

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Luiz Henrique Carneiro Alves

**Potencial energético de resíduos de usinas
sucroalcooleiras na região de Ilha Solteira, SP**

Ilha Solteira – SP
Janeiro de 2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Ilha Solteira

Potencial energético de resíduos de usinas sucroalcooleiras na região de Ilha Solteira, SP

Orientado: Luiz Henrique Carneiro Alves

Orientadora: Profa. Dra. Crisiéle da Silva Ribeiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Ilha Solteira - SP
Janeiro de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

A474p Alves, Luiz Henrique Carneiro.
Potencial energético de resíduos de usinas sucroalcooleiras na região de Ilha solteira, SP / Luiz Henrique Carneiro Alves. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
21 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Cristiéle da Silva Ribeiro

Inclui bibliografia

1. Biomassa. 2. Cana-de-açúcar. 3. Energia renovável. 4. Matriz energética.

Raiane da Silva Santos

Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção

Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

CRD/8 - 9993

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

"POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE USINAS SUCROALCOOLEIRAS NA REGIÃO DE ILHA SOLTEIRA, SP"

LUIZ HENRIQUE CARNEIRO ALVES

REGULAMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO:

Artigo 25º - § 2º A apresentação pública do trabalho de TCC deverá ser de no mínimo 20 (vinte) minutos e máxima de 40 (quarenta) minutos. Após um intervalo de 5 (cinco) minutos, haverá a arguição do Trabalho pelos examinadores. O tempo de arguição, será de até 15 (quinze) minutos para cada examinador, e até 15 (quinze) minutos o tempo para a resposta do(a) aluno(a) a cada examinador ou no caso de se optar pelo diálogo o tempo conjunto entre examinador e acadêmico(a) será de no máximo 30 (trinta) minutos.

Artigo 24º - No julgamento do TCC, a banca examinadora deverá avaliar a apresentação oral, escrita e a defesa do trabalho durante a arguição. O conceito final será APROVADO(A) ou REPROVADO(A).

COMISSÃO EXAMINADORA

1ª EXAMINADORA (Orientadora-Presidente)

Nome: Pro^{fa}. Dr^a. Crisiele da Silva Ribeiro

Crisiele S. Ribeiro

2ª EXAMINADOR

Nome: Me. Igor Micheletto

Igor Micheletto

3ª EXAMINADORA

Nome: Me. Alini Beloto Parra

Alini Beloto Parra

CONCEITO

(x) Aprovado(a)

() Reprovado(a)

Ilha Solteira-SP, 08 de fevereiro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho de conclusão de curso existiram várias pessoas que me deram o suporte necessário, dentre as quais agradeço:

Primeiramente a minha professora e orientadora Crístiele, que, aceitando me guiar para a realização deste trabalho, compreendeu as dificuldades que o momento apresentava e as adversidades pessoais que apareceram durante o período que trabalhamos juntos e não desistiu de me trazer até o presente momento.

Aos meus pais, Sandro e Cristina, que, mesmo em meio a tantas dificuldades e controvérsias, neste grande período em que estive na graduação, sempre me ofereceram, além do necessário para enfrentar minhas dificuldades e encarar meus erros, o suporte para enfrentar novos desafios.

A minha irmã Camila, que, em todos os momentos, esteve presente durante minha graduação, conhecendo meus amigos e minha vivência, entendendo meus problemas e, sendo compreensiva e assertiva em suas palavras.

A minha avó Lourdes e tia Luziane, que sempre preocupadas com meu bem estar e com meu desempenho na graduação estavam de prontidão para ouvir e conversar, de forma que eu pudesse encontrar e justificar o caminho que eu estava seguindo.

Aos meus amigos que estiveram e estão comigo nesta jornada, compartilhando momentos bons e ruins, obrigado pelas risadas e agonias por que passamos durante a graduação, em especial aos que estão comigo na reta final. Não irei cometer erro de citá-los, pois posso acabar me esquecendo de alguém e, conhecendo meus colegas, sei que isso seria ruim.

Aos meus professores, que dentre tantos alunos que já passaram por suas salas de aula, fizeram algum elogio ao meu comportamento como aluno e como pessoa, o que para mim significou que fazia sentido estar ali, naquele curso.

E por fim, como não citá-la, a famosa “Batera do Inferno”, que, ao proporcionar grandes momentos e desafios, me tornou uma pessoa melhor, mais desenvolta e empática, recebendo, em alguns momentos, mais minha atenção do que a graduação. No entanto posso afirmar que disso não me arrependo, pois tenho certeza de que se não fosse pela “Batera” não haveria “sentido” a faculdade.



POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE USINAS SUCROALCOOLEIRAS NA REGIÃO DE ILHA SOLTEIRA, SP ¹

Luiz Henrique Carneiro Alves ¹, Cristiéle da Silva Ribeiro¹

¹Laboratório de Estudos em Fisiologia Animal (LEFISA), Departamento de Biologia e Zootecnia, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil.

O presente artigo seguirá as regras da revista científica **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**-<http://www.conhecer.org.br/enciclop/enciclop.htm>, pertencente ao Centro Científico Conhecer, para a qual os autores supracitados pretendem submetê-lo. As instruções da revista se encontram no Anexo 1.

RESUMO

O uso de energias não renováveis causa problemas ambientais ao planeta Terra há anos e, para manter a inevitável necessidade de energia elétrica, faz-se necessário a busca de alternativas renováveis que sejam menos nocivas ao meio ambiente. O Brasil, por possuir uma considerável área continental, diversidade climática e empreendimentos de produção de energia consolidados, se torna vantajoso para a geração de energia renovável. Uma ótima fonte de energia renovável é a da biomassa da cana-de-açúcar, uma cultura muito bem adaptada em diversas regiões e extensões do país, inclusive a da área de estudo, por ser propícia a regiões com estação longa, quente e com alta incidência de radiação, tornando o Brasil líder mundial em sua produção. O presente trabalho tem como finalidade elucidar, por modelos matemáticos e análises quantitativas, a matriz energética renovável brasileira pela biomassa da cana-de-açúcar e sua potencialidade em participação na demanda de eletricidade pelos brasileiros, mitigando os impactos ambientais proveniente na produção de energias e apresentado-se como fonte potencializadora para atender ambas necessidades. Utilizando o site da União Nacional de Bioenergia (UDOP) e a ferramenta MAPS, do google, foi identificado as unidades sucroalcooleiras na região de 200 km de Ilha Solteira para que pudesse ser feito contato para a análise da potencialidade energética desse seguimento. Com a necessidade de melhorias ambientais, sociais e econômicas, além do déficit dos níveis hidráulicos em hidrelétricas, matriz com alta participação na geração da energia brasileira, a cogeração de energia por biomassa da cana pode se apresentar com maior participação para o setor energético.

Palavras-chave: Biomassa; Cana-de-açúcar; Energia Renovável; Matriz Energética.

ENERGY POTENTIAL OF RESIDUES FROM SUGAR-BASED ETHANOL PLANTS IN THE REGION OF ILHA SOLTEIRA, SP

ABSTRACT

The use of non-renewable energy has been causing environmental problems to planet Earth for years and, to maintain the inevitable need for electricity, it is necessary to search for renewable alternatives less harmful to the environment. Brazil, for having a considerable continental area, climatic diversity and consolidated energy production ventures, become advantageous for generating renewable energy. A great source of renewable energy is sugarcane biomass, a crop that is very well adapted to different regions and extensions of the country, including the study area, as it is suitable for regions with a long, hot and high season. incidence of radiation, making Brazil the world leader in its production. This work elucidates, through mathematical models and quantitative analyses, the Brazilian renewable energy matrix by the sugarcane biomass and its potential in participation in the electricity demand by Brazilians, mitigating the environmental impacts arising from the production of energy and presented itself as a potentiating source to meet both needs. Using the website of the União Nacional de Bioenergia (UDOP) and the MAPS tool, from google, the sugarcane units in the region of 200 km from Ilha Solteira were identified so that contact could be made for the analysis of the energy potential of this segment. With the need for environmental, social and economic improvements, in addition to the deficit of hydraulic levels in hydroelectric plants, a matrix with high participation in the generation of Brazilian energy, the cogeneration of energy by sugarcane biomass can present itself with greater participation for the energy sector.

Keywords: Biomass; Energy matrix; Renewable energy; Sugar cane.

Introdução

Não é atual a preocupação com o meio ambiente e o bem-estar das futuras gerações, e, a cada ano, mais importância é dada ao assunto, em razão dos impactos ambientais gerados pela ação humana (DE PASSOS, 2009). O conceito de crescimento sustentável se coloca como uma alternativa, uma vez que promove a interdependência entre economia, meio ambiente e sociedade (MACHADO & GARRAFA, 2020).

Contudo, essa pauta torna-se divergente quando se analisam os meios de produção das grandes indústrias ao redor do mundo, principais causadoras dos problemas ambientais, pela emissão de gases poluentes na atmosfera, pelo desmatamento e pelo uso irracional dos recursos naturais (JANNUZZI, 2001). Os combustíveis fósseis estão no topo dessa lista, muito por terem sido grandes propulsores dos comportamentos atuais, como, por exemplo, o de consumo exagerado e irresponsável de recursos, consumismo extremo, alta necessidade de novas tecnologias, de grande parte da população mundial (CARVALHO, 2008). Automóveis, tecnologias, maquinários pesados, a industrialização e a utilização de combustíveis fósseis proporcionaram uma guinada para a evolução social (CARVALHO, 2014). No entanto, estudos comprovam que o planeta já possui data de validade e, se não houver mudanças significativas, essa validade, estreitara-se-á (BERNSTEIN, 2008). Tratados, convenções, metas, como os definidos pelo Protocolo de Quioto, conferências das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, por exemplo, unem vários países que têm se comprometido com o objetivo de reduzir cotas de poluição e mitigar os efeitos danosos causados ao meio ambiente em virtude dos comportamentos atuais citados, e, dentro desses compromissos a busca por fontes de energia renováveis se destaca (MOREIRA & GIOMETTI, 2008).

Historicamente, a busca por fontes de energia alternativas (renováveis ou não), não é nova, já que na medida em que ficavam mais problemáticas, as velhas fontes de energia iam sendo complementadas – senão substituídas – por novas fontes, mais eficientes: a força muscular foi complementada pela energia das águas e pela tração animal, que foi complementada pela energia eólica e pela lenha, que cedeu lugar ao carvão, que foi complementado pelo petróleo – ou por este substituído, na indústria, nos transportes e nos modernos sistemas agroindustriais. As novas fontes de energia induziam as empresas à criação e desenvolvimento de tecnologias industriais e agrícolas mais avançadas, e, concomitantemente, as matrizes energéticas iam-se ajustando a essas fontes (GOLDEMBERG, 2008). Entretanto, até o presente não foram encontrados substitutos

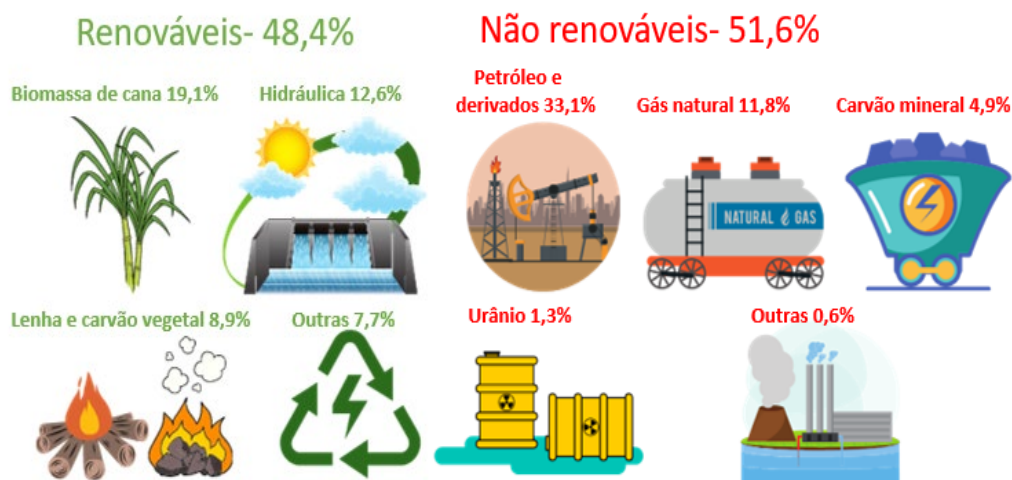
comparáveis ao petróleo e ao gás, no que diz respeito à densidade energética, à transportabilidade e a outras características, que lhes conferem as qualidades para serem usados em larga escala nos transportes, na indústria e na agricultura (CARVALHO, 2008).

Um outro aspecto a ser considerado na análise da questão é que a larga utilização de fontes renováveis para a geração de energia, cerca de 50% (Figura 1), contra taxas médias de 14% nos países desenvolvidos e de 6% nos países em desenvolvimento, constitui uma das vantagens competitivas do Brasil em relação aos outros países (MOREIRA & GIOMETTI, 2008). Atualmente, o Brasil é internacionalmente reconhecido pelo pioneirismo em desenvolver a produção e o uso em larga escala de um combustível renovável, produzido a partir da cana-de-açúcar, com alta eficiência energética e com os menores custos de produção do mundo (MORAES, 2007), sendo considerado o país de maior produção de cana-de-açúcar (NACHILUK, 2021).

A grande quantidade de área de cana-de-açúcar plantada em usinas pelo Brasil é facilmente compreendida quando entendemos a importância do cultivo da cultura para a manutenção da economia e para o avanço do país em tempos de crises econômicas (RODRIGUES, 2020). Por muito tempo, o cultivo de cana-de-açúcar provocou muita polêmica, colocando em pauta as consequências e os problemas gerados em relação às questões ambientais. No entanto, alterar esse projeto simplesmente não faria sentido, pois, além de ser um cultivo cujo empreendimento gastou-se muito tempo e muito dinheiro, já havia estudos para que esses impactos ao meio ambiente se reduzissem (RODRIGUES, 2020).

Ao se analisarem tanto a redução do impacto com relação à emissão de gases na atmosfera, bem como as centenas de unidades de usinas de cana-de-açúcar espalhadas pelo Brasil, em território nacional, onde estão em funcionamento atualmente 350 usinas sucroalcooleiras (CANAL RURAL, 2020), percebe-se que a biomassa oferece vantagens na geração de energia limpa, apresentando-se como ótima alternativa à matriz brasileira (DANTAS, 2010). Só no território paulista existe uma área plantada de 5,6 milhões de hectares, nos quais foram produzidos 442,3 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em 2016 (55% da produção brasileira), que geraram um montante de R\$27,6 bilhões de acordo com dados da Pesquisa Agrícola Municipal (INVESTE SP, 2016).

FIGURA 1- Fontes de Energia brasileira – Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2020.



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2021.

CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL: CONTEXTO HISTÓRICO, ECONÔMICO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Chegada no Brasil Colonial, em 1530, a cana-de-açúcar, oriunda da ilha de Nova Guiné, teve sua produção em massa no nordeste do país dos séculos XVI ao século XVIII, o que representou forte sustento da economia com a exportação do açúcar (NOVA CANA, 2022). A região ofereceu ótimas condições climáticas para a espécie, que se desenvolve bem com maior incidência de luz solar e até em solos de pouco recursos, características marcantes do nordeste brasileiro (CARVALHO,2013).

Por muito tempo, o açúcar foi o principal produto de exportação e alavanca da economia brasileira, até que, ao final do século XIX, a forte concorrência externa ameaçava as exportações nacionais e era necessária a modernização do setor (MORAES,2007). O açúcar havia deixado de ser o principal produto de exportação, pois os holandeses começaram a produzir o insumo na América Central, derrubando, assim, os preços (CARMO, 2017). Outro impacto negativo, dessa vez decisivo para a cana brasileira, foi o chamado “fim do Ciclo do Açúcar”, que ocorreu quando os franceses desenvolveram tecnologia para a produção de açúcar a partir de beterraba, reduzindo drasticamente, neste período, a dependência dos europeus do açúcar da cana brasileira. Nos engenhos de açúcar do Brasil

colônia, a produção do açúcar, a partir do caldo da cana-de-açúcar, tinha um subproduto, a princípio, sem valor comercial: o álcool etanol (CARVALHO,2013).

No início da década de 1930, a situação da agroindústria canavieira era particularmente vulnerável, devido à grande depressão mundial de 1929 e ao aumento da capacidade agrícola e industrial brasileiras, ocorrido no início da década de 1920 (RODRIGUES, 2020). Nessas condições, a intervenção governamental no setor açucareiro, com a criação do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), em 1933, instaurou-se a pedido dos próprios produtores, com o propósito de resolver os problemas de excesso de oferta e de reorganizar os mercados internos (MORAES,2007). Desde a década de 1930, o governo estabelecia a produção, e encarregando-se pela comercialização dos produtos, era o responsável por toda a exportação do açúcar e de álcool (SHIKIDA, 2014).

Em 1963, foi formulado o “Plano de Expansão da Indústria Açucareira Nacional”, que ampliou o limite global de produção das usinas do país, sendo que os estados de São Paulo e Paraná, juntos, passaram a deter quase 40% do limite nacional (SIMÕES, 2015).

Para reduzir a dependência do Brasil ao petróleo importado, a intervenção estatal incluiu, em 1975, a criação do Proálcool, possibilitando, com isso, ao país, além de deter o domínio da tecnologia da produção de álcool, o desenvolvimento dos carros que utilizam esse combustível (SHIKIDA, 2014).

A produção de cana-de-açúcar em 2020 foi estimada em 677,9 milhões de toneladas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (NOVA CANA, 2021). Paralelamente à geração de riquezas e empregos, o setor é responsável por impactos ambientais importantes, pelo uso intensivo de recursos naturais e pela produção de grandes quantidades de resíduos. Nos 108.706,47 km² com cana plantada no Brasil em 2015 (safra 2015/2016), equivalente a quase cinco vezes a área do estado de Sergipe, foram produzidos mais de 30 bilhões de litros de álcool e 34 milhões de toneladas de açúcar (ASSAD, 2017). Em contrapartida, foram gerados de 10 a 14 litros de vinhaça para cada litro de álcool produzido, dependendo das condições tecnológicas da destilaria; 280 kg de palha e de bagaço por tonelada de colmo de cana colhida; e de 30 a 40 kg de torta de filtro por tonelada de cana moída, entre outros resíduos como cinzas, águas de lavagem e melaço (CORTEZ et al., 2021).

Grande parte desses resíduos gerados no cultivo da cana e na produção de açúcar e de álcool é reutilizada no processo produtivo. Destaque especial cabe ao bagaço gerado na moagem da cana que vem sendo totalmente reaproveitado, tanto como biocombustível, para cogeração de energia, quanto na produção de papel e na indústria de cosméticos (ASSAD,

2017). Estima-se que 90% de todo o bagaço gerado no Brasil é queimado em caldeiras para a geração de energia. Mas, nessa queima, forma-se outro subproduto, as cinzas residuais, numa proporção estimada em 25 kg de cinzas para cada tonelada de bagaço queimado (ASSAD, 2017).

Como maior produtor nacional de cana de açúcar, o Estado de São Paulo tem potencial de geração de bioeletricidade de cana superior a 14 mil MW, equivalente à produção hidrelétrica de Itaipu (SIMA, 2022).

Frente ao exposto, o objetivo deste trabalho foi fazer o levantamento da produção de cana-de-açúcar em um raio de 200 Km da cidade de Ilha Solteira, que junto com outras cidades do Noroeste Paulista perfaz 1.037.836 hectares plantados (CARVALHO, 2022), além das áreas nos estados de Mato Grosso do Sul e de Minas Gerais, e ainda responder a duas questões:

Como se distribuem as usinas sucroalcooleiras na região de Ilha Solteira, e qual o impacto dessas usinas na produção de resíduos?

Qual o potencial energético dos resíduos da indústria sucroalcooleira da região de Ilha Solteira, SP?

MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, realizou-se levantamento de todas as unidades de Usinas Sucroalcooleiras em um raio de 200km de Ilha Solteira/SP. Para realizar a buscas das unidades foram utilizados: o site da UDOP – União Nacional de Bioenergia e o Google MAPS.

No site da UDOP, onde estão listadas as usinas e destilarias pelo país e há algumas finalidades, sendo duas delas, a de firmar-se como entidade nacional focada na prestação de serviços, na qualificação profissional e, no estímulo a pesquisas voltadas para o setor da bioenergia. Nele foram selecionados os estados de interesse para a realização da pesquisa. Esses estados são o que se enquadram dentro de um raio de 200 km de Ilha Solteira-SP, sendo eles, o próprio estado de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Com os estados selecionados, foi dado o início ao levantamento das usinas situadas em cada um deles e a checagem de enquadramento na área delimitada para o estudo, raio de 200 km de Ilha Solteira. Para isso, deu-se início ao uso da ferramenta do Google MAPS.

No Google MAPS, foi utilizada a opção de “Rotas”, onde a cidade de Ilha Solteira-SP foi tida como “Ponto de Partida”, e a cidade de atuação da usina, fornecida pelo site da UDOP, como “Destino”. Dessa forma foi possível encontrar a distância entre Ilha Solteira-SP e o município de atuação das unidades de Usinas, selecionando as que se encontravam em uma distância de até 200 km de Ilha Solteira-SP e descartando as que ultrapassavam esse limite. Foram consideradas todas as unidades associadas à UDOP dentro do raio delimitado.

Após a listagem dessas usinas, foram feitos contatos e pesquisas, a partir dos dados fornecidos pela UDOP, email, telefones de contato e sites, a fim de descobrir a produção de cana-de-açúcar colhida por cada uma, e de ilustrar a potencialidade energética através de modelos matemáticos. Inicialmente foi enviado um questionário via email, porém não houve retorno de nenhuma das unidades. Optou-se, assim, pelo contato via telefonema, que acabou sendo o principal meio de comunicação com as usinas selecionadas. Através dele, foi explicado que a ligação se tratava de “uma coleta de dados sobre a produção de cana-de-açúcar da unidade, para que o estudante da UNESP, câmpus de Ilha Solteira, pudesse realizar estudos a respeito da produção de energia a partir do bagaço de cana-de-açúcar gerado pela produção da unidade e pelas demais dentro do raio de 200 km de Ilha Solteira-SP”. Esses contatos se apresentaram com uma tarefa difícil, pois, após todas as usinas não responderem aos e-mails, e apenas algumas atenderem aos telefonemas, apenas 13 unidades disponibilizaram os dados de produção, que estão apresentados na TABELA 2. Dentre as unidades que atenderam aos telefonemas e informaram os dados necessários, a maioria delas encaminharam a ligação para o setor de “Produção” para que a coleta de dados fosse realizada.

Para a análise do potencial energético foram consideradas as orientações de COELHO et al. (2008):

1. O potencial para geração de energia foi calculado multiplicando-se a eficiência média do processo (60kWh/t) pela quantidade de cana ou resíduo gerado;
2. Considerou-se que o sistema opere somente durante a safra (abril a novembro), resultando em 5.563 horas de operação por ano.

Utilizou-se então a seguinte equação:

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{(\text{t cana} \times 60 \text{ kWh/t})}{(1.000 \times 5.563)}$$

Para se calcular o potencial energético do resíduo das usinas sucroalcooleiras

utilizou-se a mesma equação, levando-se em conta a produção média do bagaço de cana, resíduo mais volumoso e com maior potencial energético, na proporção de 280 quilos de bagaço por tonelada de cana processada, informação disponibilizada pela EMBRAPA (ALCARD, 2022)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento de unidades para o presente trabalho, foram identificadas 34 unidades, distribuídas em 30 municípios de 3 estados: São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (tabela 1). Este é um número bastante expressivo, corroborando com a importância da cultura de cana-de-açúcar na Região e no Estado de São Paulo, que conta com 173 usinas (NOVA CANA, 2022).

TABELA 1 – Unidades de Usinas Sucroalcooleiras em um raio de 200km de Ilha Solteira, SP.

UNIDADE	LOCALIZAÇÃO
Alcoeste	Fernandópolis - SP
Alto Alegre - Unidade Floresta	Presidente Prudente - SP
Bioenergia do Brasil	Lucélia - SP
BP Bunge - Unidade Ouroeste	Ouroeste - SP
Branco Peres	Adamantina - SP
Caeté - Unidade Paulicéia	Paulicéia – SP
Cemma	Monte Aprazível – SP
Colombo	Santa Albertina – SP
Da Mata	Valparaíso – SP
Dracena	Dracena – SP
Nova Aralco - Unidade Alcoazul	Araçatuba – SP
Nova Aralco - Unidade Figueira	Buritama – SP
Nova Aralco - Unidade Generalco	General Salgado – SP
Pedra Agroind. - Unidade Ipê	Nova Independência – SP
Raízen - Unidade Destivale	Araçatuba – SP
Raízen - Unidade Gasa	Andradina – SP
Raízen - Unidade Mundial	Mirandópolis – SP
Raízen - Unidade Univalem	Valparaíso – SP

Renuka - Unidade Revati	Brejo Alegre - SP
Santa Adélia - Pereira Barreto	Pereira Barreto - SP
Santa Adélia - Pioneiros	Sud Mennucci - SP
Santa Mercedes	Santa Mercedes - SP
Usalpa - Unidade II	Dracena - SP
UTE Vale do Paraná Albioma	Suzanápolis - SP
Vertente	Vertente - SP
Viralcool - Unidade Castilho	Castilho - SP
Viterra - Unidade Nova Unialco	Guararapes - SP
CMAA - Vale do Pontal	Limeira do Oeste – MG
Coruripe - Filial Carneirinho	Carneirinho – MG
Coruripe - Filial Iturama	Iturama - MG
Coruripe - Filial Limeira do Oeste	Limeira do Oeste - MG
Alcoolvale	Aparecida do Taboado - MS
Grupo José Pessoa - Agrisul	Brasilândia - MS
Orbi Bioenergia	Paranaíba - MS

Com as unidades já identificadas, foi necessário fazer o contato para se obterem informações necessárias para realizar o cálculo do potencial energético. Como dito, não foi uma tarefa fácil, e para as usinas, selecionadas e associadas à UDOP, que forneceram os dados pedidos para a pesquisa, foi montada a TABELA 2.

TABELA 2 – Produção média anual de cana-de-açúcar de usinas sucroalcooleiras da região de Ilha Solteira, SP.

UNIDADE	Produção (milhões de toneladas)
Alcoeste	2,3
Branco Peres	1,5
CMAA	0,9
Da Mata	4,3
N. Aralcol - Alcoazul	2,2
N. Aralcol Figueira	2,2
N. Aralcol Generalco	1,5
Renuka - Revati	6
CMAA - Vale do Pontal	1,6
Coruripe - Carneirinho	2,5

Coruripe - Iturama	3,5
Coruripe - Limeira do Oeste	1,5
Alcoolvale	1,2

A partir da média de produção anual nas usinas amostradas (TABELA 2), foram calculados o potencial energético da produção média de cana-de-açúcar, a média de produção de bagaço e o potencial energético do resíduo, cujos dados estão apresentados na tabela 3.

TABELA 3- Potencial energético total e do bagaço de cana-de-açúcar a partir do total de produção de usinas sucroalcooleiras da região de Ilha Solteira, SP.

UNIDADE	Potencial energético da cana-de açúcar (MW/ano)	Produção de bagaço (toneladas)	Potencial energético do bagaço de cana-de açúcar (MW/ano)
Alcoeste	24,6535	640,02	0,0069
Branco Peres	16,43566	426,68	0,0046
CMAA	9,697038	251,74	0,0027
Da Mata	46,01986	1194,71	0,0129
N. Aralcol - Alcoaazul	23,7282	616,00	0,0066
N. Aralcol Figueira	23,7282	616,00	0,0066
N. Aralcol Generalco	16,17832	420,00	0,0045
Renuka - Revati	64,71328	1680,00	0,0181
CMAA - Vale do Pontal	17,26751	448,28	0,0048
Coruripe - Carneirinho	26,96387	700,00	0,0075
Coruripe - Iturama	37,74942	980,00	0,0106
Coruripe - Limeira do Oeste	16,17832	420,00	0,0045
Alcoolvale	12,94266	336,00	0,0036

Apesar de representar em média 0,02% do potencial energético, o uso de bagaço de cana como gerador potencial de energia, é um ramo bastante promissor na geração de vapor, substituindo a lenha (TACHIZAWA, 2011). Atualmente, o bagaço vem sendo utilizado para gerar vapor, com grande flexibilidade para ser transformado em outras formas de energia como calor, eletricidade ou tração (THOMAZ, 2017). O aumento do custo da energia, seja elétrica ou de petróleo, tornou mais atraente a utilização do bagaço para cogeração de energia.

Conceitualmente, a cogeração pode ser definida como o processo de transformação de uma forma de energia em mais de uma forma de energia útil (SEIFERT, 2011). A oferta

de eletricidade por cogeração, a partir do bagaço de cana, apresenta vantagens ambientais pela redução da emissão de CO₂, podendo atenuar os impactos ambientais decorrentes do aumento da geração termoelétrica a partir de combustíveis fósseis, como, por exemplo, o gás natural (THOMAZ, 2017). Com o grande aumento do consumo de energia, até mesmo pelas próprias usinas, a cogeração de energia ainda necessita de inovações tecnológicas para poder atender a uma grande demanda.

Ao mesmo tempo em que fontes renováveis de energia têm potencial para superar e se estabelecer como fonte principal de energia no Brasil, existem também suas dificuldades. Além de competir com matrizes consolidadas e de grande retorno energético, como é o caso das Usinas Hidrelétricas, responsável por maior parte de suprimento de energia do país, existem também os altos custos em desenvolvimento de tecnologias para a geração e armazenamento dessas energias renováveis (TRANNIN, 2016). Esse alto custo fica nítido, por exemplo, quando se analisa que, apesar das vantagens climáticas e regionais do território brasileiro, o país ainda não tem explorado convenientemente esses recursos, pois a instalação de energia elétrica a partir da fonte de energia solar faz uso de uma tecnologia altamente dispendiosa. Infelizmente essas barreiras terão de ser superadas o quanto antes, pois o Brasil sofre com o desmatamento da floresta amazônica e do Cerrado, inviabilizando, assim, a instalação de UHE pelo país, pois, para preservar a Amazônia, é necessário adotar políticas de proteção às populações nativas e ao meio ambiente, já que as drásticas mudanças climáticas provocadas pela má exploração da floresta, têm aumentado a escassez de chuva, prejudicando o armazenamento dos reservatórios e, conseqüentemente, a geração de energia hidrelétrica (TRANNIN, 2016). Torna-se, portanto urgente que medidas sejam adotadas e respeitadas para reduzir os impactos ambientais e que fontes alternativas para geração de energia sejam exploradas antes que o quadro se agrave.

Conclusão

Esse estudo foi realizado, através de uma pesquisa quantitativa, utilizando instrumentos metodológicos para coleta de dados, sendo que tais métodos foram apropriados, uma vez que possibilitaram que a pesquisa atingisse seu objetivo, ou seja,

analisasse a viabilidade da cogeração de energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar

A necessidade da energia elétrica é indispensável para a manutenção do estilo de vida que temos hoje e ainda mais necessária para enfrentar as adversidades de um futuro potencialmente adverso. Ao mesmo tempo em que sua invenção e tecnologias para o seu uso trouxeram qualidade e perspectiva de vida ao ser humano, por outro lado, seu impacto no planeta Terra é incontestavelmente negativo. Os meios para se gerar eletricidade são diversos e complexos; para cada empreendimento de geração de energia (hidrelétrica, eólica, solar...) é investido muito tempo para pesquisa, construção, distribuição, o que garante a essas construções anos de geração de eletricidade.

Torna-se importante analisar se, junto com esses empreendimentos já existentes, termoelétricas, hidrelétricas, pátios fotovoltaicos, unidades de mineração e extração de minerais, e que guardam grande potencial energético, não exista a possibilidade de se explorarem novas formas de se gerar energia, garantindo, assim, maior aproveitamento dos recursos utilizados pelas empresas e menos impactos ao meio ambiente.

O Brasil, ao mesmo tempo em que é um país com grande potencial de geração de energia renovável, é também o maior detentor da floresta amazônica, ecossistema importantíssimo para gerar boas condições de vida aos seres vivos. Portanto, com a preocupação de se preservar esse ecossistema, deve-se investir e incentivar projetos para a geração de energia por fontes renováveis para que essas condições não se deteriorem, como muitos temem, em um curto prazo de tempo.

Para futuras pesquisas, sugere-se analisar quais outros resíduos da cana-de-açúcar podem ser utilizados como potenciais geradores de energia, visto que a maior parte das empresas utiliza apenas o bagaço no processo de cogeração de energia.

Referências Bibliográficas

ALCARD, A.R. ÁRVORE DO CONHECIMENTO Cana-de-açúcar. Ageitec. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154841.html#:~:text=A%20quantidade%20produzida%20depende%20do,por%20tonelada%20de%20cana%20processada. Acesso em 10/12/2021.

ASSAD, L. Aproveitamento de resíduos do setor sucroalcooleiro desafia empresas e pesquisadores. **Ciência e Cultura**, v. 69, 13-16, 2017.

BERNSTEIN, Lenny et al. IPCC, 2007: climate change 2007: synthesis report. 2008. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>

CANAL RURAL. Etanol: 25% das usinas de cana do Brasil podem fechar as portas. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/cana/etanol-25-das-usinas-de-cana-do-brasil-podem-fechar-as-portas/>, 2020. Acesso em 19/01/2022.

CARMO, M.L. A indústria açucareira no final do século XVII. A instabilidade e as políticas régias de reestruturação. **Revista Angelus Novus**, v. 13, 13-30, 2017.

CARVALHO, J.F. Combustíveis fósseis e insustentabilidade. **Ciência e Cultura**, v. 60, 30-33, 2008.

CARVALHO, J.F. Energia e sociedade. **Estudos avançados**, v. 28, 25-39, 2014.

CARVALHO, L.C.; BUENO, R.C.O.F.; CARVALHO, M.M.; FAVORETO, A.L.; GODOY, A.F. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, 530-543, 2013.

CARVALHO, R. Cana-de-açúcar representa 80% da produção agrícola na região de Rio Preto. Diário da Região, Disponível em: <https://www.diariodaregiao.com.br/economia/cana-de-acucar-representa-80-da-producao-agricola-na-regiao-de-rio-preto-1.46126>, acesso em 19/01/2022.

COELHO, S. T.; MONTEIRO, M.B.; KARNIOL, M.R.; GHILARDI, A. Atlas da bioenergia no Brasil: Projeto fortalecimento institucional do CENBIO convênio 007/2005 - MME. 2008. Disponível em: http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/eletrificacao_rural/livro_atlas_de_bioenergia_2008.pdf. Acesso em 10/12/ 2021

CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, v. 2, 1-17, 2021.

DANTAS, Djolse Nascimento. **Uso da biomassa de cana-de-açúcar para geração de energia elétrica**: análise energética, exergética e ambiental de sistemas de cogeração em sucroalcooleiras do interior paulista. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2010. doi:10.11606/D.18.2010.tde-20042010-082319. Acesso em: 2022-02-10.

DE PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 6, 2009.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.

INVESTE SP, 2016. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/setores-de-negocios/agronegocios/cana-de-acucar/>. Acesso em 18/12/ 2021.

MACHADO, I.L.O.; GARRAFA, V. Proteção ao meio ambiente e às gerações futuras: desdobramentos e reflexões bioéticas. **Saúde debate**, v. 44, 263-274, 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO. **Resenha energética brasileira. Resultados de 2020**, julho de 2021.

MORAES, M.A.F.D. Introdução-As profundas mudanças institucionais ao longo da história da agroindústria canieira e os desafios atuais. **Economia Aplicada**, v. 11, 555-557, 2007.

MOREIRA, H.M.; GIOMETTI, A.B.R. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, v. 30, 9-47, 2008.

NACHILUK, K. Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 16, n. 6, jun. 2021, p. 1-5.

Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15925#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20o%20maior,de%20litros%20de%20etanol1..> Acesso em: 10/02/2022.

NOVA CANA. Cana-de-Açúcar — Tudo sobre esta versátil planta. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana-de-acucar>, acesso em 10/02/2022

NOVA CANA. Produção de cana-de-açúcar no Brasil em 2020 é revisada para 677,9 mi t pelo IBGE. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/safra/producao-cana-acucar-brasil-2020-revisada-677-9-mi-t-ibge-130121>, acesso em 19/01/2022.

NOVA CANA. Lista de Usinas de Açúcar e Etanol do Brasil por estado. Disponível em: https://www.novacana.com/usinas_brasil/estados, acesso em 19/01/2022.

JANNUZZI, G. de M. Energia e meio ambiente. **Revista Eletrônica Com Ciência**, n. 22, 2001.

RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Edufu, 2020.

SEIFERT, M.E.B. **Gestão Ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. São Paulo: Atlas, 2011

SIMA. **POTENCIAL DA BIOMASSA NO ESTADO.** Disponível em:

<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/infraestrutura/coordenadorias/coordenadoria-de-energias-eletrica-e-renovaveis/potencial-da-biomassa-no-estado/#:~:text=Como%20maior%20produtor%20nacional%20de,%C3%A0%20produ%C3%A7%C3%A3o%20hidrel%C3%A9trica%20de%20Itaipu.>

SIMÕES, Tiago Martins; MARINHO, Ricardo José de Azevedo. Cultura, política e direitos no canavial da ditadura militar brasileira. **Estudos Históricos (Rio de Janeiro)**, v. 28, n. 56, p. 343-362, 2015.

SHIKIDA, P.F.A. Evolução e fases da agroindústria canvieira no Brasil. **Revista de política agrícola**, v. 4, 43-57, 2014.

TACHIZAWA, T. **Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa: estratégia de negócios focadas na realidade brasileira.** São Paulo: Atlas, 2011.

TOMAZ, WASHINGTON LUIZ et al. Cogeração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar: estudo de caso múltiplo no setor sucroalcooleiro. **ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE**, v. 19, 2017.

TRANNIN, M. Desafios e oportunidades para a geração de energia elétrica por fontes renováveis no Brasil: estudo de caso sobre a Usina híbrida de Tacaratu (PE). **Boletim de Conjuntura**, v.4, 4-7, 2016.