



ARTIGO

# Biomassa, energia e desenvolvimento na região Nordeste do Brasil: Histórico e perspectivas

**Rômulo S. C. Menezes (Professor/UFPE), Emmanuel D. Dutra (Professor UFPE), Edvaldo P. Santos Júnior (Doutorando/UFPE), Maria Helena Sousa (Doutoranda/UFPE), Elias G. M. Silva (Doutorando/UFPE), Samuel A. Silva (Professor/UFRPE), Aldo T. Sales (Pesquisador/UFRPE), Everardo V. S. B. Sampaio (Professor/Proten-UFPE)**

Os avanços da humanidade sempre estiveram associados ao seu sucesso em coletar e utilizar energia. O forte desenvolvimento tecnológico e crescimento econômico mundial ao longo dos últimos dois séculos só foi possível devido à alta densidade energética, abundância e baixo custo dos combustíveis fósseis. Entretanto, o uso intensivo dos combustíveis fósseis teve consequências ambientais e geopolíticas negativas, as quais têm se agravado nas últimas décadas. Com isso, há um esforço mundial para a ampliação do uso de fontes de energia renováveis, com ênfase na energia solar, eólica e da biomassa. O presente artigo discute sobre o uso da biomassa para aproveitamento energético na região Nordeste do Brasil (NE) e seus efeitos sobre o desenvolvimento regional no passado, presente e futuro.

Ao longo da história, as civilizações foram suportadas principalmente pela energia contida em fontes de biomassa. Isso foi também observado na região Nordeste do Brasil, onde a ocupação humana após a colonização europeia foi viabilizada pela energia retirada,

principalmente, da lenha da vegetação nativa. Porém, poucas pessoas conhecem em detalhes a importância da biomassa para o desenvolvimento da região ao longo dos últimos séculos, e como a bioenergia continua influenciando fortemente a economia regional. É um assunto que merece ser evidenciado para que se identifiquem as atuais oportunidades proporcionadas pela economia em torno do carbono, as quais tendem a crescer no futuro.

Na região NE do Brasil, as oportunidades de aproveitamento da biomassa são variadas. Alguns arranjos produtivos tradicionais continuam ativos, como a cana-de-açúcar e a lenha da caatinga, mas sua viabilidade econômica e ambiental tem diminuído gradualmente nas últimas décadas, o que ameaça sua sustentabilidade. Em paralelo, quantidades substanciais de outras fontes de biomassa com potencial energético, como resíduos de processos agrícolas ou urbanos, ainda são pouco utilizadas ou totalmente desperdiçadas na região. Há, portanto, oportunidades de geração de novas cadeias de valor baseadas nessas

fontes de biomassa. Porém, é necessário desenvolver tecnologias viáveis tanto para o aproveitamento desses resíduos, quanto para aprimorar as formas de uso das fontes de biomassa tradicionais. Além disso, é importante identificar novas fontes de biomassa que, no futuro, poderiam embasar cadeias produtivas com potencial de gerar empregos e renda e fomentar a bioeconomia na região Nordeste do Brasil.

Várias destas questões têm sido discutidas e avaliadas no contexto do OndaCBC (Observatório Nacional da Dinâmica da Água e do Carbono no Bioma Caatinga), uma rede de pesquisa cofinanciada pela FACEPE, CNPq e Capes, e integrante do Programa de Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia. O OndaCBC é sediado na UFPE, reúne grupos de 17 instituições de pesquisa nacionais e 5 internacionais e conta com sete sub-redes de pesquisa (para mais informações, visite o site do OndaCBC: [www.ondacbc.com.br](http://www.ondacbc.com.br)). Uma das sub-redes é a Rede de Pesquisa e Inovação em Energia no Semiárido (REPIENSA), que reúne diversas universidades (UFPE, UPE, UFRPE, UFRN) e Centros de Pesquisa (Cetene, IPA e INSA) do Nordeste e tem como objetivos a formação de recursos humanos, a interação com o setor produtivo e startups e a realização de pesquisas para auxiliar no desenvolvimento e na inovação para o uso sustentável de biomassas de zonas secas para produção de biocombustíveis, energia térmica e elétrica e bioprodutos de alto valor agregado.

O presente artigo aborda algumas dessas questões, identifica as fontes de biomassa com maior potencial, levanta hipóteses e sugere temas de pesquisas, desenvolvimento tecnológico e políticas públicas que possam contribuir para o fortalecimento e crescimento sustentável desse setor na região NE do Brasil.

## **A IMPORTÂNCIA HISTÓRICA DAS FONTES DE BIOMASSA NA ECONOMIA NORDESTINA**

Muito antes da chegada dos europeus, as populações tradicionais da região Nordeste faziam uso das plantas como fonte de alimentação, produtos medicinais, calor para a preparação de alimentos ou para a confecção de moradias, utensílios e armas. Durante os primeiros séculos da colonização, a população do

Nordeste teve a lenha como fonte energética primária, assim como o restante do mundo. E foi a abundante vegetação florestal da Mata Atlântica que viabilizou uma das primeiras atividades de exploração econômica realizada no território brasileiro: a extração da madeira do pau-brasil para obtenção do corante vermelho, ou seja, o aproveitamento químico dessa biomassa para gerar substâncias de alto valor agregado.

No início da colonização, a lenha utilizada para energia era retirada da vegetação florestal ao longo do litoral à medida em que avançava a ocupação da região. A madeira abastecia as residências nos povoados iniciais e sustentava outras atividades econômicas, como a construção e a produção artesanal de bens de consumo e, gradualmente, foi utilizada para os processos de produção de açúcar nos engenhos que se estabeleceram na Zona da Mata. Devido à alta demanda, há muito tempo a extração e uso não sustentável da biomassa restringiu a disponibilidade de madeira e lenha nas regiões de maior densidade demográfica. Ou seja, os problemas relacionados ao uso não sustentável de energia são antigos nessa e em outras regiões do mundo.

A colonização do interior da região Nordeste também foi impulsionada em consequência da cadeia produtiva de biomassa. No início do século XVIII, a coroa portuguesa reduziu a atividade pecuária no litoral, visando a proteção dos canais, que eram danificados pelos rebanhos. Com isso, a produção pecuária foi deslocada em direção à região semiárida, onde se estabeleceu e expandiu durante os séculos seguintes, tornando-se uma região fornecedora de couro, animais de trabalho e carne. Essa expansão, entretanto, só foi possível devido à biomassa disponível como forragem na imensa área coberta pela vegetação nativa da caatinga. Durante boa parte do século XX, associada à atividade pecuária, a produção do algodão arbóreo, que tinha uma fibra longa, essencial para a produção têxtil mundial, gerou recursos significativos para o comércio regional, resultando no surgimento e na expansão de povoados e cidades. No final do século XX, o fim do ciclo do algodão na região semiárida coincidiu com um grande aumento da densidade populacional, na fragmentação fundiária e na urbanização na região. Todos esses processos, agravados pelas secas frequentes, levaram a uma redução da

produção per capita de biomassa agrícola, pecuária e florestal, agravando a situação de pobreza da maior parte da população.

Na região litorânea do Nordeste, a rápida expansão e exportação da produção de cana-de-açúcar, nos primeiros séculos de colonização, enfrentou a concorrência internacional no final do século XVII e a concorrência nacional mais forte no século XX. O choque no preço do petróleo, na década de 70 do século passado, levou a um grande incentivo à produção de etanol combustível para a frota de automóveis, com o Programa Nacional do Álcool. A potencialidade desta produção de combustível renovável teve os primeiros esforços em torno de 1930, mas só com o Programa houve uma grande expansão da cultura, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, embora tenha-se mantido como a principal cultura agrícola na faixa litorânea de Alagoas ao Rio Grande do Norte.

Portanto, observa-se o importante papel da biomass-

sa na geração de riquezas e na ocupação do território regional nos primeiros séculos após a chegada dos europeus. Mas, em contrapartida, houve uma gradativa redução da rentabilidade e/ou viabilidade ambiental da produção das fontes de biomassa tradicionais ao longo das últimas décadas. Sem o surgimento de novas cadeias produtivas de aproveitamento de biomassa adaptadas aos novos mercados serão perdidas oportunidades para fortalecimento da economia regional.

### PRINCIPAIS FONTES DE BIOMASSA DISPONÍVEIS ATUALMENTE NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Alguns pesquisadores já realizaram inventários para identificar os principais tipos de biomassa com potencial energético na região NE. O presente artigo refaz estes inventários, com base nos dados disponíveis mais recentes (Figura 1). Os dados de biomassa foram utilizados para calcular quanta energia poderia

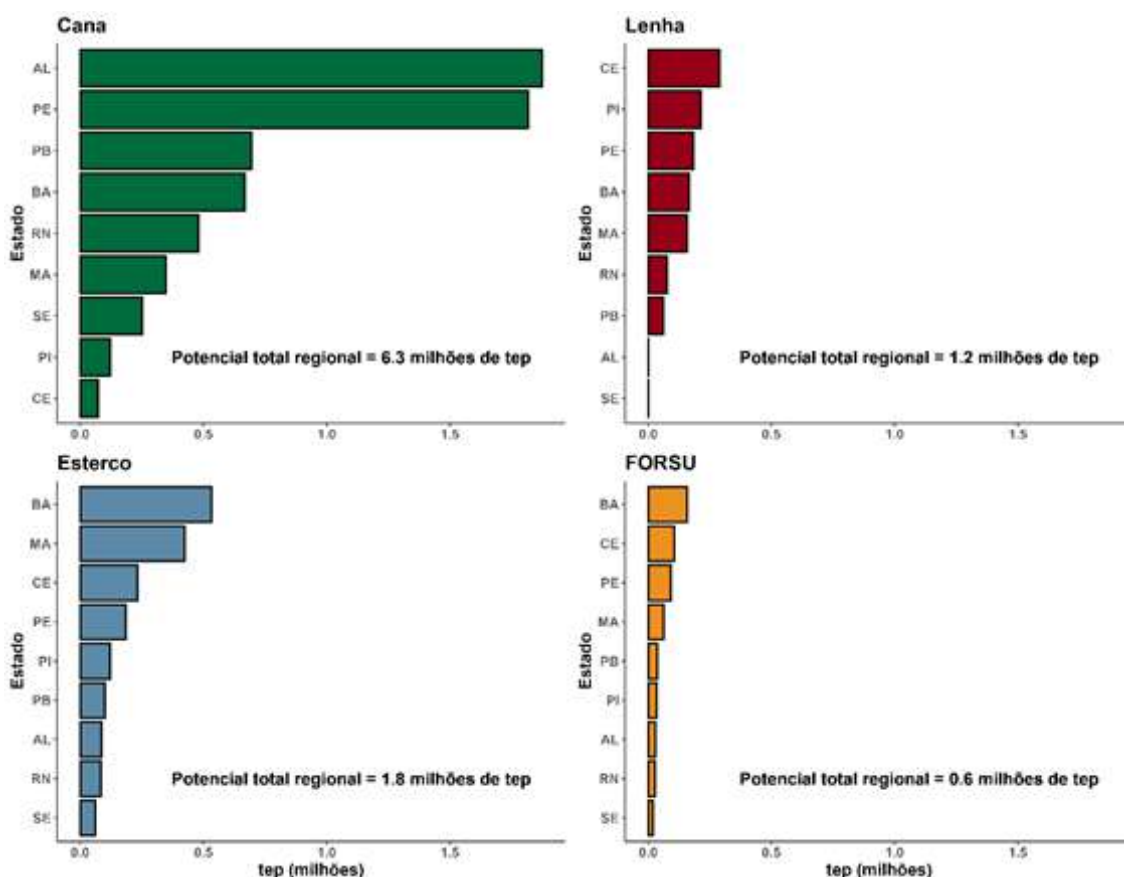


Figura 1: Estimativas do potencial de aproveitamento energético, em toneladas equivalentes de petróleo (tep), de fontes de biomassa produzidas na região NE do Brasil. Cana (soma das frações, bagaço, palha, etanol e vinhaça), Lenha (lenha produzida, dados do IBGE), Esterco (soma dos estercos de gado de corte e leite, ovinos, caprinos e de galináceos), FORSU (fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos).

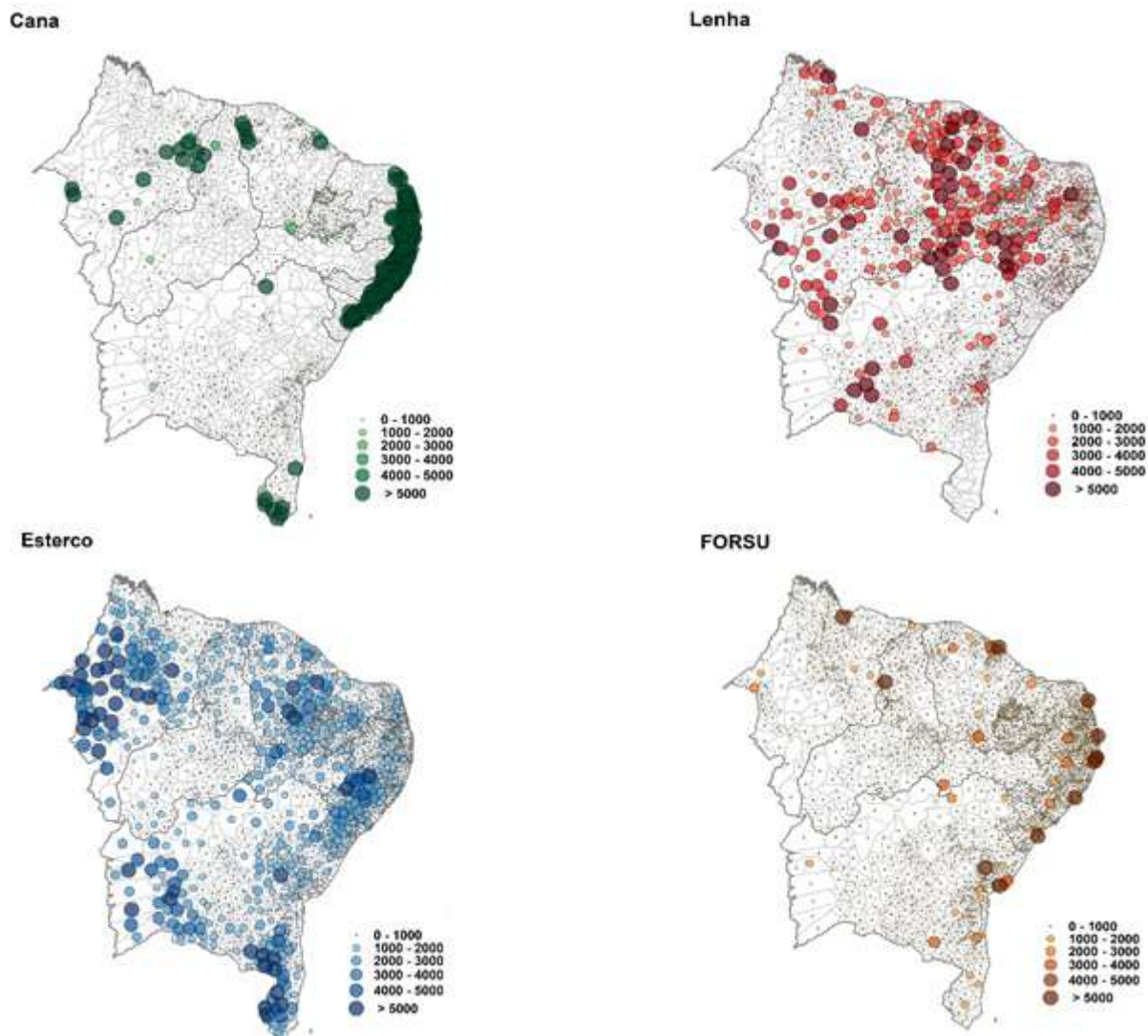


Figura 2: Estimativa da distribuição espacial de fontes de biomassa com potencial para aproveitamento energético, em toneladas equivalentes de petróleo (tep), por município, na região NE do Brasil. Cana (soma das frações, bagaço, palha, etanol e vinhaça), Lenha (lenha produzida, dados do IBGE), Esterco (soma dos esterco de gado de corte e leite, ovinos, caprinos e de galináceos), FORSU (fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos).

ser obtida a partir dos processos de conversão utilizados atualmente, como a fermentação para produção de etanol e a combustão direta ou a biodigestão anaeróbia para produção de biogás. Alguns tipos de biomassa, como o esterco, por exemplo, são produzidos em grandes quantidades, mas apenas parte pode ser viavelmente coletada para processamento, portanto, apenas essa fração passível de processamento foi considerada para a estimativa de aproveitamento energético.

A cana-de-açúcar, produzida principalmente na Zona da Mata, e a lenha, extraída principalmente da caatinga, ainda aparecem como as fontes mais utilizadas

para aproveitamento energético. O esterco animal e a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU) destacam-se quanto ao potencial para aproveitamento energético, pois são produzidas em grandes quantidades, mas ainda são pouco aproveitadas.

Há produção significativa de vários tipos de biomassa, mas algumas fontes ainda não são aproveitadas como fonte de energia. Isso se dá, em parte, porque a viabilidade do aproveitamento energético dessas fontes depende da relação entre a localização e a demanda energética e, muitas vezes, o transporte por longas distâncias inviabiliza o aproveitamento da biomassa. A cana-de-açúcar, por exemplo, é produzida na

Zona da Mata, nas áreas próximas às usinas, e todos os processos de produção de açúcar, etanol, geração térmica e elétrica podem ser realizados no mesmo espaço. No caso de fontes de biomassa produzidas de forma descentralizada, ou seja, pequenas quantidades de biomassa distribuídas em grandes áreas, a estratégia de aproveitamento deve focar no processamento em escala local, em pequenas unidades de beneficiamento e, preferivelmente, com objetivo de produzir múltiplos produtos no conceito de biorrefinarias (calor, biocombustíveis, eletricidade, produtos químicos, etc.). Sendo assim, é importante entender a distribuição espacial do potencial energético de biomassa no NE (Figura 2).

#### *Derivados da cana-de-açúcar (bagaço, etanol, palha e vinhaça)*

A cana-de-açúcar destaca-se com a maior oferta de energia na região, o que era esperado, tendo em vista que é uma planta excepcional para produção de biomassa. Além da produção de açúcar e etanol, os resíduos gerados no processamento industrial da cana apresentam grande potencial de aproveitamento energético. Na etapa industrial, o principal resíduo gerado é o bagaço, resultante da prensagem dos colmos para a extração do caldo. O etanol gerado a partir da fermentação do caldo da cana-de-açúcar (etanol de primeira geração) é a principal fonte de energia renovável de baixo custo e com baixas emissões, para a demanda nacional de combustíveis. No século XXI, o bagaço da cana-de-açúcar tornou-se o principal resíduo da agroindústria do Brasil, por vezes mais valioso que o etanol ou açúcar, apresentando diversas aplicações energéticas, principalmente para a geração de eletricidade e calor. Por ser viável técnica e economicamente, esta geração é feita em todas as usinas. Atualmente, a região Nordeste produz cerca de 6% da oferta nacional de cana, com produção de 51,4 milhões de toneladas e uma capacidade instalada de 887 MW. Porém, como nem todos os resíduos da cana são aproveitados para energia na região NE, como a palha e a vinhaça, por exemplo, cerca de um quarto da energia contida na planta não é aproveitada. Ainda no campo, no momento da colheita, as folhas das plantas são queimadas ou descartadas sobre o solo como palhada. Se 50% da palhada fosse

colhida para aproveitamento energético, haveria um aumento de 1,47 milhões de tep na oferta de energia no setor da cana-de-açúcar. Além disso, a vinhaça, resíduo líquido da produção de etanol, é gerada em grandes quantidades (12 – 15 L para cada L de etanol). O seu aproveitamento energético ainda é incipiente, mas poderia significar 0,28 milhões de tep adicionais a partir da biodigestão anaeróbia e produção de biogás. Espera-se que o aproveitamento da vinhaça seja aumentado nos próximos anos como estratégia de melhoria da nota de eficiência ambiental das usinas e comercialização dos créditos de carbono no contexto do programa RENOVABIO. Além disso, a vinhaça vem sendo testada como fonte promissora para a produção de H<sub>2</sub> e outros produtos de valor agregado.

Outros processos inovadores poderão aumentar a eficiência energética ou a rentabilidade do processamento da biomassa da cana. Por exemplo, além do etanol a partir do caldo, atualmente há muitos investimentos para o desenvolvimento de processos para o aproveitamento do bagaço e da palhada com a finalidade de produção do que se denomina etanol de segunda geração.

#### *Lenha*

Na região Nordeste do Brasil a dependência dos combustíveis da madeira é histórica e encontra-se atualmente associada às residências de baixa renda e indústrias locais, como as cerâmicas, gesseiras e siderúrgicas. Segundo o IBGE, a produção de lenha nos estados do Nordeste, em 2020, foi de cerca de 2,5 milhões de toneladas, com disponibilidade de energia de até 1,15 milhões de toneladas equivalentes ao petróleo (tep). Para efeito comparativo, essa energia é equivalente a cerca de 11% do consumo de eletricidade residencial do NE, considerando-se perdas de 75% na conversão da lenha em energia elétrica. Devido ao custo da lenha e à baixa eficiência do processo de conversão em energia elétrica, apenas três termelétricas utilizam carvão vegetal (ou seu gás residual) para geração de eletricidade na região.

Segundo estudos, até 60% da energia usada para cocção alimentícia na região é oriunda da lenha, participação tem aumentado devido à crise gerada pela

pandemia do COVID-19 e os atuais problemas de oferta energética global. Dados do Ministério do Meio Ambiente indicam que aproximadamente 80% da lenha produzida no Nordeste é advinda da vegetação da Caatinga, e que mais de 50% do bioma encontra-se sem cobertura florestal, o que é preocupante sob o ponto de vista da sustentabilidade. Devido à sua densidade energética, não é viável transportar a lenha por grandes distâncias, mas a viabilidade do transporte aumenta com a conversão da lenha em carvão, o que contribui para a extração da lenha nos locais mais distantes.

Porém, a extração e uso da lenha pode ser realizada com maior eficiência ambiental, a partir dos Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) e/ou do corte autorizado sem mudanças de uso da terra, os quais garantem a recuperação da área utilizada. Nos próximos anos, a madeira deve continuar a ser empregada nos processos de aquecimento, cocção, para o setor domiciliar, e geração de calor, nas indústrias da região. Estudos voltados ao uso mais eficiente da lenha e, no caso do consumo residencial, com menor impacto sobre a saúde das pessoas, merecem maior atenção da pesquisa e dos formuladores de políticas públicas.

Além da cana-de-açúcar e lenha, algumas biomassas são atualmente produzidas em grandes quantidades na região, porém são total ou amplamente desperdiçadas, como é o caso da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos e do esterco de animais.

#### *Fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU)*

Devido à intensificação dos processos de urbanização, crescimento populacional e surgimento de novos hábitos de consumo nas últimas décadas, a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU) tem se tornado uma importante fonte de biomassa residual disponível para aproveitamento energético na região Nordeste. Este material, composto principalmente por resíduos de alimentos e de podas vegetais, representa cerca de 45% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). No Nordeste, foram geradas,

em 2020, cerca de 8 milhões de toneladas de material orgânico nos RSU, principalmente nas grandes áreas urbanas das capitais, quase todas na zona litorânea. Eles praticamente não são aproveitados para geração de energia, tanto por falta de segregação, por falhas na coleta e pela ausência de unidades de processamento. Apenas um terço do que é gerado recebe destinação adequada, o que significa que a maior parte dos resíduos são levados para lixões e aterros controlados, causando impactos ambientais e sociais, como contaminação do solo, da água, aumento de arbovírus e emissões de gases de efeito estufa (GEE).

A utilização dos resíduos sólidos orgânicos como fonte de energia apresenta inúmeros benefícios. Além de mitigar os impactos ambientais decorrentes de sua destinação incorreta, reduz custos dos orçamentos municipais, principalmente com transporte e infraestrutura. Adicionalmente, é um recurso renovável e descentralizado que pode contribuir com o suprimento energético. O potencial de geração de energia de toda a FORSU produzida na região Nordeste atualmente pode chegar a 0,57 milhões de tep. A principal tecnologia de aproveitamento energético da FORSU atualmente é a queima do biogás gerado nos aterros sanitários, que pode ser enviado para motores que injetam eletricidade na rede local. Caso todo o resíduo gerado no NE fosse destinado para aterros e utilizado para produção de biogás, seria possível obter cerca de 0,41 milhões de tep a partir da sua queima. Se a escolha for pela geração de energia elétrica, este número pode atingir 0,14 milhões de tep ou 1642,5 GWh por ano, ou seja, energia suficiente para atender à 5,3% da demanda residencial de eletricidade da região.

#### *Esterco animal*

A região nordeste do Brasil conta com um rebanho de mais de 60 milhões de ruminantes e suínos e cerca de 185 milhões de aves, portanto há grande potencial para o aproveitamento energético da biomassa residual da cadeia produtiva de proteína animal. A grande quantidade de esterco produzida na região é passível de aproveitamento, ao menos parcialmente, através da digestão anaeróbia e produção de biogás. É importante destacar que a maior parte do esterco produzido é de difícil coleta e processamento, pois é depositado

nos pastos, no caso da criação de gado de corte, caprinos e ovinos. Os números do potencial de energia apresentados no presente artigo levam isso em consideração e contabilizam que seria possível aproveitar para produção de bioenergia apenas 47%, 20%, 80%, 30%, 30%, 89% do esterco produzido pelo rebanho de gado de leite, gado de corte, suínos, caprinos, ovinos e galináceos, respectivamente.

Muitos países já avançaram nesse setor e produzem altas quantidades de biogás a partir de resíduos animais. No Brasil os projetos em operação ainda são relativamente limitados, a maioria localizados no eixo sudeste-sul do país. O biogás possui alto percentual de metano em sua composição, o que o credencia a ser utilizado de maneira direta para geração de calor ou em motores adaptados. É possível também tratar o biogás transformando-o em biometano e possibilitando seu uso como um substituto do gás natural. Como a geração de energia a partir de resíduos animais depende dos custos de coleta e aproveitamento, seu aproveitamento é mais viável em propriedades grandes, de produção leiteira, no setor de suinocultura ou em áreas com confinamento animal. Além disso, podem ser aproveitados para energia também os resíduos do processamento de produtos animais, nos laticínios e indústrias de abate, por exemplo. No caso de propriedades menores, com pequenos rebanhos e gado criado solto nos pastos, o processamento poderá ocorrer através de biodigestores de pequena escala, para geração de energia térmica e, em menor grau (devido ao maior custo dos equipamentos), de energia elétrica.

#### *Outras fontes*

Além das fontes mais conhecidas, outros importantes estoques de biomassa podem ser encontrados na região Nordeste, e contribuem para atender à demanda energética mais localizada. A oferta a partir da poda de cajueiros, por exemplo, é centralizada no litoral cearense, e auxilia no suprimento de lenha, apesar da oferta estar diminuindo atualmente devido à substituição das variedades tradicionais pelo cajueiro anão. As plantações de coco também são uma importante fonte para a região, com a maior produção no litoral baiano e cearense, pois as cascas do coco têm grande

utilidade para uso como combustível na indústria de cerâmica vermelha e para produção de carvão.

Algumas espécies de palmeiras nativas, a exemplo do babaçu e do licuri, ocorrem naturalmente, em grandes áreas, no NE do Brasil e tem potencial como fonte de biomassa para energia. Sua distribuição atual dispensa a necessidade de investimento para plantio, mas até hoje não foram consolidadas cadeias de valor em torno do seu aproveitamento energético. Além disso, ainda em desenvolvimento, as florestas plantadas, principalmente de eucalipto, surgem como alternativa energética para a região, com plantações localizadas no sul da Bahia, para fornecimento às indústrias de base florestal. Provavelmente, nas próximas décadas, boa parte das áreas na Zona da Mata nordestina antes cultivadas com cana-de-açúcar e hoje subutilizadas, poderá ser destinada à plantação de espécies florestais para produção de biocombustíveis ou madeira, a depender do mercado e dos incentivos associados a esse setor.

#### **PERSPECTIVAS FUTURAS**

A região NE do Brasil vem passando por uma verdadeira revolução na produção e oferta de energias renováveis, principalmente com as fontes eólica e solar fotovoltaica. No entanto, a biomassa tradicional tem mantido destaque na oferta de energia primária, representando 30% da oferta regional. O grande desafio no futuro será o estabelecimento de novos arranjos de produção da biomassa, o aproveitamento das fontes já disponíveis (FORSU, vinhaça, esterco), e as estratégias de valorização integral das diferentes frações em abordagens modernas, como as biorrefinarias de primeira geração baseadas em cana-de-açúcar. Para a lenha e alguns tipos de resíduos lignocelulósicos, alternativas são a produção de pellets e briquetes, uma vez que concentram o conteúdo energético do material, tornando o transporte mais econômico. Há outras fontes de biomassa com potencial, como as águas residuárias do processo de saneamento urbano, que podem integrar etapas de produção de biogás durante o tratamento do esgoto (que vai aumentar na região). Outra frente que tem tido muito destaque no setor de pesquisa e inovação é a produção de hidrogênio verde, seja a partir de energia solar, eólica ou

até mesmo de RSU. Essas possibilidades serão investigadas quanto à sua viabilidade nos próximos anos.

Além disso, dadas as condições ambientais e as características da maior parte do NE brasileiro, pesquisas com biomassas de elevada eficiência no uso de água e bons rendimentos (palma forrageira e agave) serão imprescindíveis para viabilizar biorrefinarias na região. Acima de tudo, as políticas públicas para aproveitamento da bioenergia no NE devem buscar

oportunidades associadas à economia do carbono/ descarbonização, de forma a proporcionar alternativas sustentáveis para o setor. Para isso, serão necessários estudos que avaliem a viabilidade técnica-econômica e ambiental dos diferentes arranjos propostos e que também realizem análises holísticas sobre a produção e o uso da biomassa no nexo Energia-Alimento-Água no contexto da região NE do Brasil.

