

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POTENCIALIDADE DE GERAÇÃO DE BIOELETRICIDADE SUCROENERGÉTICA DA PARAÍBA

Josicleide de Amorim Pereira Moreira¹
Raimundo Aprígio de Menezes Júnior²
Eduardo Rodrigues Viana de Lima³
Bruno César Bezerra Nóbrega de Souza⁴

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo elaborar o mapa da distribuição espacial do potencial de bioeletricidade sucroenergética da Paraíba. Classifica-se como exploratória, cujos procedimentos abrangeram a pesquisa bibliográfica e a documental, tendo sido empregada a abordagem quantitativa. A área de estudo compreendeu os municípios do estado que possuem usinas sucroenergéticas instaladas, quais sejam: Santa Rita, Pedras de Fogo, Mamanguape, Mataraca e Caaporã. A mensuração da potencialidade de bioeletricidade sucroenergética foi feita com base em cenários que compreendem caldeiras de 100 bar/540 °C, grelhas rotativas, leite fluidizado, com ou sem ciclo regenerativo. Para a elaboração do mapa da distribuição espacial da bioeletricidade sucroenergética paraibana foi utilizado o Quantum GIS (QGIS), versão 3.8. Os resultados obtidos apontam que os municípios de Santa Rita e Pedras de Fogo são os que possuem maior potencialidade de geração de bioeletricidade sucroenergética no estado da Paraíba.

Palavras-chave: Distribuição Espacial, Bioeletricidade Sucroenergética, Mapa.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é tema recorrente em todas as projeções de desenvolvimento em escala mundial, e nessa esteira as energias renováveis são pautas nas agendas de discussão dos organismos internacionais e nacionais, ensejando-se a diplomacia ambiental.

No Brasil, a palavra de ordem é diversificar, já que a matriz elétrica está constituída por fontes hidráulica, eólica, solar e térmica. Nesse contexto, tem-se que as biomassas advindas do capim-elefante, resíduos agroindustriais da cana-de-açúcar, entre outros, produzem energia limpa e renovável, reduzem a emissão de CO₂ e de outros poluentes, e, além disso, proporcionam segurança ao Sistema Interligado Nacional (SIN), uma vez que a fonte hidráulica, que representa 74,2%, da energia gerada no SIN, sofre influência da sazonalidade hídrica, tendo nas biomassas uma complementariedade (ANEEL, 2019a).

A fonte biomassa gerou 52,2 mil GWh, no mês referência de dezembro/2018, quando incluída a geração para o autoconsumo, resultando numa participação de 8,3% da Oferta

¹ Universidade Federal de Alagoas. E-mail: josicleideamorim@gmail.com

² Universidade Federal da Paraíba. E-mail: jrmenezes@cear.ufpb.br

³ Universidade Federal da Paraíba. E-mail: eduvianalima@gmail.com

⁴ Universidade Federal da Paraíba. E-mail: brunocbns@gmail.com

Interna de Energia Elétrica, que teve como maiores geradores a fonte hidráulica e o gás natural, com representação de 67% e 8,5%, respectivamente (BRASIL, 2019b).

O setor sucroenergético brasileiro gera 11.410 MW de energia, com participação de 7% da potência outorgada no Brasil (CEISE BR; UNICA; COGEN; ABRACEEL, 2019). Tal representatividade tende a crescer, contudo, fazem-se necessários aportes financeiros para fazer face a investimentos tecnológicos que visem maximizar o potencial técnico de geração de bioeletricidade, visto que, atualmente, o potencial dos resíduos da cana-de-açúcar não é totalmente aproveitado, em função das tecnologias que têm sido adotadas no país.

Diante disso, conhecer a potencialidade de geração de bioeletricidade sucroenergética, bem como sua distribuição espacial, possibilitará novos conhecimentos acerca do setor, além de contribuir para elaboração de políticas públicas que promovam o acesso a créditos para investimentos em tecnologias limpas, justificando-se, portanto, a realização desta pesquisa, que inicia-se com a seguinte indagação: **Como está espacialmente distribuído o potencial de geração de bioeletricidade sucroenergética na Paraíba?**

Para responder a essa indagação, o objetivo desta pesquisa é o de elaborar um mapa da distribuição espacial do potencial de geração de bioeletricidade sucroenergética na Paraíba.

Para tanto, mensurou-se, inicialmente, a potencialidade da bioeletricidade sucroenergética do Estado, com base em cenários que compreendem caldeiras de 100 bar/540 °C, grelhas rotativas, leito fluidizado, com ou sem ciclo regenerativo (PERDONÁ, 2015). Em seguida, elaborou-se o mapa com o uso do software Quantum GIS (QGIS), versão 3.8.

Os resultados apontam que levando em consideração a produção de cana-de-açúcar na safra de 2018/2019, para o estado da Paraíba, os municípios de Santa Rita e Pedras de Fogo possuem maior potencialidade para geração de bioeletricidade sucroenergética.

Conclusivamente, os achados da pesquisa evidenciam que o estado da Paraíba, com base na atual rota tecnológica empregada, possui capacidade para gerar bioeletricidade inferior à possível potencialidade que é gerada por meio dos cenários propostos nesta pesquisa.

PANORAMA DO SETOR SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais cultivadas no mundo, sendo o Brasil, tradicionalmente, o maior produtor mundial. A canavicultura representa o terceiro maior cultivo em área plantada no país, e na safra de 2018/19, apresentou uma área colhida

correspondente a 8,59 milhões de hectares, atingiu a estimativa de produtividade de 72.231 kg/ha e produziu 620,44 milhões de toneladas de cana (IBGE, 2017a; CONAB, 2019).

Do total de cana-de-açúcar produzida no país, 48% foram destinados para produzir açúcar e os outros 52% para a produção do etanol no período de 2018/19. O açúcar produzido correspondeu a 29,04 milhões de toneladas, e, desse total, 25% ficaram no mercado interno e 75% foram exportados, tendo como principais países de destino: Argélia (2,2 milhões de toneladas), Bangladesh (2,0 milhões de toneladas), Índia (1,6 milhão de toneladas), Arábia Saudita (1,2 milhão de toneladas) e Nigéria (1,2 milhão de toneladas). Por outro lado, dos 52% de cana-de-açúcar que foram destinados para a produção de etanol, tem-se que foram produzidos 23,58 bilhões de litros do hidratado e 9,56 bilhões de litros do anidro, sendo esse último comercializado na proporção de 93% para o mercado interno e 7% para exportação, principalmente, para os Estados Unidos (985,1 milhões de litros), Coreia do Sul (566,5 milhões de litros), Japão (109,5 milhões de litros), Holanda (72,6 milhões de litros) e Colômbia (24,3 milhões de litros) (CONAB, 2019; DEPEC, 2019).

As plantações de cana-de-açúcar estão distribuídas por vários estados do Brasil, sendo que na safra de 2018/2019 as regiões que mais produziram foram: Sudeste (400,31 milhões de toneladas), Centro-Oeste (136,86 milhões de toneladas) e Nordeste (44,42 milhões de toneladas). Com isso, o Nordeste posicionou-se no terceiro lugar do *ranking* da produção de cana-de-açúcar do país, como também na produção de açúcar (2.383.454 toneladas) e de etanol (1.766.792 m³) (CONAB, 2019; BRASIL, 2019a).

Nomeadamente, a Paraíba ocupa a terceira posição no *ranking* de produção de cana-de-açúcar entre os estados do Nordeste, tendo produzido na safra 2018/19 o equivalente a 5.597.209 toneladas de cana, ocupando uma área de 122,1 mil hectares, com produtividade de 45.771 kg/ha. Do total gerado, 15,8% foram destinados para fabricação de açúcar e 84,2% para a produção de etanol. A colheita dessa safra foi realizada em 75,3% de forma manual e em 24,7% com o uso de mecanização (CONAB, 2019; BRASIL, 2019a).

A mesorregião da Mata Paraibana é a área que mais produz cana-de-açúcar no estado, sendo que os municípios de Santa Rita, Mamanguape, Rio Tinto, Sapé, Caaporã e Pedras de Fogo foram os maiores produtores no ano de 2017 (IBGE, 2017b).

As usinas paraibanas atingiram a marca de produção açucareira equivalente a 117.538 toneladas. Em relação ao etanol, produziram o correspondente a 382.570 m³, e, desse total, 152.662 m³ foram do anidro e 229.908 m³ do hidratado. Em termos de posicionamento no *ranking* de produção na região Nordeste, tem-se que o estado ocupou a quarta posição na produção de açúcar, perdendo para os estados de Alagoas, Pernambuco e Rio Grande do

Norte. Classificou-se na terceira posição na produção de etanol, cujos maiores produtores foram Alagoas e Pernambuco, na safra 2018/19 (BRASIL, 2019a).

No que tange à produção de bioeletricidade sucoenergética, o país tem avançado em termos de investimentos tecnológicos para sua geração, visto ser essa uma fonte de energia limpa e renovável, que, além de contribuir para diversificar a matriz energética, proporciona complementariedade e segurança ao Sistema Interligado Nacional (SIN), bem como reduz a emissão de CO₂ e o lançamento de resíduos que afetam o meio ambiente. Destaca-se, também, que a geração de bioeletricidade advinda da queima dos resíduos agroindustriais canavieiros (bagaço, palha e ponteiros de cana-de-açúcar) tem garantido o autoconsumo de energia nas usinas e possibilitado a distribuição do excedente produzido para o SIN, gerando receita adicional para as usinas (CEISE BR; UNICA; COGEN; ABRACEEL, 2019).

A venda e compra de bioeletricidade sucoenergética é feita por meio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que atua na promoção de leilões de energia e viabiliza os procedimentos de compra e venda de energia na esfera do SIN, entre outras. Assim, as negociações ocorrem em dois ambientes de comercialização do setor elétrico brasileiro: Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL). No ACR, participam agentes de geração e de distribuição de energia, cujas negociações, que possuem regulação específica, formalizam-se em Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado. Já no ACL, participam os agentes de geração, comercializadores, importadores e exportadores de energia, além dos consumidores livres e especiais de energia elétrica, os quais, livremente, negociam e estabelecem, em contratos bilaterais, registrados na CCEE, os volumes e preços de venda e compra de energia (CEISE BR; UNICA; COGEN; ABRACEEL, 2019; CCEE, 2019a; CCEE, 2019b).

Da energia elétrica comercializada no ano de 2018, tem-se que 200 usinas de biomassa de cana-de-açúcar firmaram contratos em torno de 1,5 GWmed, totalizando uma participação de 3,9% da energia exportada da bioeletricidade sucoenergética para a matriz elétrica brasileira, cuja exportação para o Sistema Interligado Nacional se deu na proporção de 60% por meio do Ambiente de Contratação Livre, 20% no Ambiente de Contratação Regulada, e outros 20% nos dois ambientes de contratação, cujos valores estipulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica para o Preço de Liquidação de Diferenças (PLD) foram fixados em R\$505,18/MWh para o limite superior e de R\$40,16/MWh para o limite inferior (EPE, 2019).

O Brasil possui, em operação e com outorgas regularizadas, 404 usinas termelétricas que geram bioeletricidade do bagaço da cana-de-açúcar, as quais têm potência instalada equivalente a 11.264.992 kW, cuja representatividade corresponde a 76,8% da geração integral das demais termelétricas por biomassas (14.674.736 kW) existentes no país (ANEEL, 2019a).

A bioeletricidade sucroenergética paraibana tem garantido ao setor sua autossuficiência, abrangendo cinco usinas termelétricas em operação. Dessas, duas são de Autoprodução de Energia (APE) e três de Produção Independente de Energia (PIE), cuja potência outorgada corresponde a 98.100 kW, conforme o Banco de Informações de Geração (BIG) (ANEEL, 2019b).

Apesar de haver vantagens na geração de bioeletricidade sucroenergética, devido à possibilidade de autoconsumo pelas usinas, da venda do excedente gerado e dos benefícios ao meio ambiente, fazem-se necessários altos investimentos, tanto para aquisição de tecnologias eficientes, como também para a modernização do parque industrial já existente, de modo a garantir melhores resultados para o setor, já que a produção da bioeletricidade está atrelada a rotas tecnológicas que, a depender de suas configurações, poderão garantir maior potencial de geração de energia elétrica.

Os aparatos tecnológicos necessários para a cogeração de energia elétrica em central termelétrica a vapor, cuja fonte de energia são os resíduos agroindustriais das usinas sucroenergéticas, abrangem, entre outros: geradores de vapor (caldeiras); turbinas de vapor (contrapressão pura ou condensação com extração); redutor de velocidades; gerador (alternador); sistemas de refrigeração de mancais do turbogerador; subestação elevatória e o sistema de transmissão de energia; além de um conjunto de sistemas periféricos, como alimentação da caldeira (MATEUS, 2010; SANTOS, 2012).

Atualmente, encontram-se no mercado inovações tecnológicas que têm garantido maior eficiência energética das caldeiras e turbinas, a exemplo de caldeiras de alta pressão de vapor e temperatura (classe de pressão de até 100 bar e 540°C), com grelhas rotativas, com ciclo regenerativo e leito fluidizado. Tais configurações têm proporcionado capacidade de exportação de energia elétrica de até 110 kWh por tonelada de cana, garantindo melhorias tanto no que tange ao potencial, quanto ao consumo energético (PERDONÁ, 2015).

É oportuno ressaltar que para mensurar a potencialidade de geração de bioeletricidade sucroenergética, devem-se levar em consideração a dimensão da planta de cogeração das usinas, o vapor produzido e consumido na produção sucroalcooleira, entre outros fatores.

METODOLOGIA

Esta pesquisa classifica-se como exploratória, já que tal tipologia fornece informações desconhecidas, com vista a reconhecer uma situação sem a pretensão de solucionar os problemas identificados (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006), sendo empregada, portanto, pela ausência de estudos que contemplem a distribuição espacial do potencial de geração de bioeletricidade sucroenergética no estado da Paraíba.

Quanto aos procedimentos, foram empregadas a pesquisa bibliográfica e a documental, uma vez que se fez necessário revisar a literatura, bem como recorrer a documentos que serviram de fontes secundárias, as quais abrangeram estatísticas e outros dados do setor, sobretudo daqueles divulgados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

Adotou-se a abordagem quantitativa, que se caracteriza pela utilização de bases matemáticas e meios estatísticos (RICHARDSON, 2007), tendo sido aplicada para mensurar a potencialidade de geração de bioeletricidade pelas usinas sucroenergéticas da Paraíba, considerando-se, para tanto, cenários que compreendem caldeiras de 100 bar/540 °C, grelhas rotativas, leito fluidizado, com ou sem ciclo regenerativo (PERDONÁ, 2015).

A área de estudo desta pesquisa abrangeu a Zona da Mata paraibana, especificamente os municípios com usinas sucroenergéticas instaladas, quais sejam: Santa Rita, Pedras de Fogo, Mamanguape, Mataraca e Caaporã.

A distribuição espacial da potencialidade de geração de bioeletricidade sucroenergética paraibana foi evidenciada em um mapa gerado por meio do QGIS, versão 3.8, o qual consiste em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) gratuito, de código aberto, licenciado sob Licença Pública Geral GNU, desenvolvido pela *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), cujas funcionalidades permitem, entre outras, visualizar, editar e gerar dados espaciais (QGIS.ORG, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estado da Paraíba está localizado no litoral oriental do Nordeste, numa área correspondente a 56.467,239 km², com população equivalente a 3.766.528 de habitantes, conforme o último censo de 2010 (IBGE, 2019).

A canavicultura é uma das principais culturas temporárias paraibanas, tendo garantido ao Estado representação na produção de cana-de-açúcar do Nordeste. Atualmente, das oito usinas instaladas no Estado, três delas possuem produção mista de açúcar e etanol, quatro produzem apenas o etanol, e uma delas produz, exclusivamente, o açúcar.

A produção de cana-de-açúcar no Estado sofre variações em decorrência de condições climáticas, que por vezes provocam déficit hídrico, baixa pluviosidade e má distribuição das chuvas, cujas condições prejudicam o desenvolvimento do plantio. O desempenho da produção de cana-de-açúcar nos últimos cinco anos é mostrado na Figura 1.

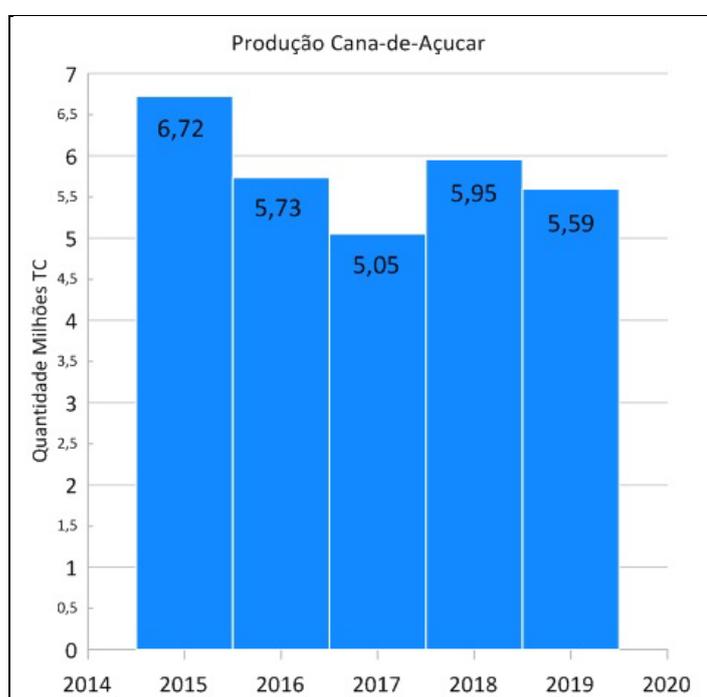


Figura 1. Produção de cana-de-açúcar - safras 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18 e 2018/19 – PB.
Fonte: Elaborado pelos autores, mediante dados secundários (BRASIL, 2017a; 2017b; 2017c; 2018; 2019a).

Constatou-se, portanto, que para a safra de 2018/19, o Estado produziu 5.597.209 toneladas de cana-de-açúcar, garantindo a produção açucareira, de etanol e de bioeletricidade sucroenergética. Contudo, tem-se que em termos de bioeletricidade, o seu aproveitamento está abaixo da capacidade de geração para o Estado, uma vez que as tecnologias empregadas, bem como a utilização dos resíduos agroindustriais, ainda carecem de otimização.

Infer-se que a planta termelétrica influenciará no potencial gerador de bioeletricidade, de modo que quanto maior a eficiência tecnológica adotada, maior a capacidade de geração de energia. Assim, considerando-se os cenários tecnológicos propostos por Perdoná (2015), o potencial de geração de bioeletricidade sucroenergética pode alcançar diferentes volumes de energia por tonelada de cana processada, conforme Figura 2.

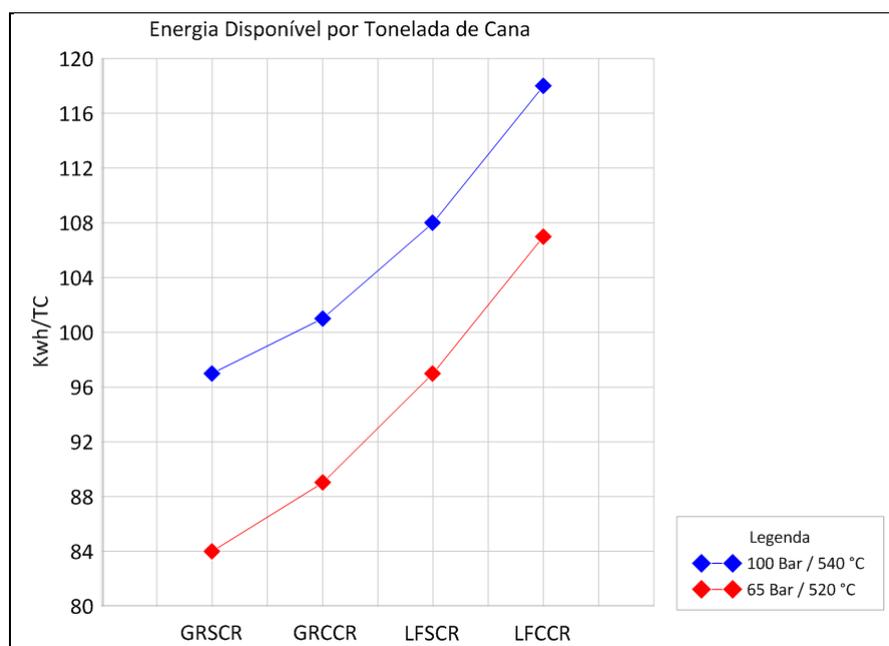


Figura 2. Energia disponível por tonelada de cana processada.

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptada de Perdoná, 2015.

Legenda: GRSCR - Grelha rotativa, sem ciclo regenerativo; GRCCR – Grelha rotativa, com ciclo regenerativo; LFSCR – Leito fluidizado, sem ciclo regenerativo; LFCCR – Leito fluidizado, com ciclo regenerativo.

Com esses cenários, mensurou-se a potencialidade de geração de bioeletricidade sucroenergética paraibana, considerando-se a safra canavieira 2018/19, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Potencialidade de geração de bioeletricidade sucroenergética relativa à safra 2018/19 - Paraíba.

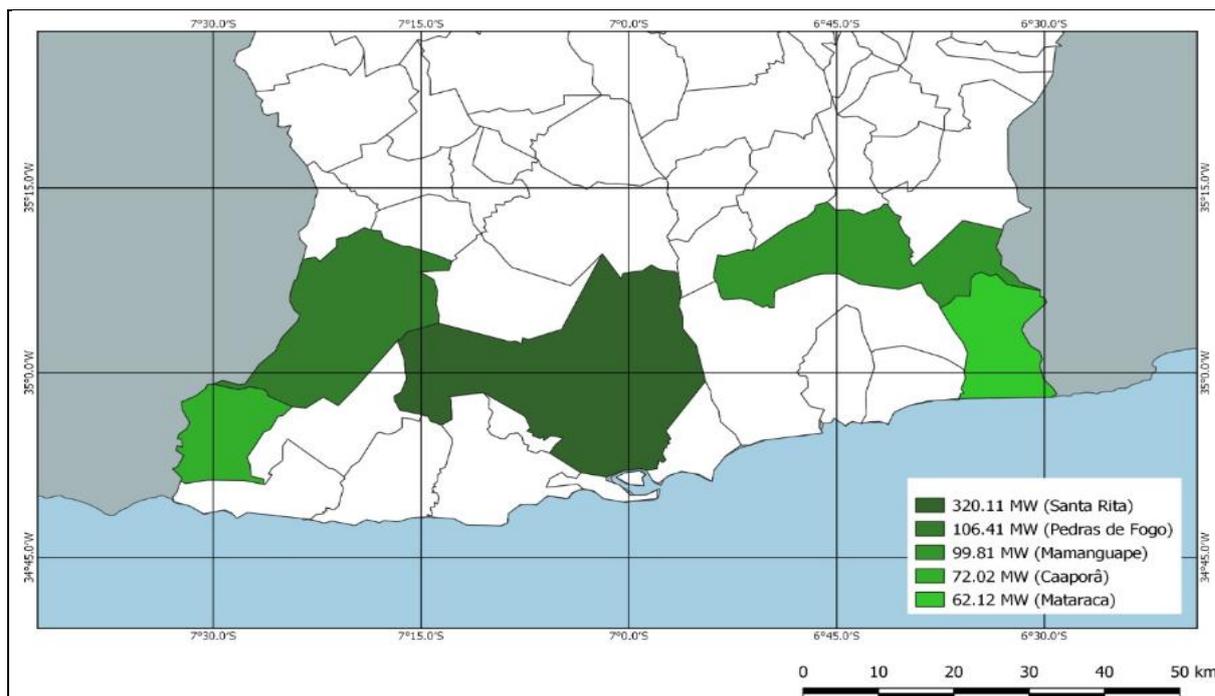
SAFRA	PRODUÇÃO (t)	TECNOLOGIA EMPREGADA (Caldeira 100 Bar/540 °C)	KW/TC	POTÊNCIA MWh
2018/2019	5.597.209	GRSCR	97,00	542,93
		GRCCR	103,00	576,51
		LFSCR	108,00	604,50
		LFCCR	118,00	660,47

Fonte: Elaborado pelos autores, mediante dados secundários da pesquisa, 2019.

Legenda: GRSCR - Grelha rotativa, sem ciclo regenerativo; GRCCR – Grelha rotativa, com ciclo regenerativo; LFSCR – Leito fluidizado, sem ciclo regenerativo; LFCCR – Leito fluidizado, com ciclo regenerativo.

Constatou-se que entre as tecnologias aplicadas, as de maior eficiência são as que adotam leito fluidizado, com ou sem ciclo regenerativo. Assim, considerando-se a produção de 2018/19 e empregando-se caldeira de 100 bar/540 °C, leito fluidizado e ciclo regenerativo, a Paraíba teria gerado 660,47 MWh para a safra.

Mediante tal mensuração, foi possível proceder à distribuição espacial da potencialidade de geração de bioeletricidade sucroenergética da Paraíba, a qual está evidenciada no Mapa 1, que foi gerado por meio do QGIS, versão 3.8.



Mapa 1. Distribuição espacial da potencialidade de geração de bioeletricidade sucroenergética na Paraíba.
Fonte: Elaborado pelos autores, mediante dados secundários da pesquisa, 2019.

De acordo com o Mapa 1, que considerou a produção de cana-de-açúcar moída na safra 2018/19, por município, constatou-se que a cidade de Santa Rita tem maior potencialidade para geração de bioeletricidade sucroenergética na Paraíba, com capacidade de geração correspondente a 320,11 MW, seguido pelas cidades de Pedras de Fogo (106,41MW), Mamanguape (99,81 MW), Caaporã (72,02 MW) e Mataraca (62,12 MW).

Destaca-se que a mensuração e a distribuição espacial da potencialidade para geração de bioeletricidade sucroenergética paraibana, ora apresentada nesta pesquisa, referem-se a uma estimativa, visto que o tamanho da planta de cogeração de cada usina, bem como a geração de vapor produzido e consumido no processo produtivo não foram levados em consideração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A matriz elétrica brasileira constitui-se em 84,1% por fontes renováveis e em 15,9% por não renováveis, com potência instalada correspondente a 163.654.468 kW. As renováveis compreendem as fontes hidráulica (74,2%), eólica/fotovoltaica (8,3%) e biomassa (1,6%). Encontram-se em operação, no Brasil, 404 termelétricas de resíduos agroindustriais da cana-de-açúcar, cuja potência instalada equivale a 11.264.992 kWh. Especificamente, a Paraíba possui 36 empreendimentos em operação, com capacidade de geração correspondente a

889.357 kW de potência. Desse total, tem-se que 15 são usinas termelétricas, com potência equivalente a 619.237 kW, das quais 5 delas têm como fonte o bagaço da cana-de-açúcar, com potência outorgada de 98.100 kW (ANEEL, 2019a).

A bioeletricidade sucroenergética representa uma importante fonte de energia para o país, sendo utilizada para o autoconsumo das usinas, mas, também, para exportação do excedente para a rede de distribuição, proporcionando complementariedade ao Sistema Interligado Nacional. Além disso, tem contribuído para reduzir a emissão de gases de efeito estufa e de resíduos, bem como de outros poluentes que impactam o meio ambiente.

Dada a importância do uso de tecnologias limpas na geração de energia elétrica para o país, esta pesquisa teve por objetivo elaborar um mapa da distribuição espacial do potencial de bioeletricidade sucroenergética na Paraíba. Para tanto, utilizaram-se cenários com rotas tecnológicas eficientes para mensurar a potencialidade da bioeletricidade sucroenergética do Estado, e, a partir disso, procedeu-se à distribuição espacial da potencialidade de geração de bioeletricidade sucroenergética em um mapa que foi gerado por meio do QGIS, versão 3.8.

Os resultados apontam que se considerando a produção de 5.597.209 toneladas de cana-de-açúcar e empregando-se caldeira de 100 bar/540 °C, leito fluidizado e ciclo regenerativo, a Paraíba teria gerado 660,47 MWh para a safra 2018/19, sendo o município de Santa Rita (320,11 MW) o de maior potencialidade para geração de bioeletricidade sucroenergética. Salienta-se que esses resultados são estimados, tendo em vista que não foram levados em consideração o tamanho da planta de cogeração das usinas, geração de vapor produzido e do vapor consumido no processo produtivo.

Com base nos resultados da pesquisa, evidencia-se que a Paraíba possui capacidade para gerar bioeletricidade sucroenergética. Contudo, baseando-se na rota tecnológica adotada pelo Estado, conclui-se que a geração de energia elétrica tem sido abaixo da potencialidade que é gerada por meio dos cenários propostos nesta pesquisa. De modo conclusivo, pode-se afirmar que a Paraíba pode ampliar a sua participação na geração de bioeletricidade sucroenergética, necessitando, portanto, de investimentos em tecnologias eficientes, de modo a garantir maior potencialidade de geração para os municípios com usinas instaladas.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Informações gerenciais dezembro 2018**. 2019a. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+++%C2%BA+trimestre+de+2018/36e91555-141a-637d-97b1-9f6946cc61b3?version=1.2>. Acesso em: 25 mai. 2019.

_____. **Banco de informações de geração. Capacidade de geração do estado Paraíba,** 2019b. Disponível em:
<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp>. Acesso em: 28 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Acompanhamento da produção sucroalcooleira.** 2014-2015. 2017a. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/acompanhamento-da-producao-sucroalcooleira> . Acesso em: 15 set. 2019.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Acompanhamento da produção sucroalcooleira.** 2015-2016. 2017b. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/acompanhamento-da-producao-sucroalcooleira>. Acesso em: 15 set. 2019.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Acompanhamento da produção sucroalcooleira.** 2016-2017. 2017c. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/acompanhamento-da-producao-sucroalcooleira>. Acesso em: 15 set. 2019.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Acompanhamento da produção sucroalcooleira.** 2017-2018. 2018. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/acompanhamento-da-producao-sucroalcooleira>. Acesso em: 15 set. 2019.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Acompanhamento da produção sucroalcooleira.** 2018-2019. 2019a. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/acompanhamento-da-producao-sucroalcooleira>. Acesso em: 15 set. 2019.

_____. Ministério de Minas e Energia. Secretária de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Departamento de Informações e Estudos Energéticos. **Boletim mensal de energia mês referência: dezembro de 2018.** 2019b. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/Boletim+Mensal+de+Energia+dez+2018.pdf/056f82ae-60f8-430e-aafc-cfe127f7af01>. Acesso em: 25 mai. 2019.

CCEE. **Razão de ser.** 2019a. Disponível em:
https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/quem-somos/razao-de-ser?_adf.ctrl-state=no3w8xjs2_5&_afLoop=308596037924381#!. Acesso em: 15 jul. 2019.

_____. **Ambiente livre e ambiente regulado.** 2019b. Disponível em:
https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/como-participar/ambiente-livre-ambiente-regulado?_afLoop=320061911926167&_adf.ctrl-state=e2g2re2cu_1#!%40%40%3F_afLoop%3D320061911926167%26_adf.ctrl-state%3De2g2re2cu_9. Acesso em: 15 jul. 2019.

CEISE BR; ÚNICA; COGEN; ABRACEEL. **A bioeletricidade da cana e o mercado livre de energia elétrica no Brasil.** 2019. Disponível em:
<http://www.ceisebr.com/conteudo/cartilha-a-bioeletricidade-da-cana-e-o-mercado-livre-de-energia-eletrica-no-brasil.html>. Acesso em: 25 maio 2019.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 5 - Safra 2018/19, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, abril de 2019. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 26 maio 2019.

DEPEC-BRADESCO. **Agricultura julho 2019**. 2019. Disponível em: https://www.economiaemdia.com.br/BradescoEconomiaEmDia/static_files/pdf/pt/monitores/s-etorial/infset_agricultura.pdf. Acesso em: 22 set. 2019.

EPE. **Análise de Conjuntura de Biocombustíveis ano 2018**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-167/An%C3%A1lise_de_Conjuntura_Ano%202018.pdf. Acesso em: 15 jul. 2019.

IBGE, Coordenação de Geografia. **A Geografia da cana-de-açúcar**. Editora: IBGE. Rio de Janeiro, 2017a.

_____. Censo agropecuário 2017. 2017b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/>. Acesso em: 27 jul. 2019.

_____. **IBGE cidades**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>. Acesso em: 25 out. 2019.

MATEUS, Liliana Adriana Nappi. **Análise dos aspectos ambientais e energéticos do setor sucroalcooleiro do Estado de Minas Gerais**. 2010. 199 fl. Dissertação de Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

PERDONÁ, Rogério C. **Aproveitamento Energético de Resíduos e Biomassa**. 2015. Disponível em: https://www.crq4.org.br/sms/files/file/aproveitamento_biomassa_perdona_odebrecht.pdf. Acesso em 13 jul. 2019.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2007.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Pilar Baptista. **Metodologia de pesquisa**. 3. Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SANTOS, Fernando Alves dos. **Análise da aplicação da biomassa da cana como fonte de energia elétrica: usina de açúcar, etanol e bioeletricidade**. 2012. Dissertação de mestrado em Engenharia. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2012.

QGIS.ORG. **QGIS - a liderança do SIG de código aberto**. 2019. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html. Acesso em 25 out. 2019.