

BIOMASSA COMO ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL

BIOMASS AS SUSTAINABLE ENERGY IN BRAZIL

GUILHERME HENRIQUE FÁVERO **SANTOS**¹, RAPHAEL SANTOS DO **NASCIMENTO**², GEZIELE MUCIO **ALVES**^{3*}

1. Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Ingá (UNINGÁ); 2. Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Ingá (UNINGÁ); 3. Bióloga, professora adjunta do Centro Universitário Ingá (UNINGÁ) – Centro Universitário.

* Uningá – Centro Universitário, Rodovia PR 317, 6114 Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87035-510. prof.gezielealves@uninga.edu.br

Recebido em 05/10/2016. Aceito para publicação em 20/11/2016

RESUMO

O crescente aumento do consumo de energia mundial favorece a busca por fontes renováveis de energia. Uma das opções existentes para o crescimento e desenvolvimento sustentável desta fonte se dá através da utilização de biomassas como insumo. Deste modo, este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de diferentes fontes de biomassa disponíveis no Brasil, evidenciando as principais fontes de biomassa com atrativo potencial de exploração e enfoque em suas capacidades energéticas. Este artigo foi desenvolvido sobre os preceitos do estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica. A biomassa existente no Brasil pode ser classificada em biomassa de origem florestal, de origem agrícola e dos rejeitos urbanos e industriais. Destacou-se a co-geração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar, cuja implantação é assegurada por uma safra constante, que libera elevada quantidade de resíduos (palha, bagaço). E em períodos de estiagem há a possibilidade de se produzir excedentes que poderão aproveitar as estruturas de transmissão de energia já existentes para distribuição. Essa atividade tem se tornado foco alternativo de renda e energia para muitas usinas, que juntamente com órgãos de pesquisa vêm desenvolvendo tecnologias que favoreçam o processo de queima para gerar excedentes.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa, energia renovável, geração de energia elétrica, sustentabilidade.

ABSTRACT

The global increasing of energy consumption favors the search about renewable energy sources. One option for growth and sustainable development of this source is through the use of biomass. Thus, this study aimed to evaluate the use of different sources of biomass available in Brazil, highlighting the main sources of biomass with exploration potential and focus on its energy capacity. This article was developed on the principles of the exploratory study, through a literature search. The biomass existing in Brazil can be classified as biomass from the forest, from agricultural sources and urban and industrial waste. It was highlighted the energy cogeneration from bagasse from sugarcane, whose implementation is ensured by a constant crop, which generates high amount of residues. In dry period there is

the possibility of to produce surpluses that will can utilize the transmission structures already existing. This activity has become an alternative for many plants, which together with research agencies are developing technologies that encourage the burning process to generate surpluses.

KEYWORDS: Biomass, renewable energy, electricity generation, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A Face ao crescimento acentuado do consumo de energia no Brasil nos últimos anos, e às previsões para os próximos anos, segundo estudos do Ministério de Minas e Energia¹ por meio da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), torna-se cada vez mais necessária a busca por fontes alternativas de geração de energia elétrica². No tocante ao fator ambiental, desde a década de 1970 a preocupação com o efeito estufa, a escassez dos combustíveis fósseis e a importância de se tornar as fontes renováveis como matriz energética tem levantado discussões sobre desenvolvimento sustentável e o futuro do planeta. O conceito de desenvolvimento sustentável emerge na busca de se associar a eficiência econômica com a prudência ecológica³.

Outras variáveis que vem contribuir à busca de novas fontes de energia renováveis se referem às projeções de crescimento da população mundial e do crescimento da atividade econômica de alguns países, como China e Índia. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística⁴, cinco países ocuparão as primeiras posições em aumento populacional até 2050, com um crescimento médio anual de 2,4%. Esses países são Índia, China, Índia, Estados Unidos e Indonésia. No Brasil, especificamente, também há uma expectativa crescente em torno do aumento da população urbana, uma vez que nos últimos 60 anos, ela passou de 31% para 86% (em detrimento da população rural), fator que exige maior oferta energética⁴.

Dentre as fontes de energia sustentável, a biomassa, que pode ser caracterizada como qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia térmica,

mecânica ou elétrica é utilizada desde os primórdios da civilização humana. Em sua forma mais simples e abundantemente encontrada na natureza, a madeira, permitiu ao homem primitivo uma drástica evolução nos hábitos de vida. A descoberta do fogo possibilitou ao ser humano produzir luz e calor, o que permitia a transformação de materiais e, dentro desse contexto, a madeira (utilizada na forma de lenha) foi, durante milhares de anos, a fonte de energia que possibilitou ao homem evoluir as suas tecnologias. A descoberta dos metais e o desenvolvimento de técnicas de combustão da lenha permitiram a fabricação e a modelagem de armas e ferramentas que facilitaram diversos trabalhos⁵.

Nos últimos anos, a biomassa passou a ser considerada uma alternativa para a diversificação da matriz energética mundial e consequente redução da dependência de combustíveis fósseis. Mesmo ainda sendo pouco expressiva nesta matriz, apenas 13% do consumo mundial de energia primária⁶, a biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Ainda hoje, muitas regiões do mundo utilizam a biomassa como fonte de grande parte da energia térmica e elétrica, utilizando principalmente a madeira (lenha e carvão) e resíduos agrícolas. A China é um exemplo deste tipo de consumo, no país cerca de 30 milhões de habitantes vivem sem acesso a energia elétrica e utilizam biomassa tradicional como lenha, resíduos agrícolas (286 milhões de toneladas por ano, em sua maioria queimados em fogões de baixa eficiência – 10% a 20%), e resíduos de animais (850 milhões de toneladas por ano) para cocção e aquecimento e velas e querosene para iluminação⁷.

Além da biomassa de madeira, existem diversos outros tipos que podem ser usados como fonte energética para gerar energia mecânica, térmica e elétrica. Como recurso energético, a biomassa é classificada nas seguintes categorias: biomassa energética florestal, com seus produtos e subprodutos ou resíduos; biomassa energética agrícola, englobando as culturas agroenergéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal; e rejeitos urbanos⁸.

A expressiva oferta de biomassa como recurso energético no Brasil está essencialmente vinculada a sistemas integrados de produção agrícola, agroindustrial e silvicultural. O Brasil é um país que apresenta uma produção de biomassa com enorme potencial de aproveitamento energético. As condições naturais e geográficas favoráveis, aliadas à grande quantidade de terra agricultável com características adequadas de solo e condições climáticas, fazem do Brasil um dos países que reúne o maior quantitativo de vantagens comparativas para liderar a agricultura de energia. As grandes agroindústrias necessitam de eletricidade e vapor para seus processos e se sistemas de co-geração fossem implementados, utilizando os resíduos gerados na própria agroindústria, uma

parcela da demanda por eletricidade poderia ser suprida.

Assim, considerando o desafio atual de suprir as necessidades energéticas de forma sustentável e o potencial brasileiro na geração de energia de biomassa, esse trabalho visa avaliar a utilização de diferentes fontes de biomassa disponíveis no Brasil, evidenciando as principais fontes de biomassa com atrativo potencial de exploração e enfoque em suas capacidades energéticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido sobre os preceitos do estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica (adaptado de Gil, 2008)⁹, utilizando-se das seguintes etapas: 1) definição das palavras-chave, delimitação do período e *sites* de busca para a pesquisa bibliográfica; 2) Levantamento de artigos, livros, teses, dissertações e monografias referentes ao tema proposto; 3) Coleta de dados: leitura e registro das informações extraídas das fontes bibliográficas obtidas; 4) Análise e interpretação dos dados; 5) Discussão dos resultados; 6) Redação do relatório final. Os sites utilizados para pesquisa foram Google Acadêmico, Periódicos Capes e EBSCO. Foram pesquisadas as seguintes palavras chave: Biomassa, Energia Renovável, Geração de Energia Elétrica, Sustentabilidade.

3. RESULTADOS

Como fonte da geração de energia elétrica, a biomassa é classificada nas seguintes categorias: biomassa de origem florestal, com seus produtos e subprodutos ou resíduos; biomassa de origem agrícola, englobando as culturas agroenergéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal e rejeitos urbanos¹⁰. Cada um desses grupos de origem pode fornecer vários energéticos que dependem tanto da matéria-prima utilizada, quanto da tecnologia de processamento utilizada para obtê-los.

Biomassa de origem florestal

A biomassa da madeira e seus derivados é uma fonte prometedora no Brasil (Figura 1), é definida como produtos e subprodutos dos recursos florestais que incluem basicamente biomassa lenhosa, produzida de forma sustentável e pode ser disponibilizada localmente em vários municípios do país, podendo reduzir gastos com linhas de transmissão do local de geração até os consumidores finais. Seu aproveitamento no uso final energético se realiza, principalmente, através das rotas tecnológicas de transformação termoquímica mais simples, como combustão direta e carbonização, mas rotas mais complexas também são empregadas para a produção de combustíveis líquidos e gasosos, como metanol, etanol, gases de síntese⁵.

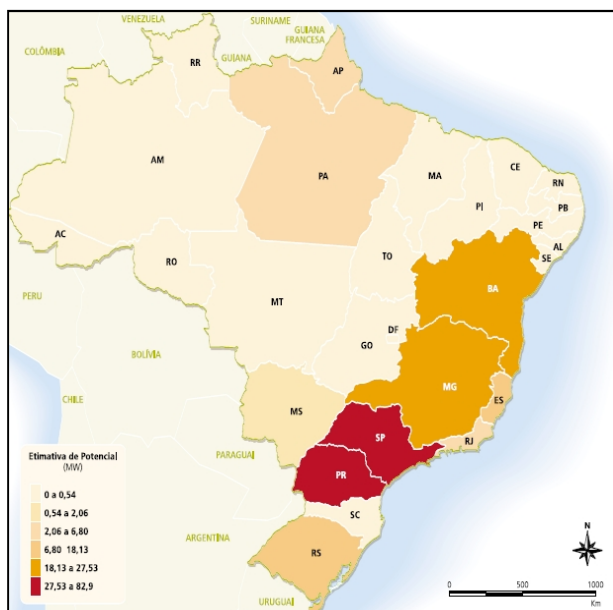


Figura 1. Potencial de geração de energia elétrica a partir de resíduos florestais no Brasil (adaptado CENBIO, 2003.)¹¹

Lenha e carvão vegetal

A lenha é definida como ramos, troncos, cavacos de madeira ou quaisquer pedaços de madeira que podem ser utilizados como combustível. No Brasil, ela participa com cerca de 10% da produção de energia primária e continua tendo grande importância na matriz energética do país⁵.

A obtenção da lenha se divide em dois segmentos: a lenha catada e a lenha produzida para fins comerciais. A lenha catada proveniente de matas nativas parecia uma fonte inesgotável desta biomassa, contudo a forma predatória com que a mesma foi explorada causou problemas críticos em diversas regiões do país. Várias regiões onde existiam abundantes coberturas florestais passaram a conviver com a degradação do solo, a alteração no regime das chuvas e consequente desertificação. Na produção de lenha para fins comerciais, principalmente nas serrarias e indústrias de móveis, a lenha proveniente das matas nativas é substituída pela lenha de reflorestamento, sendo o eucalipto a principal árvore cultivada para este fim. Após a utilização da lenha nas fábricas são gerados resíduos industriais como pontas detoras, costaneiras e serragem de diferentes tamanhos e densidade. Tais resíduos podem ter um aproveitamento energético⁵.

A transformação em energia elétrica consiste em uma caldeira queimando a biomassa de origem florestal produzindo vapor superaquecido para o sistema gerador. Este vapor pode acionar as turbinas usadas no trabalho mecânico requerido nas unidades de produção e as turbinas para geração de energia elétrica. Além disso, o vapor que seria liberado na atmosfera após a realização desses processos pode ser encaminhado para o atendimento das necessidades térmicas do processo de produ-

ção.

Biomassa de origem agrícola

O Brasil se destaca devido à sua dimensão territorial, comparado a alguns continentes. Desde sua descoberta o país mostra um clima favorável, solo fértil, e uma vasta área, mostrando que seria um grande produtor de alimentos. O setor de agronegócios vem atraindo cada vez mais investimentos, tanto internos quanto externos, e gerando sucessivos saldos positivos na balança comercial o que leva o setor a ser um dos mais importantes para o crescimento do Brasil¹².

Cana-de-Açúcar

O Brasil se tornou o maior produtor mundial de etanol, um combustível considerado limpo se comparado à gasolina e que despertou interesse de muitos outros países, o colocando como uma fonte lucrativa de exportação. A alta produtividade alcançada pela lavoura canavieira, acrescida de ganhos sucessivos nos processos de transformação da biomassa sucroalcooleira, tem disponibilizado enorme quantidade de matéria orgânica sob a forma de bagaço e palha, nas usinas e destilarias de cana-de-açúcar, interligadas aos principais sistemas elétricos que atendem a grandes centros de consumo, principalmente nos estados das regiões Sul e Sudeste, com destaque para o Estado de São Paulo⁵.

A favor da utilização do bagaço da cana-de-açúcar para geração de energia, está o fato de o Brasil possuir vasta riqueza natural, topografia e relevo favorável à produção agrícola, sendo que o país possui uma efetiva produção de etanol desde o início dos anos de 1990. E isso se deve principalmente à vasta bagagem de conhecimento e tecnologia sobre a cana-de-açúcar no que se refere ao melhoramento genético da planta, combate a pragas, técnicas agrícolas e de colheita, impactos da cultura no meio ambiente, e tecnologias de fabricação do etanol, incluindo-se a hidrólise e fermentação¹³.

Em termos energéticos, o bagaço da cana equivale a 49,5% do total, o etanol a 43,2% e o vinhoto a 7,3%. No segmento sucro-alcooleiro, os resíduos que podem ser utilizados na produção de eletricidade são o bagaço, as pontas e folhas, e o vinhoto. O vinhoto é um resíduo da produção de álcool, sendo gerado somente nas destilarias. O bagaço da cana é usado principalmente como combustível em sistemas de co-geração de energia nas plantas termelétricas instaladas nas usinas de cana-de-açúcar. O bagaço é queimado diretamente em fornos e caldeiras que produzem o vapor de processo, utilizado em processos de beneficiamento da cana (aquecimento do caldo de cana, melaço etc.) e também em sistemas de geração de energia elétrica. Parte da energia elétrica gerada é consumida pela própria usina, mas no estágio atual de tecnologia, é comum a produção de energia elétrica excedente, sendo esta comercializada.

Alternativamente à co-geração dentro das próprias usinas e destilarias, o bagaço pode ter uso energético fora destes ambientes, como insumo para volumoso de ração animal, fabricação de papel de bagaço, fabricação de elementos estruturais e hidrólise para produção de álcool. Tecnologias de produção de etanol a partir da hidrólise do bagaço estão em desenvolvimento e poderão atingir estágio comercial em 10-15 anos. Com viabilização da tecnologia, passa a ser muito importante o custo de oportunidade de aproveitamento do bagaço, pelas múltiplas alternativas para seu aproveitamento econômico¹¹.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento³, a produção de cana-de-açúcar no Brasil, em 2008, alcançou 552,8 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 74 toneladas por hectare ao ano. Este montante foi 11,57% superior ao registrado no ano anterior, quando a safra foi de 495,5 milhões de toneladas. De acordo com estimativas da UNICA (2008)¹³, em 2020 a eletricidade produzida pelo setor poderá representar 15% da matriz brasileira, com a produção de 14.400 MW médios ao longo de um ano, considerando-se tanto o potencial energético da palha e do bagaço quanto a estimativa de produção da cana, que deverá dobrar em relação a 2008, e atingir 1 bilhão de toneladas.

O maior potencial de produção de eletricidade encontra-se na região Sudeste (figura 4), particularmente no Estado de São Paulo, e é estimado em 169,23 milhões de MWh por ano (5). Na sequência estão Paraná (18,16 milhões de MWh anuais) e Minas Gerais (17,55 milhões de MWh anuais).

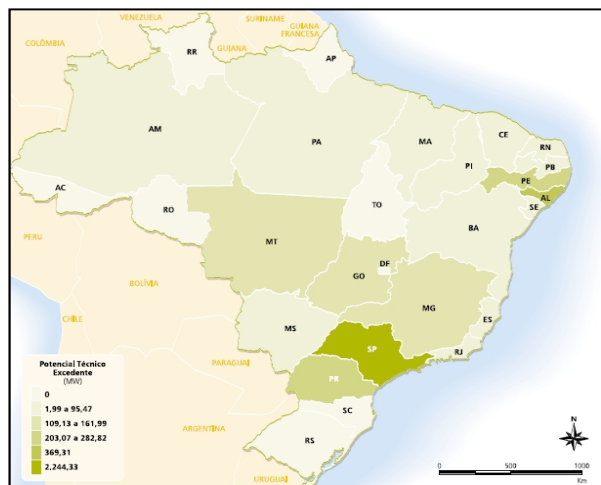


Figura 4. Potencial de geração de excedente de energia elétrica no setor sucroalcooleiro (CENBIO, 2003)¹¹.

Arroz

É uma cultura que é bastante cultivada no Brasil, e desperta forte interesse em relação ao aproveitamento dos seus resíduos. O Estado com a maior produção de

arroz em casca é o Rio Grande do Sul, com aproximadamente 7,37 milhões de toneladas, representando cerca de 60% da produção nacional com uma produtividade média de 5,85 ton/ha. Na segunda posição está o Mato Grosso com produção de 0,682 milhões de toneladas, representando 6% (figura 5)⁴.

Além da combustão direta da palha e cascas do arroz, outro processo de conversão energética da biomassa que pode ser utilizado para o aproveitamento desses resíduos é a pirólise. Nesse caso, é necessário que se faça a compactação dos resíduos, transformando-os em briquetes, que são pequenos blocos cilíndricos de alta densidade. Com a pirólise, os briquetes adquirem maiores teores de carbono e poder calorífico, podendo ser usados com maior eficiência na geração de calor e energia elétrica. A casca do arroz tem baixa densidade e peso específico, além de lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longo período de tempo. Apresenta um alto poder energético, já que contém quase 80% de seu peso em carbono. Suas cinzas são compostas basicamente de sílica e, portanto, bastante alcalinas, sendo uma boa opção para a utilização como substrato nas lavouras. Tanto nas cascas de arroz como em suas cinzas, não existem compostos tóxicos¹⁵.

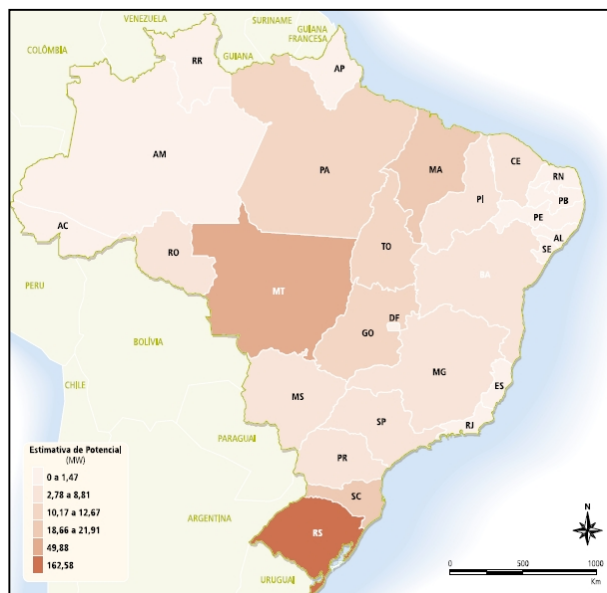


Figura 5. Potencial de geração de energia elétrica a partir da casca de arroz (CENBIO, 2003)¹¹.

Capim elefante

O capim elefante é uma gramínea perene com altura entre três e cinco metros. Foi trazida da África para servir de pastagem e é utilizada principalmente na criação de gado de corte e leiteiro. Possui 3 características principais: crescimento rápido, tolera solos pobres de nutrientes e gera uma quantidade maior de biomassa por área.

O capim apresenta vantagens em relação às demais fontes de biomassa, dentre elas: maior produtividade,

menor ciclo produtivo (seis meses), melhor fluxo de caixa e possibilidade de mecanização total do cultivo. As aplicações energéticas atuais desta gramínea são a combustão direta, a gaseificação, o carvoejamento e a hidrólise do bagaço (produção de etanol)¹⁶.

O mecanismo de transformação do capim-elefante em energia é simples. Após a colheita mecanizada, ele é colocado para secar. Segue, então, para uma esteira, depois passa por uma máquina que pica as folhas em pequenos pedaços e retira o restante da umidade. Em seguida, os pedaços são depositados numa caldeira, onde serão queimados e transformados em energia térmica que aquecerá a água, gerando vapor sob pressão que movimentará turbinas acopladas a geradores elétricos.

No Brasil, as estatísticas de produção anual de capim-elefante ainda são imprecisas e esparsas. Frente a isso, a possibilidade de avaliação econômica e energética do capim-elefante no Brasil ainda se encontra em fase de pesquisa. Apesar da grande expectativa em relação à produção de biomassa energética com capim-elefante, existem alguns pontos que precisam entrar na avaliação: alta necessidade de chuvas, pois o capim-elefante não é tolerante a períodos prolongados de seca; dificuldade da secagem ao ar livre, pois o capim-elefante verde contém cerca de 80% de água e não pode ser amontoado porque pode apodrecer; dificuldade e custos de compactação para o armazenamento e transporte do capim, diante do grande volume de matéria seca¹⁷.

Milho

O milho possui tipicamente de dois a três metros de altura e não possui sabugo no topo da haste. É uma gramínea anual originária da América Central. No processo de colheita do milho a utilização de máquinas é fundamental e aplicado praticamente à totalidade da produção. O milho é colhido e a própria máquina faz o beneficiamento do grão, retirando o caule, folhas, palha e sabugo, tendo como resultado o grão de milho limpo. Os grãos são depositados na própria máquina e os resíduos são despejados na lavoura, pela parte de trás da máquina. Diferentemente do arroz, que possui casca e da cana que possui o bagaço, o milho em grão já está limpo e pronto para ser totalmente utilizado. Os resíduos do milho que são o caule, folhas, sabugo e palha, chamados de palhada, são totalmente descartados na lavoura e isso ocorre em toda a produção a granel de milho no Brasil, o que praticamente inviabiliza a utilização da palhada na geração de energia elétrica devido aos altos custos para juntar e transportar estes resíduos.

O milho pode vir a ser importante, porque os volumes expressivos de produção têm levado, no exterior, ao desenvolvimento de sistemas de colheita prevendo a recuperação dos resíduos. Esta metodologia poderia ser estudada e aplicada às plantações nacionais de forma a aproveitar o grande volume de resíduos gerados para a

geração de energia elétrica.

Soja

O Brasil apresenta um grande potencial de crescimento para sua produção visto que cerca de 30% do valor total da produção agrícola deriva da produção de soja, que vem apresentando grande crescimento desde a década de 80, sendo hoje a cultura com maior área plantada do Brasil¹⁸, merecendo assim um destaque na análise energética devido a sua alta produção no país.

O processamento dos grãos de soja não gera resíduo e, sendo assim, todos os resíduos da cultura de soja são provenientes do processo de colheita, ou seja, os grãos são colhidos e a palha (folhas, caule, talos e cascas) é retirada e descartada na lavoura. Assim como na cultura do milho, esta característica torna sua utilização muito custosa devido aos gastos com o recolhimento, compactação e transporte dos resíduos. Ainda em comparação com a cultura do milho, o aproveitamento dos resíduos do plantio de soja ainda possui outra desvantagem, já que apresentam efeitos positivos no solo da lavoura.

O processamento dos grãos de soja ocorre principalmente para a produção de farelo utilizado em rações animais e para produção de óleo de soja. Na produção de ração animal, o grão é aproveitado totalmente, gerando uma quantidade nula de resíduos. Na produção de óleo, após o grão ser triturado e esmagado, é gerada uma “massa” de soja, que também é vastamente utilizada para ração animal. Portanto, os resíduos da cultura da soja, considerando a possibilidade de aproveitamento energético, são obtidos somente no processo de colheita e são chamados de palha.

Apesar da necessidade de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para aproveitamento dos resíduos da soja em plantas de geração elétrica, a soja já é utilizada como uma fonte de energia na forma de biocombustível, o biodiesel. Atualmente não existem empreendimentos cadastrados na ANEEL que utilizam os resíduos da produção de soja como biomassa para a produção de energia elétrica. Ainda é um potencial a ser estudado e, caso haja viabilidade técnica e econômica, explorado.

Rejeitos urbanos sólidos e líquidos

A biomassa contida nos rejeitos urbanos é composta por resíduos sólidos e líquidos. Os resíduos sólidos é uma mistura heterogênea de plásticos, metais, vidros, madeiras, papéis e matéria orgânica, enquanto os líquidos consistem nos efluentes líquidos de origem doméstica e residencial⁵.

Os rejeitos urbanos sólidos e líquidos oriundos dos setores comerciais e residenciais poderiam, após recolhidos, passar por um sistema de gerenciamento e seleção que identificaria sua destinação, em função de algumas características. Esta destinação poderia ser para a

reciclagem, para a compostagem ou fabricação de adubos e fertilizantes, para descarte em um aterro sanitário ou para a geração de energia elétrica – a partir da queima direta, da gaseificação ou através do biogás gerado em um aterro energético¹².

Além dos rejeitos urbanos sólidos têm-se os rejeitos urbanos líquidos, que são os efluentes líquidos, domésticos e comerciais. Na maioria das cidades estes efluentes são descartados nas redes de esgoto, seguindo para estações de tratamento, quando não são despejados em rios, riachos etc., poluindo este recurso natural. Nas estações, estes efluentes são tratados, e a parte reaproveitada é destinada a reservatórios, lagos, rios, entre outros, sendo considerada apta a voltar para a natureza. O esgoto urbano é composto quase totalmente de matéria orgânica residual diluída, cujo tratamento é uma imposição sanitária. Após o tratamento, uma massa orgânica é produzida, vulgarmente chamada de lodo. O lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto está sendo alvo de pesquisas energéticas para viabilizar o seu aproveitamento na geração de energia elétrica através da rota tecnológica de digestão anaeróbica. Seu conteúdo energético não é grande, mas em cidades populosas o elevado volume em que são produzidos justifica sua utilização, além de reduzir a poluição ambiental. O poder calorífico do lodo depende de vários fatores, mas estudos variados estimam um valor médio de 900 kcal/kg. Ao final da produção do biogás, o resíduo presente no gaseificador ainda pode ser utilizado como fertilizante em florestas plantadas de eucalipto, fechando o ciclo de aproveitamento do lodo destas estações. Portanto, a viabilização do aproveitamento energético do lodo resultante de estações de tratamento de esgoto deve ser buscada, pois além da produção de energia elétrica, essa massa com elevada carga orgânica terá uma destinação mais apropriada¹⁹.

A proporção em cada tipo de biogás gerado depende de vários parâmetros, como o tipo de digestor e o substrato a digerir. Entre os tipos de substratos urbanos é possível citar o lixo proveniente de residências e comércios e o lodo de estações de tratamento de esgoto urbano. De qualquer forma, esta mistura é essencialmente constituída por metano (CH₄), com valores médios na ordem de 60 a 65%, e por dióxido de carbono (CO₂), com aproximadamente 35 a 45% de sua composição¹.

Rejeitos Industriais sólidos e líquidos

São rejeitos de criadouros, abatedouros, destilarias, fábricas de laticínios, indústria de processamento de carnes, entre outros, onde os mesmos podem ser utilizados na geração de biogás. Certamente esses locais possuem alta capacidade de fornecimento de biomassa, possibilitando a instalação de plantas geradoras do biogás e posteriormente de energia elétrica, com foco na comercialização dessa energia. Porém, os demais rejeitos, co-

mumente são produzidos em baixa escala e em locais dispersos⁵.

Mesmo considerando uma pequena geração de biomassa anual nesses locais, estes rejeitos podem e devem ser utilizados para produzir o biogás e gerar energia elétrica. Esta energia produzida será utilizada pela própria indústria, criadouro, destilaria, abatedouro, fábrica de laticínio etc, nos seus processos e, se possível, o excedente será comercializado. Estes sistemas de co-geração distribuídos apresentam várias vantagens que tornam o aproveitamento desses rejeitos interessante. Além de gerar energia elétrica para o próprio consumo, as indústrias ficam menos dependentes da energia fornecida pela concessionária local, proporcionam soluções para aproveitamento dos rejeitos produzidos em seus processos, que muitas vezes não são destinados a locais corretos, diminuem os investimentos e os impactos ambientais produzidos pelo descarte desses rejeitos etc²⁰.

4. DISCUSSÃO

O Brasil, por possuir uma grande área territorial, pode aproveitar bem a biomassa para produção de energia elétrica. A biomassa de origem florestal se destaca por ser uma fonte sustentável, podendo ser produzida em diversos estados do país, reduzindo assim os gastos com as linhas de transmissão. Já a de origem agrícola (milho, arroz, capim-elefante, soja) é de grande importância, pois quase todo o resíduo que sobra, não é aproveitado, contando que o país é um grande produtor desses grãos, pode se tirar vantagem disso para a produção de energia elétrica. A biomassa dos rejeitos urbanos é bastante proveitosa, por ser produzida todos os dias, e não necessitar de investimentos para a produção dessa fonte, além da produção de energia elétrica, pode ser utilizada na produção do biogás.

Dentre as biomassas existentes no Brasil citadas no artigo, a que mais se destaca é a biomassa produzida da cana-de-açúcar. A utilização do bagaço da cana-de-açúcar para co-geração se apresenta com maior vantagem sobre as demais fontes alternativas de energia, podendo-se citar, de acordo com a ANEEL (2009)⁵: a redução na importação de combustíveis fósseis; aumento de empregos diretos e indiretos, diminuindo também o êxodo rural; redução dos impactos ambientais; menor tempo de implantação (em uma usina já efetivada, o processo de implantação da estrutura para co-geração de energia varia entre 12 e 24 meses); e também o aproveitamento sustentável de restos produzidos em grande escala no país, como a palha, o bagaço e o vinhoto. Além de seu caráter renovável de produção assegurada, é possível aproveitar a estrutura de transmissão e tensão já existente para a energia hidrelétrica⁵.

Hoje, mais de 500 anos após o início do cultivo da cana no país, sua importância tem sido elevada a um alto patamar em todo o mundo devido ao seu grande poten-

cial energético. Atualmente o Brasil é o maior produtor de cana do planeta, seguido por Índia, Tailândia e Austrália²¹.

A planta pode ser cultivada em todo do território nacional. Contudo, as áreas de maior cultivo, sobretudo por questões climáticas, são as regiões Centro-Sul e Nordeste, sendo o primeiro detentor de 89% de toda produção nacional. O Estado de São Paulo é responsável por aproximadamente 60% deste montante, seguido de Paraná e Minas Gerais com participação em torno de 8% e 7%, respectivamente.

O fato de São Paulo concentrar a maioria das lavouras desta cultura apresenta duas vantagens imediatas: i) a proximidade com os maiores centros de consumo de açúcar, etanol e energia elétrica do país; ii) ser distante cerca de 2.500km da floresta amazônica, afastando a preocupação de muitos ambientalistas em relação ao desflorestamento daquela região.

A possibilidade de expansão da bioeletricidade é tamanha que hoje já ocupa 3% da matriz energética brasileira e projeções, a exemplo dos estudos realizados pelo Programa Bioeletricidade 2011-2020 da COGEN, apontam para uma participação de aproximadamente 14% na matriz até 2020 com produção de mais de 10GW.

A bioeletricidade possui diversas vantagens em relação aos demais métodos de geração de energia elétrica. Primeiramente, a bioeletricidade é produzida a partir de resíduos do processo de fabricação, sem custo algum de aquisição por parte do produtor. Apenas para o caso da palha, devem-se levar em consideração os custos com transporte do campo para a usina. Já o bagaço, após a cana passar pelo processo de moagem, é transportado diretamente por meio de esteiras para a caldeira ou montes de armazenagem para posterior queima. Além disso, o período de colheita da cana, durante o qual a biomassa é produzida, coincide com a estação seca no Centro-Sul do país (maio a novembro), quando as hidrelétricas tendem a diminuir sua produção devido à redução nos níveis dos reservatórios. Ou seja, a bioeletricidade a partir da biomassa da cana é uma excelente alternativa para complementaridade do sistema elétrico brasileiro, atuando em sinergia com as hidrelétricas²⁰.

Uma outra vantagem da bioeletricidade seria a geração de energia distribuída dessa fonte que é a geração de energia elétrica de forma descentralizada, no próprio local de uso ou próximo ao local. Isto proporciona uma solução energética e economicamente otimizada para cada caso. Na forma convencional de geração, a geração centralizada, onde é utilizada uma grande fonte geradora, são necessárias linhas de transmissão e distribuição para que a energia chegue até o consumidor final. Já na chamada geração distribuída essas linhas são menores ou até mesmo desnecessárias caso a fonte geradora encontre-se próxima ao consumidor final, evitando assim, todos os custos e impactos inerentes à geração centraliza-

da⁵.

Considerando a viabilidade da biomassa da cana-de-açúcar, em uma análise comparativa entre combustíveis úteis para geração termelétrica, dois pontos devem ser levados em consideração: custo e potencial energético dos combustíveis. Para geração termelétrica a vapor podem ser utilizados diversos combustíveis como gás natural, carvão, cavaco de madeira, bagaço e palha da cana, óleo combustível, capim, entre outros. Diferente da condição das usinas de açúcar e etanol e demais indústrias que aproveitam resíduos industriais para cogeração, nas quais os custos associados ao combustível são relativamente pequenos, os investidores em usinas termelétricas devem sempre promover o balanço econômico para seleção do combustível a ser utilizado. Esta análise é feita em função de algumas premissas como a região a ser implantada a termelétrica, os custos do combustível, a disponibilidade do combustível durante o período previsto de operação da termelétrica, os recursos para transporte do combustível à termelétrica e seu potencial energético²⁰.

No caso da indústria sucroalcooleira, uma análise comparativa entre combustíveis é desnecessária devido às seguintes condições: i) o custo associado à produção do bagaço é desprezível. O bagaço é resíduo do processo e consequência da moagem da cana. Seu transporte para a caldeira é feito em todos os casos tendo em vista a necessidade de geração de vapor para alimentação do processo térmico. O controle deve ser feito apenas em alguns casos onde é conservado o excedente de bagaço, próximo à caldeira, e que deve retornar para a caldeira em período a ser determinado pela usina, dependendo da estratégia de operação; ii). Igualmente, a produção da palha é consequência do cultivo da cana no campo. Sua produção não tem custo. Os custos do aproveitamento da palha estão associados ao seu transporte do campo para a usina²⁰.

Então, para as usinas de açúcar e etanol o aproveitamento da biomassa da cana para queima nas caldeiras, seja apenas para suprimento do processo ou para favorecer a cogeração, é economicamente atrativo, contando-se, ainda, com as facilidades associadas à logística e disponibilidade.

5. CONCLUSÃO

A biomassa existente no Brasil pode ser classificada em três grupos: de origem florestal; de origem agrícola e a biomassa dos rejeitos urbanos e industriais. O setor florestal é fortemente explorado no país e apresenta uma cadeia complexa no aproveitamento da madeira. A extração, o beneficiamento e o processamento da madeira, produzem, nos seus 3 estágios, um enorme volume de resíduos, que muitas vezes não tem um destino correto, sendo por vezes descartados em locais inadequados. O aproveitamento desses resíduos na geração de energia

elétrica propicia um destino útil, diminuindo o impacto ambiental gerado.

O setor agrícola do Brasil é um dos maiores produtores mundiais. As altas safras das culturas do país produzem uma quantidade enorme de resíduos. A cana-de-açúcar já é utilizada como fonte de geração de energia, entretanto outras culturas apresentam resíduos atrativos de geração. O capim elefante está sendo pesquisado e desenvolvido com a intenção de criar plantações energéticas, exclusivas para centrais termelétricas. O Brasil apresenta uma dimensão territorial favorável a este tipo de aproveitamento, o que pode permitir uma diversificação na matriz de geração elétrica.

Os rejeitos urbanos e industriais, sólidos e líquidos podem ser transformados em aterros energéticos, permitindo a produção do biogás, sendo utilizado como combustível na geração de eletricidade. Além de gerar energia, a outra parte pode ser utilizada como fertilizante.

Atualmente, a biomassa mais utilizada na geração de energia elétrica no Brasil é a cana-de-açúcar. Tanto para atender o consumo interno de indústrias específicas quanto para a comercialização. O ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento afirma que, no Brasil existem 423 usinas sucroalcooleiras em funcionamento, sendo 16 usinas unicamente produtoras de açúcar, 159 de álcool e 248 mistas (açúcar e álcool). Cada tonelada de cana produz 140kg de bagaço, dos quais 90% são utilizados para produzir energia térmica e elétrica na usina.

A palha da cana, na atualidade, não é aproveitada para fins industriais ou energéticos, sendo que o seu destino é a queima no próprio campo. Estudos já realizados indicam que aproximadamente 50% da palha gerada poderá ser retirada do campo, com ganhos para a área agrícola e meio ambiente. O aproveitamento da palha, como fonte de energia, resultará em significativos ganhos energéticos para o setor.

Em síntese, a produção de eletricidade a partir da biomassa precisa ser sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico. Sendo essencial que os benefícios ambientais fiquem garantidos em todas as etapas de produção da biomassa / eletricidade, pois a questão ambiental é a principal justificativa para o uso desta tecnologia. Além deste fato existem diversas tecnologias promissoras que devem ser desenvolvidas a ponto de se tornarem competitivas comercialmente com as já existentes.

REFERÊNCIAS

- [01] MME - Plano Nacional de Energia 2030. Brasília, 2007. [acesso 13 ago. 2016] Disponível em: <www.mme.gov.br>
- [02] EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Geração de Energia. [acesso 20 set. 2016] Disponível em: <http://www.epe.gov.br/>
- [03] MAPA – Anuário Estatístico da agroenergia. 2 ed. Brasília: MAPA; 2011.

- [04] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População, Contagem. 2007. [acesso 15 abr. 2016] Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>
- [05] ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3ª ed. Brasília 2009. [acesso 9 abr. 2016] Disponível em: www.aneel.gov.br
- [06] IEA – *International Energy Agency*, 2012. [acesso 10 ago. 2016] Disponível em <www.iea.org>
- [07] Guardabassi PM. Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento. [dissertação] São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.
- [08] MME – Ministério de Minas e Energia. Brasília. Anuário estatístico de energia elétrica, 2012. [acesso 20 abr. 2016] Disponível em: <www.mme.gov.br>
- [09] Gil, AC. Como elaborar projetos de pesquisa 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- [10] MME – Balanço Energético Nacional. Brasília, 2015. [acesso 14 ago. 2016] Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/balanco-energetico-nacional>>
- [11] CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. Panorama do potencial de biomassa no Brasil. Brasília: Dupligráfica, 2003.
- [12] MME – Matriz Energética brasileira 2030. Brasília, 2007. [acesso 8 abr. 2016] Disponível em <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/matriz-energetica-nacional-2030>>
- [13] Vasconcelos Y. Não sobra nem o bagaço. Revista Pesquisa Fapesp 2002 Jul; 77: 66-70.
- [14] UNICA – União da Indústria de Cana de Açúcar 2008. [acesso 17 ago. 2016] Disponível em <www.unica.com.br>
- [15] Felfli FEF, Luengo CA, Soler PB. Torrefação de Biomassa: Características, Aplicações e Perspectivas. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3, 2000. Campinas. [acesso 4 set. 2016] Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC00000002200000200003&lng=en&nrm=abn
- [16] Stiglitz J. A questão de maior alcance mundial. 2007. [acesso 13 jun. 2016] Disponível em: <http://www.brasilpnuma.org.br/pordentro/artigos_030.htm>
- [17] EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016. [acesso 11 ago. 2016] Disponível em <www.embrapa.br>
- [18] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População, Contagem. 200. [acesso 11 abril 2016] Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>
- [19] UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá 2007. [acesso 23 set. 2016] Disponível em <www.unifei.edu.br>
- [20] UNICA – União da Indústria de Cana de Açúcar, 2011. [acesso 8 ago. 2016] Disponível em www.unica.com.br
- [21] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. BIG-Banco de Informação e Geração. [acesso 13 abr. 2016] Disponível em: <www.aneel.gov.br>