejo	0,8	t resíduo manejo/m ³ tora
Consumo interno específico de energia		
Eletricidade	0,072	MWh-e/m ³ tora
Vapor	0,89	t vap ext/m ³ tora
	0,61	MWh-t vap ext/m ³ tora
Cogeração		
Fator de Capacidade	80%	
Total de resíduos	1,2	t res total/m ³ tora
Fator de aproveitamento do resíduo	80%	
Disponibilidade específica de resíduos (Combustível)	0,96	t comb (=res disp)/ m ³ tora
Geração específica de vapor para estufa	0,93	t vap ext/t comb
	0,63	MWh-t vap ext/t comb
Poder Calorífico Inferior do combustível	3,61	MWh-t bio/t bio
Geração elétrica potencial por m ³ tora	0,520	MWh-e elet total/m ³ tora
Geração elétrica potencial por t de combustível	0,542	MWh-e elet total/t comb
Consumo específico de combustível	1,85	t comb/MWh-e elet total
Rendimento global cogeração	33%	
Rendimento termelétrico	15%	
Excedente de energia elétrica		
Geração elétrica excedente por m ³ tora	0,447	MWh-e elet exc/m ³ tora
Geração elétrica excedente por t de combustível	0,466	MWh-e elet exc/t comb
Alocação do combustível com base na energia do vapor de alta		
Estufa	17%	
Autoconsumo elétrico	12%	
Comercialização de energia	71%	

Geração de empregos diretos pela Usina Termelétrica

Tanto na construção, como na operação da usina termelétrica, cria-se uma demanda de mão de obra com variado nível de qualificação, conforme mostra a Tabela 20. A mão de obra demandada na fase de implantação é temporária. Mas com uma demanda firme de projetos em cada região pode-se esperar um mercado de trabalho sólido para estes profissionais e para empresas. Os empregos fixos diretos somam 17 por usina.

Tabela 20 – Demanda de mão de obra direta na implantação e na operação e manutenção da usina termelétrica (INEE, 2003).

Demanda de mão-de-obra direta na implantação		
Nível	Formação	Quant.
Superior	Engenheiro Eletricista	2
Superior	Engenheiro Mecânico	2
Superior	Engenheiro Civil	2
Superior	Engenheiro Eletrônico	2
Médio	Projetista	5
Médio	Desenhista	6
Médio	Eletrotécnico	3
Médio	Civil	2
Médio	Mecânico	4
Médio	Eletrônico/Automação	2
M.O. Qualificada	Eletricista	12
M.O. Qualificada	Caldeireiro	6
M.O. Qualificada	Soldador	7
M.O. Qualificada	Pedreiro	8
M.O. Qualificada	Pintor	3
M.O. Qualificada	Encanador	2
M.O. Qualificada	Isolador	2
M.O. Qualificada	Armador	3
M.O. não-Qualificada	Servente	43
Total		116
Demanda de mão de obra direta na operação e manutenção		
Nível	Formação	Quant.
Superior	Engenheiro Mecânico	1
Médio	Técnico Mecânico	4
Médio	Técnico Eletrotécnico	4
Médio	Técnico Operador	8
Total		17

Balanco Nacional da Oferta de Óleo Diesel

O Brasil não produz todo o óleo diesel que consome, o que leva à necessidade de importação de um volume significativo, que chegou a 19% do consumo interno total (Geração Elétrica e Consumo Final) em 2014, e registrou 16% em 2016, de acordo com dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2017), como mostra a Tabela 21.

Tabela 21 – Produção, importação, geração elétrica e consumo final de diesel, em 1.000 m³.

Fluxo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção	41.429	42.891	45.576	49.168	49.302	49.059	44.804
Importação	9.007	9.333	9.719	10.024	11.275	6.940	8.469
Geração Elétrica	2.430	2.405	3.006	3.020	3.704	2.754	1.340
Consumo Final	46.711	48.865	51.838	54.764	55.671	52.808	50.818
Import./Cons.	18%	18%	18%	17%	19%	12%	16%

De acordo com os dados registrados no Sistema AliceWeb do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), os custos de importação de óleo diesel acumulados neste período somam 48 bilhões de dólares FOB (moeda corrente), conforme mostra a Tabela 22.

Tabela 22 – Custos com importação e volumes de óleo diesel, de 2010 a 2017. (MDIC, 2018)

Ano	US\$ FOB	US\$ FOB Acumulado	Quantidade (m ³)	Acumulado (m ³)
2010	5.131.831.766	5.131.831.766	9.156.621	9.156.621
2011	7.421.521.500	12.553.353.266	9.460.750	18.617.371
2012	6.573.719.918	19.127.073.184	8.102.598	26.719.969
2013	8.284.785.484	27.411.858.668	10.479.995	37.199.964
2014	8.724.821.352	36.136.680.020	11.523.795	48.723.759
2015	3.415.147.205	39.551.827.225	7.096.871	55.820.630
2016	2.896.816.213	42.448.643.438	8.129.774	63.950.404
2017	5.622.448.833	48.071.092.271	13.291.114	77.241.518

A Tabela 23 apresenta os custos unitários da importação de óleo diesel. Em 2017, o metro cúbico de diesel teve um custo de US\$ FOB 423,02/m³, o equivalente a R\$ FOB 1.350,25/m³.

Tabela 23 – Custo unitário do diesel, em US\$ FOB/m³ e R\$/m³, moeda corrente.

Ano	Custo Unitário (US\$ FOB/m ³)	Taxa de câmbio*	Custo Unitário (R\$ FOB/m ³)
2010	560,45	1,7585	985,55
2011	784,45	1,6739	1.313,10
2012	811,31	1,9544	1.585,62
2013	790,53	2,1599	1.707,47
2014	757,11	2,3541	1.782,32
2015	481,22	3,3381	1.606,36
2016	356,32	3,4827	1.240,96
2017	423,02	3,1919	1.350,25

* Taxa de câmbio - Livre - Dólar americano (compra) - Média de período - anual - u.m.c./US\$.

Fonte: BCB-DSTAT.

Municípios com os 10 maiores potenciais de geração elétrica a biomassa de resíduos de serraria nos estados de RS, SC, PR, SP e MG

Os municípios dos estados de RS, SC, PR, SP e MG que apresentam os maiores potenciais de geração a biomassa residual de serrarias somam 275 MW dos 633 MW do total, cerca de 40%. A Tabela 24 apresenta estes dados.

Tabela 24 – Produção de madeira, geração de resíduos do processamento, geração elétrica e capacidade instalada potencial, 10 municípios com maior potencial, em RS, SC, PR, SP e MG.

UF	Madeira em tora (1.000 m ³)	Resíduos do Process. (1.000 t)	Geração Elétrica (GWh)	Capacidade Instalada (MW)
PR (10 maiores)	7.226	1.221	661	94
General Carneiro	1.200	203	110	16
Cerro Azul	991	167	91	13
Sengés	966	163	88	13
Cruz Machado	905	153	83	12
Bituruna	755	128	69	10
Lapa	540	91	49	7
Rio Negro	498	84	46	7
Cândido de Abreu	491	83	45	6
Tunas do Paraná	479	81	44	6
Rio Branco do Sul	402	68	37	5
SP (10 maiores)	5.506	931	504	72
Botucatu	1.101	186	101	14
Itatinga	1.059	179	97	14
Itapetininga	760	128	70	10
Lençóis Paulista	634	107	58	8
São Miguel Arcanjo	446	75	41	6
Agudos	378	64	35	5
Joanópolis	339	57	31	4
Angatuba	279	47	26	4
Capão Bonito	278	47	25	4
Avaré	233	39	21	3
MG (10 maiores)	2.908	492	266	38
Olhos-d'Água	524	89	48	7
Estrela do Sul	496	84	45	6
Uberaba	439	74	40	6
Nova Ponte	322	54	29	4
Morro da Garça	265	45	24	3
Uberlândia	227	38	21	3
Buritizeiro	196	33	18	3
Abaeté	162	27	15	2
Martinho Campos	141	24	13	2
Itamarandiba	137	23	13	2

Continuação Tabela 24.

UF	Madeira em tora (1.000 m ³)	Resíduos do Process. (1.000 t)	Geração Elétrica (GWh)	Capacidade Instalada (MW)
RS(10 maiores)	2.904	491	266	38
Cambará do Sul	601	102	55	8
Tabaí	502	85	46	7
Cachoeira do Sul	316	53	29	4
São Francisco de Paula	290	49	27	4
Taquari	266	45	24	3
Triunfo	265	45	24	3
São José do Norte	222	37	20	3
General Câmara	162	27	15	2
Paverama	160	27	15	2
Rio Grande	122	21	11	2
SC (10 maiores)	2.511	424	230	33
Campo Alegre	357	60	33	5
São Bento do Sul	330	56	30	4
Rio Negrinho	308	52	28	4
Caçador	252	43	23	3
Timbó Grande	251	42	23	3
Campo Belo do Sul	246	42	23	3
Lages	224	38	21	3
Campos Novos	187	32	17	2
Calmon	180	30	16	2
Ponte Serrada	177	30	16	2
Total (10 maiores)	21.056	3.558	1.927	275