

DESENVOLVIMENTO LOCAL ATRAVÉS DE IMPLANTAÇÃO DE USINA TERMOELÉTRICA A BIOMASSA

Bernardo de Almeida Villanueva¹
Anderson Catapan¹
Rogério Allon Duenhas¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná

DOI: 10.47168/rbe.v29i1.705

RESUMO

No sistema elétrico brasileiro predominam unidades centralizadas de geração de energia elétrica, porém tem se tornado mais atraente a geração próxima aos consumidores. A lenha e seus resíduos estão entre os mais conhecidos tipos de biomassa e esta é considerada uma fonte renovável. A indústria madeireira gera uma série de resíduos que são adequados à geração de energia elétrica. O município de Tunas do Paraná é um dos polos paranaenses de extração e beneficiamento de madeira de reflorestamento. Há um projeto em andamento para implantação de uma usina termoeletrica no município, e o objetivo deste artigo é estimar os impactos positivos que tal iniciativa traria. Verificou-se que a construção do empreendimento criará 116 empregos temporários, aumentando em mais de 10% o estoque de postos de trabalho formais do município e, posteriormente, gerará mais empregos definitivos. O investimento no empreendimento tende a ter grande impacto na economia do município, visto que será de cerca de 25% do PIB anual municipal. Por fim, haverá impacto na qualidade do serviço elétrico no município, contribuindo na melhoria de tensão e corrente, diminuição de interrupções de serviço e redução da necessidade de investimentos.

Palavras-chave: Energia renovável; Biomassa; Desenvolvimento local.

ABSTRACT

In the Brazilian electric system, centralized electric power generation units predominate, but generation close to consumers has become more attractive. Firewood and its residues are among the most known types of biomasses and are a renewable source of energy. The wood industry generates a set of wastes that is suitable for electricity generation. The

city of Tunas do Paraná is one of Paraná's poles for extracting and processing reforestation wood. There is an ongoing project to implement a thermoelectric power plant in the city and the purpose of this article is to estimate the positive impacts that such an initiative would bring. The research pointed out that the construction of the project will create 116 temporary jobs, increasing the stock of formal jobs in the municipality by more than 10% and, subsequently, it will generate more permanent jobs. The investment in the project tends to have a significant impact on the municipality's economy, as it will be around 25% of the municipal annual GDP. Finally, there will be an impact on the quality of city's electric service, contributing to the improvement of voltage and current, reducing service interruptions and reducing the need for investments.

Keywords: Renewable energy; Biomass; Local development.

1. INTRODUÇÃO

A questão energética apresenta um papel de destaque na busca pelo desenvolvimento sustentável através da busca de fontes que possam substituir o uso de combustíveis fósseis (LIRA et al., 2019).

Como parte do compromisso de atingir as diretrizes para mitigar as causas da mudança climática, estabelecidas através do Acordo de Paris, o Brasil se comprometeu com a meta de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE), sendo um dos objetivos expandir o uso doméstico de fontes não fósseis de energia, aumentando a parcela de energias renováveis (além da energia hídrica) no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030 (IEMA, 2018).

Atualmente, as tecnologias denominadas como mais limpas indicam uma possível alternativa para a contemporânea estrutura de geração e consumo de energia, que ameaça a qualidade da vida no planeta, porém não basta a existência das tecnologias, sendo necessárias mudanças estruturais nos sistemas energéticos para alterar rumos dessas transformações (D'AVIGNON, 2010).

No sistema elétrico brasileiro predominam unidades centralizadas de geração de energia elétrica, de base hidrotérmica, porém fatores como a distância entre as unidades geradoras e os centros de consumo, e os impactos socioambientais gerados na construção de novos projetos, têm tornado mais atraente a geração de energia descentralizada, ou seja, nos próprios centros urbanos, próxima aos consumidores (GIROTTI; MARINS; LARA, 2019).

Além disso, grande parte do potencial hidrelétrico nacional está disponível em regiões sensíveis, tanto em termos ambientais quanto sociais, o que leva o país a um contexto de insegurança energética visto que a geração de eletricidade é altamente dependente de algumas fontes, o que leva à necessidade de se repensar esse modelo, com

foco na diversificação e descentralização da matriz elétrica nacional (SCHNEIDER; JAPP, 2021).

Após um longo período de estabilidade tecnológica no qual predominou a geração hidrelétrica, houve grandes transformações no setor elétrico brasileiro que, seguindo a tendência global do setor, abre um espaço cada vez maior para novas tecnologias de geração distribuída (BAJAY et al., 2018).

A geração distribuída tem como característica a instalação de geradores de pequeno porte, em geral a partir de fontes renováveis, em locais próximos ao consumo de energia elétrica, modelo que pode apresentar várias vantagens para o sistema elétrico, como a postergação de investimentos em expansão dos sistemas de distribuição e transmissão; o reduzido impacto ambiental; melhores níveis de tensão da rede no período de carga pesada; e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2016).

A geração elétrica próxima do consumidor era a regra no início do século XX, porém, a partir da década de 1940, o custo da geração em centrais de grande se mostrou mais barato, reduzindo o interesse dos consumidores pela Geração Direta, o que mudou nos anos 1980, com o fim do monopólio da geração elétrica, incentivando o desenvolvimento de tecnologias, com visíveis resultados na redução de custos (INEE, 2020b).

No ano de 2012, através da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, foi possibilitado ao mercado a opção de injeção de energia elétrica na rede da concessionária, que se torna crédito de energia e que pode, posteriormente, ser compensada na fatura de energia do consumidor (WEIRICH et al., 2022). É necessário destacar que a criação do sistema de geração distribuída objetiva não apenas diversificar as fontes de energia, mas acima de tudo, fomentar a descentralização das fontes geradoras, visando desonerar as redes de transmissão e distribuição, o que se dá pelo fato de o Brasil ter proporções continentais, tornando a transmissão da eletricidade um grande desafio por seu respectivo custo de implementação, manutenção e perdas (SILVA; CAPELHUCHNIK, 2022).

Quanto à classificação das iniciativas, a microgeração distribuída refere-se a uma central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 quilowatts (kW), ao passo que a minigeração distribuída diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 megawatts (MW), para a fonte hídrica, ou 5 MW para as demais fontes (ANEEL, 2016).

Dentre as principais fontes alternativas adotadas estão a solar, a eólica, e a biomassa, sendo o Brasil um país com grande possibilidade para a utilização da biomassa energética (SORDI; SOUZA; OLIVEIRA, 2005).

A lenha e seus resíduos; os resíduos gerados pelas culturas agrícolas, agroindústrias e criação animal; florestas energéticas; e resíduos sólidos municipais são os mais conhecidos tipos de biomassa e esta é considerada uma fonte de energia renovável, pois sua reposição na natureza é de baixa complexidade e de curto prazo, comparada aos combustíveis fósseis (SORDI; SOUZA; OLIVEIRA, 2005).

Nas atividades rurais, a biomassa é gerada nos segmentos agrícola, pecuarista e florestal, diretamente, e em suas respectivas indústrias, de forma distinta do que ocorre com os recursos energéticos de origem mineral, como o carvão, o petróleo, o gás natural e o urânio, que possuem reservas físicas limitadas (TOLMASQUIM, 2016).

Grandes quantidades de madeira e resíduos sólidos de biomassa que não são utilizados têm potencial como fonte de energia, e as árvores e outras formas de biomassa podem agir como sumidouros de carbono. Deve ser planejado, também, o uso da biomassa como fonte combustível para substituir as energias fósseis, ou ainda como produtos de madeira de vida longa (VAN LOO; KOPPEJAN, 2008).

A atividade florestal pode ser dedicada à produção de biomassa para aproveitamento energético ou, ainda, ter sua produção voltada à outra finalidade, porém gerando biomassa como subproduto que pode ter aproveitamento energético (TOLMASQUIM, 2016).

O setor de árvores cultivadas está presente em mais de 1.000 municípios de todo o Brasil, tendo um papel relevante ao levar emprego e renda sobretudo a locais afastados de grandes centros, e, através de sua expansão, produzindo efeito positivo nas localidades ao impulsionar atividades e serviços e estimular a criação de novos negócios par atender aos profissionais que atuam no setor, se tornando, desta forma, um fator dinâmico essencial para as economias locais nas mais diferentes regiões do país (IBÁ, 2022).

O município de Tunas do Paraná compõe a Região Metropolitana de Curitiba, com uma população aproximada de 9.000 pessoas, sendo o rendimento mensal médio de dois salários-mínimos (IBGE, 2020). É um dos polos paranaenses de extração e beneficiamento de madeira de reflorestamento (pinus e eucalipto), o que gera diversos tipos de resíduos que podem ser, entre outros, utilizados como energia no setor industrial (RASOTO; GOMES, 2011).

A indústria madeireira gera uma série de resíduos, como serragem, cavaco e cascas, os quais podem ser utilizados como combustíveis para geração de energia elétrica. Há um projeto em andamento para implantação de uma usina termoeletrica no município de Tunas do Paraná, o que, considerando o perfil do município, tende a trazer importantes retornos à localidade. O uso de recursos naturais e rejeitos que se tornariam um passivo ambiental apresenta uma série de benefícios à sociedade (WEIRICH et al., 2022).

O município de Tunas do Paraná tem grande potencial de geração de eletricidade através da biomassa (resíduos) de sua indústria madeireira e extrativista, ao passo que possui baixo percentual de pessoal ocupado. Desta forma, o problema de pesquisa é: Quais os potenciais ganhos econômicos para o município de Tunas do Paraná com a implantação de uma usina termoeleétrica a biomassa?

O artigo tem como contribuição prática a apresentação de um modelo de usina termoeleétrica a biomassa e a demonstração dos efeitos multiplicadores gerados em uma localidade, o que pode servir como referência para outros estudos, ou mesmo projetos similares. A contribuição teórica consiste no agrupamento de teorias relativas às usinas termoeleétricas movidas a biomassa e o viés sustentável que tal tipo de projeto apresenta. Assim, o objetivo deste artigo é, a partir do projeto de implantação da usina, estimar os impactos positivos que tal iniciativa traria para o município de Tunas do Paraná.

Para tal, serão utilizados dados econômicos da RAIS, do PIB, entre outros, além das características do projeto e expectativas de geração de renda e emprego tanto na fase de construção quanto na de operação da usina, para se estimar os potenciais impactos para o município.

2. METODOLOGIA

O município de Tunas do Paraná tem grande potencial de geração de energia elétrica através da biomassa (resíduos) de sua indústria madeireira e extrativista, ao passo que possui baixo percentual de pessoal ocupado. Desta forma, o problema de pesquisa é: Quais os potenciais ganhos econômicos para o município de Tunas do Paraná com a implantação de uma usina termoeleétrica a biomassa?

O objetivo geral desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

- a) Estimar a geração de empregos na fase de execução do projeto e posterior operação da usina;
- b) Projetar alteração no cenário econômico do local com base nos dados anteriores de PIB, entre outros;
- c) Estimar ganhos indiretos para o município através da comparação com outras experiências;
- d) Emitir parecer quanto aos impactos estimados.

A metodologia utilizada consiste em uma pesquisa documental combinada ao acesso a bases de dados governamentais que permitem verificar dados econômicos, permitindo, desta forma, uma avaliação dos impactos econômicos e sociais estimados com a criação da usina.

3. PROJETO: CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES

O projeto em questão foi desenvolvido pela empresa InovEnergy, e cedido ao autor para desenvolvimento deste estudo, com autorização da indústria.

O empreendimento é denominado de Usina Termoelétrica Maracanã (UTE Maracanã). O escopo começou a ser discutido no ano de 2016, através da verificação do potencial termoelétrico existente em uma das indústrias madeireiras do município de Tunas do Paraná, denominada Madeireira Maracanã.

Na indústria há uma série de equipamentos e maquinários utilizados para separar, transportar e processar a madeira, com destaque para uma caldeira que atua com pressão de 10 bar, tendo como principal finalidade realizar a secagem da madeira em seis estufas, tendo como combustível a serragem produzida pela madeireira. A unidade industrial possui elevado consumo elétrico, sendo atendida com uma linha de média tensão da concessionária local, a Companhia Paranaense de Energia Elétrica.

A biomassa pode ser convertida em energia útil (calor ou eletricidade) tanto por tecnologias termoquímicas de conversão quanto bioquímicas (VAN LOO; KOPPEJAN, 2008). Entre os processos de conversão está a combustão direta, processo no qual se realiza a queima de biomassa para produzir calor para o aquecimento de ambientes, ou para a produção de eletricidade através de uma turbina de vapor, podendo resíduos sólidos e sobras de colheitas servir como combustível (HINRICHS; KLEINBACH; DOS REIS, 2014). A usina termoelétrica seria configurada conforme esquema apresentado na Figura 1.

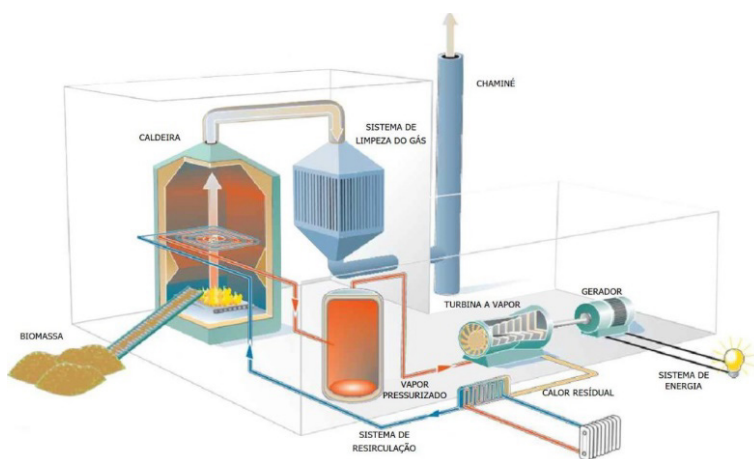


Figura 1 – Configuração esquemática da usina termoelétrica a biomassa

O ciclo a vapor é uma antiga tecnologia de geração de eletricidade, sendo utilizada uma turbina a vapor. Para a geração de vapor há a queima de um combustível, como óleo combustível, óleo diesel, carvão, gás natural ou biomassa (TOLMASQUIM, 2016).

No caso da UTE Maracanã, o combustível que será utilizado no processo será composto pelos resíduos decorrentes do processo produtivo da madeireira, quais sejam: Cavaco Limpo (3.000 t/mês), Casca (300 t/mês) e Resíduo de Toras (4.500 t/mês), montantes que podem ser complementados através da compra de cavaco sujo disponível na região.

Uma das alternativas de geração através de biomassa é a chamada biomassa dedicada, ou seja, a utilização de florestas plantadas exclusivamente para a produção de energia elétrica (IEMA, 2018). Este tipo de operação, além dos custos decorrentes da produção da madeira, os quais também são incorridos no processo da Madeireira Maracanã, apresenta custos relativos ao processamento.

A maior fonte de bioeletricidade no Brasil, atualmente, é o bagaço das usinas de açúcar e etanol, geração que ocorre majoritariamente durante o período da safra e, conseqüentemente, é uma operação sazonal, o que não ocorre nas usinas movidas a madeira de floresta plantada, nas quais é possível se ter disponibilidade de combustível o ano todo (TOLMASQUIM, 2016).

No caso específico da Usina Termoelétrica Maracanã, se utilizará como principal combustível o resíduo industrial composto por cavaco de madeira, serragem verde, casca e resíduos de toras, todos provenientes de processos produtivos internos, o que representa um diferencial econômico. Além disso, o tipo de resíduo a ser utilizado como combustível é abundante na região, visto ser esta a principal atividade econômica do município.

Como vantagens para a localização indicada, além das estruturas existentes de propriedade da Madeireira Maracanã, estão a distância de grandes aglomerados populacionais, minimizando os impactos de ruídos e vibrações; as características topográficas e o regime de ventos, que se mostram favoráveis à dispersão das emissões atmosféricas; e a facilidade na logística de materiais, minimizando custos.

A UTE Maracanã será conectada à rede da Companhia Paranaense de Energia Elétrica, visando valer-se do mecanismo de autoconsumo e geração distribuída, estando a uma distância de 6 km do ponto de conexão projetado, pertencente à Subestação Tunas da COPEL.

3.1 Configurações da usina a ser implementada

No estudo de viabilidade foram avaliadas cinco alternativas dis-

tintas de configuração da usina. A escolha foi por uma configuração que permita a geração de vapor a 42 bar e 420°C.

Para o sistema de cogeração foram mantidas as características de fornecimento de vapor que atendam a utilização atual da madeira, sendo elas pressão de 10 bar e fluxo de vapor de 7 t/h. Foi considerada uma extração de vapor na turbina, de modo a aumentar a eficiência do sistema.

O layout projetado, conforme pode ser observado na Figura 2, foi elaborado com o intuito de preservar a independência dos sistemas existentes, mantendo certa distância das principais atividades de produção da madeira, mas com relativa proximidade do silo central de armazenamento de resíduos, facilitando assim o transporte.

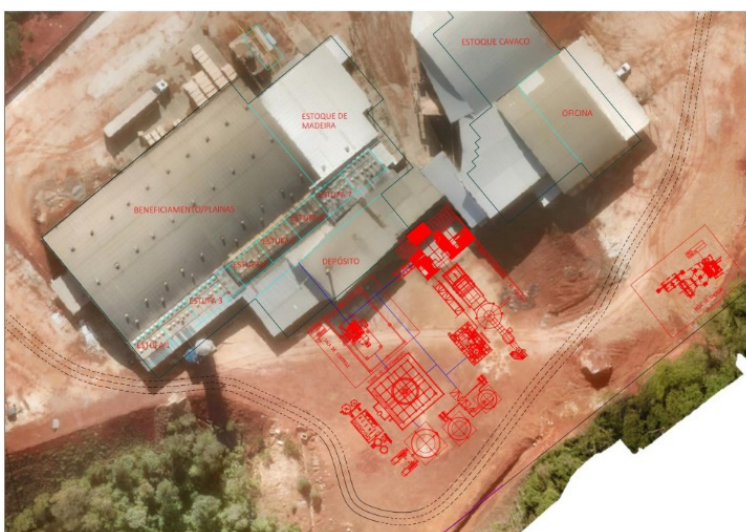


Figura 2 – Layout preliminar da usina

Para que um empreendimento movido à biomassa seja economicamente viável, é importante que a central fique próxima da geração de resíduos e que sua potência seja compatível com o volume de resíduos disponíveis (RENDEIRO et al., 2008).

Considerando esta premissa foi dimensionada uma UTE com potência instalada de 5 MW. O empreendimento proposto será construído ao lado da planta industrial.

Algumas vantagens de realizar um investimento integrado entre a produção de biomassa e a geração de energia são a segurança no suprimento de combustível; ganhos quanto à carga tributária, pois não há venda da madeira; além de possíveis ganhos de logística (IEMA,

2018). Especificamente quanto ao ganho tributário, este se dá pois não há comercialização da biomassa.

Um dos maiores riscos relacionados a um empreendimento deste tipo são possíveis problemas de suprimento de biomassa, visto que o combustível é o insumo para a atividade e possui o maior impacto na composição do preço alvo (IEMA, 2018), o que no caso da UTE Maracanã não tende a ser um problema.

As características energéticas da configuração proposta são apresentadas na Tabela 1 (INOVENERGY, 2017).

Tabela 1 – Parâmetros da UTE proposta

Potência Térmica	19,00 MW
Potência Instalada	5,00 MW
Fator de Capacidade	95%
Energia Gerada por mês	3.467,50 MWh
Energia Gerada por ano	41.610,00 MWh
Quant. Média de material	222,55 t/dia
Quant. Média de material	6.676,64 t/mês

Na Tabela 2 (INOVENERGY, 2017) é apresentada a estrutura de custos para implantação da alternativa escolhida. O levantamento foi feito pela empresa InovEnergy, através de valores reais de mercado, em alguns casos orientados por fornecedores, e estimativas a partir de projetos semelhantes e de mesmo porte.

Tabela 2 – Orçamento para implantação da UTE proposta

Nº	Equipamentos / estruturas / serviços	Parcela	Custo (R\$)
1	Pátio de biomassa	5,99%	R\$ 1.580.000,00
2	Caldeira, tanque de condensado, desaerador e acessórios	34,86%	R\$ 9.200.000,00
3	Turbina, redutor, sistema de condensação, sistema de vácuo e acessórios	21,22%	R\$ 5.600.000,00
4	Gerador, painéis, cubículos, sistema de exportação de energia, transformadores, sistema de automação e acessórios	11,18%	R\$ 2.950.000,00
5	Materiais mecânicos	3,08%	R\$ 812.450,00
6	Materiais elétricos e instrumentação	2,98%	R\$ 787.000,00
7	Compressor/Reservatório de ar comprimido	0,21%	R\$ 55.000,00
8	Ponte rolante	0,46%	R\$ 121.500,00
9	Sistema de tratamento d'água	0,31%	R\$ 82.000,00
10	Tanque de produtos químicos	0,27%	R\$ 72.100,00
11	Obras civis	5,66%	R\$ 1.495.000,00

Tabela 2 – Orçamento para implantação da UTE proposta (cont.)

Nº	Equipamentos / estruturas / serviços	Parcela	Custo (R\$)
12	Linha de transmissão e conexão a concessionária	5,06%	R\$ 1.335.561,00
13	Coordenação e gerenciamento do projeto	1,23%	R\$ 324.000,00
14	Projeto civil básico, elétrico e mecânico	1,18%	R\$ 312.400,00
15	Projeto ambiental + taxas	0,74%	R\$ 195.000,00
16	Instalação elétrica e instrumentação (complementares)	2,60%	R\$ 685.000,00
17	Instalação mecânica (complementares)	2,63%	R\$ 694.000,00
18	Treinamento inicial	0,35%	R\$ 92.000,00
TOTAL		100,00%	R\$ 26.393.011,00

3.2 Forma de utilização da energia

No Brasil, a partir de 2012, qualquer agente pode gerar a própria eletricidade a partir de fontes renováveis conseguindo, paralelamente, reduzir o valor gasto com a conta, ao participar do sistema de compensação de energia. Até o ano de 2016, porém, essa possibilidade se restringia àqueles que dispunham de espaço físico e capital para adquirir os equipamentos, o que mudou após a publicação pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) da Resolução 687/2015, que passou a permitir outras modalidades na geração distribuída: em condomínios, consórcios e cooperativas (LIMA, 2018).

No modelo de geração distribuída compartilhada, múltiplos participantes compartilham custos e benefícios de um gerador único, ao invés de cada indivíduo instalar um gerador próprio em sua unidade consumidora, modalidade que abre a possibilidade de adoção da energia renovável em larga escala a nível comunitário e local (SCHNEIDER, 2020).

Entre as principais vantagens da geração distribuída, destacam-se: a redução das perdas que acontecem ao longo do transporte da energia, que passam de 12% na distribuição e ficam próximas de zero na GD; adiamento e/ou redução de gastos com a expansão da infraestrutura; diminuição da necessidade de bandeiras tarifárias; a não emissão anual de toneladas de CO₂; diversificação da matriz energética, aumentando a segurança energética do país (INEL; ABGD, 2021).

Há atualmente no Brasil quatro modalidades de geração distribuída de energia elétrica, as quais são detalhadas por Lima (2018):

1. autoconsumo remoto: a eletricidade e, por extensão, os créditos podem ser gerados em um local e a compensação do excedente pode ocorrer em outro, sendo pré-requisito que ambos os locais sejam atendidos pela mesma distribuidora de energia e o titular seja o mesmo;

2. geração em condomínios: um gerador fotovoltaico (FV) pode ser instalado tanto em condomínios verticais como horizontais, repartindo os créditos produzidos entre os condôminos. A modalidade se aplica tanto a condomínios residenciais quanto comerciais, porém todas as Unidades Consumidoras (UCs) devem estar localizadas na mesma propriedade, ou serem vizinhas (sem passar por vias públicas);

3. consórcio: consórcios de geração distribuída reúnem empresas que firmam um contrato, para se beneficiarem das vantagens do compartilhamento de recursos na implantação de um gerador FV, sendo possível, ainda, que, em conformidade com a Lei nº 11.795/2008, possam aderir ao Sistema de Compensação. Por não possuírem personalidade jurídica, considerar-se-á a administradora a titular da UC onde o gerador FV estiver instalado;

4. cooperativa: pode ser constituída por um grupo de pelo menos 20 pessoas, com o intuito de produzir a própria energia, que será distribuída na forma de créditos (em kWh) na conta de eletricidade entre os cooperados, em percentuais previamente aprovados por todos.

No caso da UTE Maracanã, utilizar-se-á o sistema de geração compartilhada, que, segundo a (ANEEL, 2016), caracteriza-se pela reunião de consumidores dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada. A UTE Maracanã será locada à Cooperativa Nex Energy, sendo os créditos distribuídos entre seus membros, e sendo a Madeireira Maracanã uma das associadas à cooperativa.

4. AS TERMOELÉTRICAS MOVIDAS A BIOMASSA

Em 2021, a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil era de 181,6 GW. Com relação às fontes utilizadas para geração, a energia hidroelétrica contribuía com mais de 55%, seguido de pouco mais de 13% de gás natural, 11% de eólica, cerca de 8% de biomassa e percentuais entre 2 e 3% para nuclear, carvão, derivados de petróleo, solar e outras fontes (BRASIL, 2022).

Questões relevantes, como as mudanças climáticas e os questionamentos às fontes fósseis de energia levaram, nas últimas décadas, a um crescimento do mercado de bioenergia, sendo um dos focos a criação de sistemas de energias sustentáveis, que se utilizam de resíduos diversos, reduzindo emissões de CO₂ em comparação a alter-

nativa existentes (CARVALHO et al., 2021).

O setor brasileiro de árvores plantadas, com uma área de aproximadamente 8 milhões de hectares, estoca 1,70 bilhão de toneladas de CO₂eq, além de outros 2,48 bilhões de toneladas de CO₂eq através de cerca de 6 milhões de hectares dedicados a Reserva Legal, Áreas de Proteção Permanente e outras áreas de conservação (IBÁ, 2018).

O Brasil produz grande quantidade de biomassa, porém os resíduos de biomassa gerados ainda são subutilizados, sendo frequentemente destinados à decomposição natural, deixando de aproveitar a energia neles contida e levando a relevantes passivos ambientais (MORAES et al., 2017). Esta abundante quantidade de biomassa disponível tem potencial para contribuir com a demanda da sociedade por energia (ARAUJO et al., 2022).

Conforme (HINRICHES; KLEINBACH; DOS REIS, 2014), há diversos processos para conversão de biomassa em diferentes formas de energia, os quais podem ser classificados em três tipos:

1. processos bioquímicos – decomposição de resíduos orgânicos em uma atmosfera deficiente em oxigênio, com a produção de gás metano (digestão anaeróbica), ou a fermentação controlada para a produção de álcoois;
2. combustão direta – queima de biomassa para produzir calor para o aquecimento de ambientes ou para a produção de eletricidade através de uma turbina de vapor. Diferentes biomassas (inclusive resíduos sólidos e sobras de colheitas a madeira) podem servir como combustível;
3. pirólise – decomposição térmica da biomassa em um gás ou líquido sob altas temperaturas (500°C a 900°C).

A biomassa florestal pode ser diferenciada em três grupos: a proveniente de florestas energéticas, os resíduos da gestão florestal, e, por fim, resíduos do processamento industrial da madeira, sendo que os resíduos se diversificam amplamente em função da forma de processamento das toras e do uso final, havendo, entretanto, a geração principalmente de serragem, aparas e cepilhos (SOUZA et al., 2012).

É tradicional no Brasil o uso de resíduos da indústria de base florestal para a geração de energia térmica, visando atender necessidades do processo produtivo. A partir do final da década de 1990 vêm crescendo iniciativas para o uso da biomassa florestal em sistemas de cogeração, inclusive com algumas empresas entrando no mercado tendo como objetivo a geração de energia, e não a manufatura de produtos da madeira (BRAND, 2007).

Entretanto, apesar do o setor tem como perfil principal empresas que não aproveitam seus resíduos e acabam por acumulá-los e

e não fazer um uso adequado destes (MORAES et al., 2017).

Basicamente, no caso da Madeireira Maracanã existem dois tipos de resíduos florestais:

1. aqueles que são gerados e encontrados na área de cultivo, sendo resultado das atividades de extração da madeira, o que inclui toras curtas ou rejeitadas por baixa qualidade e galhos;
2. resíduos obtidos na planta industrial que resultam das atividades de serraria e manuseio interno das toras.

O volume de resíduos é tão significativo que pode representar entre 40 e 60% da matéria-prima empregada na indústria, implicando não apenas perdas no volume de madeira, mas também gastos logísticos e ambientais para sua retirada do campo e recolhimento dentro da fábrica.

Considerando o processo produtivo da Madeireira Maracanã, é possível observar que se requer energia na forma de eletricidade e de calor do processo para prover a secagem do material que compõe as chapas de madeira. Dessa forma, a geração de energia a partir desse material é uma forma de viabilizar o uso dos resíduos e agregar valor econômico ao mesmo.

Desta forma, neste projeto pretende-se fazer uso da cogeração, que, segundo (HINRICHS; KLEINBACH; DOS REIS, 2014) é uma área na qual há grandes oportunidades para se economizar combustível, especialmente no setor industrial, consistindo basicamente na produção tanto de eletricidade como de calor útil por meio da mesma fonte de combustível.

5. TUNAS DO PARANÁ – PERFIL DO MUNICÍPIO

O município de Tunas do Paraná, integrante da Região Metropolitana de Curitiba, foi fundado no ano 1993, após um desmembramento do município de Bocaiúva do Sul, estando a 79 km de Curitiba e tendo uma população estimada em 9.022 pessoas no ano de 2020 (IPARDES, 2020).

O município compõe a denominada Mesorregião Vale do Ribeira-Guaraqueçaba, que foi definida pelo extinto Ministério da Integração Nacional como uma das mesorregiões que deveriam ser alvo de ações públicas intensivas devido a fatores como reduzida ou nenhuma articulação com as áreas de dinamismo econômico, ocorrência de processos de desarticulação estrutural ou conjuntural da base produtiva, entre outros (TOMITA et al., 2006).

A Região do Vale do Ribeira paranaense permaneceu à margem dos grandes ciclos econômicos do estado do Paraná, sendo fortemente rural, com taxas de urbanização muito baixas (TOMITA et al., 2006).

A tendência regional se repete no município, que tem baixo grau de urbanização, com 44,64% contra 91,70% da região e 85,33% do estado, e baixa densidade populacional, com 13,41, contra 222,78 da região e 57,62 do estado (IPARDES, 2020).

Quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento - longevidade, educação e renda – com variação de 0 a 1, sendo maior o desenvolvimento humano quanto mais próximo de 1, Tunas do Paraná apresentou um IDH-M em 2010 de 0,611 (IPARDES, 2020; PNUD, 2020b). Este nível é enquadrado próximo ao limite inferior do nível médio de IDHM, que vai de 0,600 a 0,699 e está abaixo do nível nacional (0,727), estadual (0,749) e da Região Metropolitana de Curitiba (0,783), conforme dados do PNUD (2020).

Quanto à atividade econômica, o município é um dos polos paranaenses de extração e beneficiamento de madeira de reflorestamento (pinus e eucalipto), o que gera diversos tipos de resíduos, que podem ser utilizados para a produção de painéis (em escala artesanal), de compósitos, de cavacos, de geração de energia no setor industrial e de produção de produtos artesanais (RASOTO; GOMES, 2011).

Houve crescimento da indústria madeireira a partir do ano de 2000, após a construção da estrada que corta a região, a BR-476, abrangendo todos os setores de utilidade do produto, inclusive a madeira em tora. Dados da Prefeitura de Tunas do Paraná apontam que 47% (29.000 ha) de uma área total de 625 km² é ocupada com plantio de pinus (TOMITA et al., 2006).

Em 2010 o município apresentava taxa de ocupação de pessoas com 18 anos ou mais de idade de 65,53%, próximo ao nível nacional, mas abaixo do Paraná e da Região Metropolitana de Curitiba, e tem um perfil bastante peculiar de ocupados por nível de formação – apenas 19,74% com ensino médio completo e 4,68% com nível superior (PNUD, 2020a).

O PIB municipal foi de R\$ 110.171.760,00 em 2018 e o PIB per capita foi de R\$ 12.947,67 em 2018, sendo o 397º entre os 399 municípios do Paraná (IBGE, 2020), demonstrando a fragilidade econômica do município e o quanto investimentos de grande vulto podem trazer novas perspectivas à região.

6. RESULTADOS

A seguir apresentam-se os resultados projetados com a implantação do projeto.

6.1 Geração de empregos

A operação do empreendimento se dará através do regime de

operação contínua, operando 24 horas por dia, 7 dias por semana, exceto em paradas para manutenção periódica dos equipamentos.

Segundo indicação dos autores do projeto, utilizou-se como referência o modelo de termoeletrica a biomassa implantada no município de Rondolândia/MT, através do qual projetou-se a mão de obra necessária para implantação da Usina Termoeletrica Maracanã. Devem ser gerados 116 empregos temporários diretos na fase de implantação e outros 17 empregos para a operação e manutenção quando estiver plenamente operacional, conforme pode ser observado nas Tabelas 3 e 4 (KOBBLITZ, 2020).

Tabela 3 – Empregos temporários diretos gerados

Qualificação	Profissional	Quantidade
1. Nível Superior	Engenheiro eletricista	02
	Engenheiro mecânico	02
	Engenheiro civil	02
	Engenheiro eletrônico	02
2. Nível Médio	Projetista	05
	Desenhista	06
	Eletrotécnico	03
	Civil	02
	Mecânico	04
	Eletrônico/Automação	02
3. Mão de Obra Qualificada	Eletricista	12
	Caldeireiro	06
	Soldador	07
	Pedreiro	08
	Pintor	03
	Encanador	02
	Isolador	02
	Armador	03
4. Mão de Obra Não Qualificada	Servente	43
Total		116

Tendo em vista que, segundo dados da RAIS (2020), em 31/12/2019 Tunas do Paraná possuía 1.013 vínculos CLT ativos, a geração de 116 empregos representará um grande aumento nos empregos formais na região (11,5%), movimentando todos os setores da economia do município e gerando arrecadação de impostos.

Tabela 4 – Empregos permanentes diretos gerados

Qualificação	Profissional	Quantidade
Nível Superior	Engenheiro mecânico	01
Nível Médio	Técnico mecânico	04
	Técnico eletrotécnico	04
	Técnico operador	08
Total		17

A geração de postos de trabalho permanentes, sendo um de nível superior e dezesseis de nível médio, trará um impacto de 1,7% no estoque total de empregos formais da região, abrindo ainda um novo campo de trabalho no município, que não conta com nenhum trabalhador registrado na área denominada “eletricidade e gás”.

Além dos empregos diretos, a implantação do empreendimento gerará a criação de empregos indiretos em áreas diretamente relacionadas à operação, como transporte e processamento de madeira, manutenção de equipamentos, entre outros, e de empregos indiretos em diversas áreas da economia que serão beneficiados pelo consumo dos trabalhadores.

Tendo em vista o perfil do município, voltado principalmente à atividade madeireira, que é caracterizada por baixo número de mão de obra empregada, bem como seu relativo isolamento de outros centros urbanos, a geração de empregos por parte da usina termoelétrica se mostra benéfica para o município. A criação de empregos terá efeitos multiplicadores na economia, visto que são postos de trabalho novos e a renda destes trabalhadores circulará na economia local.

6.2 Investimento direto e ganhos para o município

O investimento total para implantação do empreendimento, de R\$ 26.393.011,00, equivale a 23,96% do PIB de Tunas do Paraná em 2018 e, apesar de nem todo o investimento ser efetivamente no município, a construção do empreendimento gerará aceleração na dinâmica econômica do município.

Além disto, a criação do empreendimento fortalecerá a arrecadação de impostos do município, seja através da geração elétrica ou através do aumento do consumo por parte dos novos trabalhadores. O aumento da arrecadação é revertido na capacidade de investimento e custeio por parte do município, o que favorece a população que usufrui de melhor infraestrutura, serviços públicos e, conseqüentemente, melhores condições de vida.

O empreendimento e o volume de investimentos pode, adicionalmente, fomentar o crescimento de um ambiente mais atrativo a investimentos e a aumentar a visibilidade do município, atraindo outros negócios a Tunas do Paraná.

6.3 Aumento da qualidade da energia

Atualmente, o município de Tunas do Paraná é abastecido pela Subestação Tunas, da COPEL, com capacidade instalada de 138 kV. Uma subestação é uma instalação elétrica que tem como função a adequação da tensão da energia que sai das usinas de geração para o consumo nas residências, indústrias, comércio e outros, reduzindo ou aumentando a tensão da energia para que ela seja adequada (COPEL, 2020).

A UTE Maracanã será ligada à Subestação Tunas e deve ter impactos positivos na qualidade de energia elétrica da região. Entre os impactos positivos gerados pela conexão de geração distribuída estão a possibilidade de ilhamento para atendimento de carga local, manutenção dos níveis de tensão em um alimentador quando há restrições devido a um período de ponta de carga, além da redução de custos com transporte de energia e possibilidade de adiar investimentos de expansão no sistema de distribuição (PINHEIRO et al., 2005).

A proximidade da geração distribuída do centro de carga pode suprir o consumo independentemente das estruturas de transmissão, evitando o transporte de energia por longas distâncias e, ainda, causar impacto nos índices de qualidade de energia das distribuidoras, como o DEC e FEC (PINHEIRO et al., 2005).

Os indicadores DEC e FEC são utilizados para medição do desempenho das concessionárias quanto à continuidade do serviço prestado de energia elétrica, e são avaliados pela ANEEL, sendo que o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) indica o número de horas em média que um consumidor fica sem energia elétrica durante um período, geralmente mensal, e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) indica quantas vezes, em média, houve interrupção na unidade consumidora (FIRJAN, 2016).

A geração distribuída afeta os índices de confiabilidade, pois há a possibilidade de suprir toda ou parte da carga interrompida na indisponibilidade da alimentação principal, em decorrência de alguma falta no sistema (PINHEIRO et al., 2005).

Em suma, além de aprimorar a qualidade da energia na região, a implantação da usina tende a ser benéfica à própria concessionária, que tende a se beneficiar com melhoria dos indicadores DEC e FEC.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, analisou-se o projeto de implantação de uma usina termoeétrica no município de Tunas do Paraná, e os impactos que tal empreendimento podem gerar na região.

O estudo teve quatro objetivos específicos, os quais foram plenamente atendidos, tendo em vista que foi possível estimar a geração de empregos na fase de execução do projeto e após operação da usina; projetou-se as alterações no cenário econômico do local; foram estimados os ganhos indiretos para o município através da comparação com outras experiências e, por fim, concluiu-se quanto aos impactos estimados.

O projeto utilizará resíduos de madeira e seus derivados, principal produto do município, para geração de energia elétrica, iniciativa que promove o uso de energias renováveis e dá novo panorama às potencialidades da região.

A construção do empreendimento criará muito empregos temporários, aumentando em mais de 10% o estoque de postos de trabalho formais do município e, posteriormente, gerará mais empregos definitivos. O investimento tende a ter grande impacto na economia do município, visto que será de cerca de 25% do PIB anual municipal.

Por fim, haverá impacto na qualidade da energia elétrica do município, contribuindo para a melhoria dos níveis de tensão e corrente, diminuição de interrupções de serviço e redução da necessidade de investimentos.

Desta forma, nota-se que, em que pese se tratar de investimento privado e não uma ação de desenvolvimento local empreendida pelo poder público, a população de Tunas do Paraná será beneficiada pela construção do empreendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Cadernos Temáticos ANEEL, [s. l.], p. 34, 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/modulo-2>.

ARAUJO, R. O. et al. Renewable Energy from Biomass: an Overview of the Amazon Region. *BioEnergy Research*, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 834–849, 2022.

BAJAY, S. et al. Geração distribuída e eficiência energética: Reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro. 1. ed. Campinas: International Energy Initiative – IEI Brasil, 2018.

BRAND, M. A. Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem. 2007. 169 f. - Universidade Federal do Paraná, [s. l.], 2007.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022: Ano base 2021. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Fact Sheet - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022.pdf>.

CARVALHO, N. et al. Caracterização física e química da biomassa usada como combustível sólido em uma caldeira. Química Nova, [s. l.], v. 44, n. 1, 2021.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia Elétrica. A energia das subestações. [S. l.], 2020. Disponível em: https://www.copel.com/hpcopel/hotsite_caxias/pdf/folder_subestacoes.pdf. Acesso em: 3 jan. 2021.

D'AVIGNON, Alexandre. Energia, inovação tecnológica e mudanças climáticas. Em: MAY, Peter H. (org.). Economia do meio ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 385.

FIRJAN, Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Propostas para melhorar a qualidade da energia elétrica para a indústria no Brasil. Rio de Janeiro: [s. n.], 2016.

GAO, Chunyan. Risk Assessment and Analysis of Biomass Energy Engineering Project Management under the Concept of Sustainable Development. Adsorption Science & Technology, [s. l.], v. 2022, p. 1–11, 2022.

GIROTTI, Carolina; MARINS, Karin Regina de Castro; LARA, Arthur Hunold. Análise da morfologia urbana para maximização de geração de energia fotovoltaica no Belenzinho, em São Paulo. Ambiente Construído, [s. l.], 2019.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; DOS REIS, Lineu Belico. Energia e meio ambiente. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. A indústria de árvores plantadas e as mudanças climáticas. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/info-mudancas-climatica-2018.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. Emprego e Renda no Setor de Árvores Cultivadas. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/outros/relatorio-iba-emprego-renda-2022.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 7 dez. 2020.

IEMA, Instituto de Energia e Meio Ambiente. Florestas energéticas: potencial da biomassa dedicada no Brasil. São Paulo: [s. n.], 2018.

INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. O QUE É COGERAÇÃO. [S. l.], 2020a. Disponível em: http://www.inee.org.br/forum_co_geracao.asp. Acesso em: 1 jan. 2021.

INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. O QUE É GERAÇÃO DISTRIBUÍDA. [S. l.], 2020b. Disponível em: http://www.inee.org.br/forum_get_distrib.asp?Cat=gd. Acesso em: 1 jan. 2021.

INEL, Instituto Nacional de Energia Limpa; ABGD, Associação Brasileira de Geração Distribuída. Micro & Mini Geração Distribuída (GD): Perguntas e Respostas. [S. l.: s. n.], 2021.

IPARDES. Perfil Avançado do Município de Tunas do Paraná. [S. l.], 2020. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?codlocal=21&btOk=ok. Acesso em: 26 dez. 2020.

KOBLITZ. ANEXO VI - Dimensionamento da Central Termelétrica. [S. l.: s. n.], 2020.

LIMA, D. B. Cooperativas de energia: guia de constituição de cooperativas de geração distribuída fotovoltaica. Brasília: Sistema OCB, Cooperação Alemã, Giz, DGRV, 2018.

LIRA, M. A. T. et al. Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO₂ no Estado do Ceará. Revista Brasileira de Meteorologia, [s. l.], 2019.

MORAES, S. L. et al. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. Revista IPT: Tecnologia e Inovação, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 58–73, 2017.

PINHEIRO, G. et al. Qualidade de energia na Geração Distribuída - caso de usina a biomassa. Em: , 2005, Belém. VI SBQEE - Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica. Belém: [s. n.], 2005. p. 5.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. [S. l.], 2020a. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/>. Acesso em: 1 jan. 2021.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Desenvolvimento Humano e IDH. [S. l.], 2020b. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>. Acesso em: 1 jan. 2021.

RASOTO, V. I.; GOMES, M. A. B. Promoção da Atividade Empreendedora em Tunas do Paraná – Resultados Preliminares. Revista de Extensão do CCNE, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 10, 2011.

RENDEIRO, G. et al. Combustão e Gasificação de Biomassa Sólida: Soluções Energéticas para a Amazônia. 1. ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

SCHNEIDER, K. Geração comunitária e descentralizada de energia renovável no Brasil: cooperativas de geração distribuída compartilhada. Diálogos Socioambientais, [s. l.], v. 3, n. 09, p. 39–42, 2020.

SCHNEIDER, K.; JAPP, C. Community cooperatives stepping up to the energy transition challenge. In: Let Communities Lead: Stories and lessons on grassroots energy initiatives for sustainable futures. [S. l.: s. n.], 2021. .

SILVA, F. M.; CAPELHUCHNIK, A. H. Geração Distribuída: natureza jurídica e hipótese de (não) incidência de ICMS. Teoria jurídica contemporânea, [s. l.], v. 7, p. 1–29, 2022.

SORDI, A.; SOUZA, S. N. M.; OLIVEIRA, F. H. Biomassa gerada a partir da produção avícola na região Oeste do Estado do Paraná: uma fonte de energia. Acta Scientiarum. Technology, [s. l.], 2005.

SOUZA, M. M. de et al. Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de Pinus taeda. FLORESTA, [s. l.], 2012.

TOLMASQUIM, M. T. Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

TOMITA, Alex Neme et al. Análise temática integrada: Plano Diretor Municipal de Tunas do Paraná/ PR. [S. l.: s. n.], 2006.

VAN LOO, S.; KOPPEJAN, J. The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing. London: Earthscan, 2008.

WEIRICH, C. S. et al. Análise do potencial brasileiro para a geração de eletricidade a partir das fontes de energia solar fotovoltaica e o biogás no contexto da geração distribuída. Research, Society and Development, [s. l.], v. 11, n. 8, p. e38711831096, 2022.