

OS BIOCOMBUSTÍVEIS E A GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DA BIOMASSA NO BRASIL

Victor Hugo Alves de Souza¹

Adriana Fiorotti Campos²

Uonis Raasch Pagel³

¹ Administrador, Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável pelo CT/UFES. E-mail: victor_hugodesouza@hotmail.com; victor.souza@aluno.ufes.br. Tel.: (27) 99991-5575.

² Economista, Doutora em Planejamento Energético pelo PPE/COPPE/UFRJ. Professora do Curso de Administração da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e do Mestrado Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. E-mail: afiorotti@yahoo.com; adriana.campos@ufes.br. Tel.: (27) 4009-7725 / (27) 99801-6684.

³ Gemólogo, Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável pelo CT/UFES. E-mail: uonis_pagel@hotmail.com. Tel.: (27) 99843-7663.

Resumo

A produção de biocombustíveis e a geração de eletricidade a partir da biomassa têm ganhado cada vez mais importância no cenário brasileiro, diante da necessidade de diversificação das fontes de energia, face aos impactos negativos do uso de fontes derivadas de petróleo. Nessa perspectiva, o Brasil tem estabelecido mecanismos visando incentivar o cultivo de insumos vegetais para utilização na indústria energética, através de políticas direcionadas ao setor. Essas modificações são de suma importância, pois possibilitaram a inserção da biomassa no *mix* de geração e impulsionaram o avanço do setor. Nesse cenário, destacam-se a biomassa da cana, milho, beterraba e soja, utilizada para a produção de etanol e biodiesel. No que se refere à geração de eletricidade, a biomassa correspondeu, em 2016, a 8,2% das fontes utilizadas para este fim. Diante desse cenário, o artigo em tela buscou apresentar os principais fatores que contribuíram para a expansão da biomassa na matriz nacional. Para tanto, optou-se por uma pesquisa descritiva, por meio de pesquisas bibliográfica e documental. A partir dos resultados obtidos, observou-se que as políticas estabelecidas a partir da década de 1970 foram fundamentais para esse resultado. Nesse cenário, destacam-se o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e os Leilões de Energia Elétrica, que deram um impulso ao avanço do setor.

Palavras-chave: Biomassa. Biodiesel. Etanol. Energia Elétrica.

1. INTRODUÇÃO

As fontes renováveis de energia têm ganhado cada vez mais importância na sociedade, diante da preocupação com os impactos negativos da utilização de combustíveis fósseis. Nesse cenário, destaca-se a biomassa, utilizada para a produção de biocombustíveis (biodiesel e etanol) e a geração de eletricidade.

A utilização da biomassa promove benefícios importantes, entre eles: (I) a redução das emissões de GEE⁴ resultantes da queima de combustíveis fósseis, (II) os ganhos sociais

⁴ O Brasil assumiu voluntariamente na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) o compromisso em reduzir as emissões internas de GEE entre 36,1% e 38,9% comparativamente ao atual cenário de negócios até 2020 (ROSA, 2013).

(geração de emprego e renda nas atividades rurais) e (III) ganhos econômicos (comercialização dos combustíveis renováveis), que serão vistos de modo detalhado, mais adiante.

Visando aumentar a participação da biomassa na matriz energética nacional, o Brasil tem investido na formulação de políticas, visando estimular a produção e o uso de biocombustíveis e a geração de eletricidade.

No que se refere aos biocombustíveis, destaca-se a criação de programas como o Proalcool, o Prooleo e o PNPB, que foram cruciais para a inserção do etanol e do biodiesel na indústria de combustíveis brasileira. Em relação à geração de eletricidade, destaca-se o Proinfa, que promoveu a contratação de usinas de biosiesel, e os leilões de contratação de energia elétrica que impulsionaram o setor.

Diante desse cenário, o interesse dessa pesquisa recai sobre a necessidade de uma reflexão sobre os avanços da indústria brasileira de biomassa e a relevância das políticas direcionadas a este setor. Assim, o objetivo deste trabalho consiste em apresentar os principais fatores envolvidos na expansão da participação da biomassa no Brasil, ressaltando os instrumentos políticos desenvolvidos para este fim.

2. BIOMASSA: PRINCIPAIS USOS E INCETIVOS

De acordo com Gentil (2011, p. 97) a biomassa é proveniente da matéria orgânica, que varia em tipos e características energéticas. Dessa forma, pode ser “de origem animal, vegetal, fóssil, resíduos industriais, humanos e, até, de limpeza pública, como a poda de árvores das cidades”.

Para a obtenção de energia, mais especificamente, os principais tipos de biomassa provêm de óleos e gorduras vegetais e animais, conforme pode ser observado no Quadro 1.

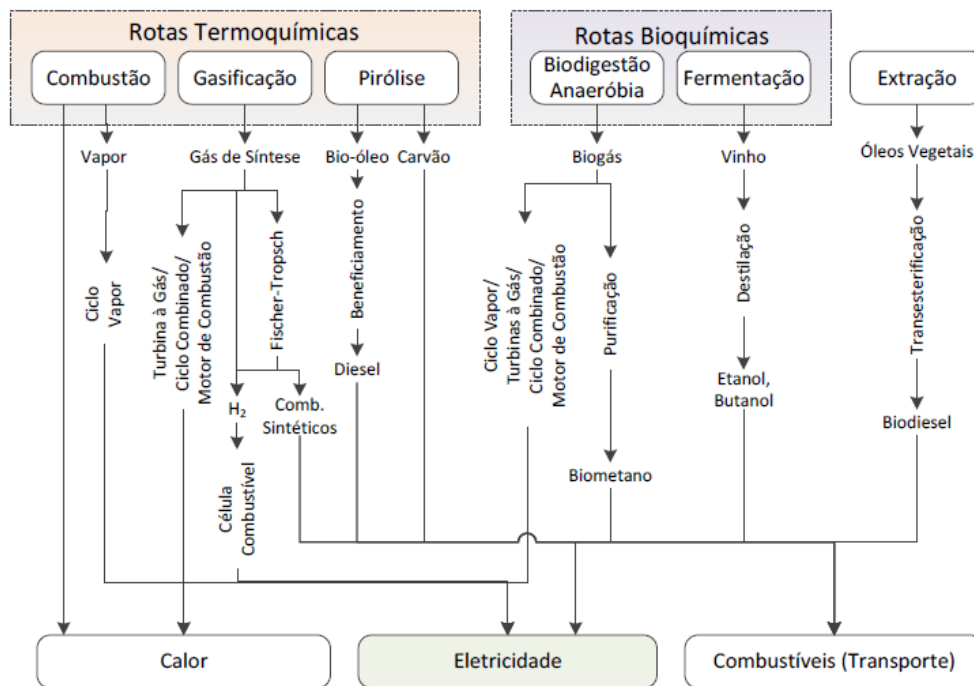
Quadro 1 – Tipos de biomassa

TIPO	ORIGEM	MATÉRIA-PRIMA
Óleos e Gorduras Vegetais	Agricultura familiar e agronegócios	Óleos de dendê, mamona, girassol, amendoim, babaçu, soja, pinhão-manso e nabo forrageiro,
		milho, cana de açúcar, trigo, beterraba
Óleos e Gorduras Animais	Matadouros e frigoríficos	Sebo bovino
	Redes de "fast-food", indústria alimentícia	Óleos de fritura usados resultantes de processamento comercial e industrial
	Estações de tratamento de esgotos	"Nata sobrenadante" ou espuma do esgoto
	Agroindústrias	Resíduos agrícolas e industriais de natureza graxa (borras)

Fonte: Adaptado de SECTI (apud FETRANSPOR, 2008. p. 14).

No caso dos biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel, utiliza-se biomassa animal o vegetal, transformada a partir das rotas bioquímicas de fermentação (Figura 1). Esses combustíveis são capazes de substituir parcialmente ou totalmente os combustíveis fósseis, derivados do petróleo, em veículos automotores ou gerar energia (ESCOBAR et al., 2009; TOLMASQUIM, 2016).

Figura 1 – Representação esquemática simplificada das principais rotas de aproveitamento energético da biomassa



Fonte: Tolmasquim (2016, p. 178).

No caso da energia elétrica, o processo para obtenção de eletricidade ocorre por meio da queimada do bagaço da cana-de-açúcar (pontas e palhas, inclusive). Essa biomassa, de acordo com Gentil (2011), é a mais recomendada, uma vez que seu custo de obtenção é baixo, existem termelétricas já em funcionamento, mão de obra capacitada; dentre outros fatores. Campos e Moraes (2012, p. 44) salientam que a biomassa de usinas sucroalcooleiras é responsável por quase a totalidade da energia produzida e utilizada pelas próprias usinas. Além disso, ressaltam que esse tipo de biomassa “é uma das principais fontes de geração elétrica a partir de fontes renováveis de energia, especialmente pelas grandes possibilidades em termos de natureza, origem e tecnologia disponível para conversão”.

Assim, diante das possibilidades de uso da biomassa para fins energéticos, há uma preocupação com medidas que possam estimular essa produção. Nesse sentido, as políticas públicas são importantes para incentivar um ambiente favorável para o desenvolvimento do setor (TRUMBO; TONN, 2016).

Diante do exposto, nos próximos itens será dado enfoque aos bicombustíveis e à energia elétrica, obtidos a partir da biomassa no Brasil, abordando os principais incentivos para essa indústria.

2.1. OS BIOCOMBUSTÍVEIS

Conforme mencionado anteriormente, os biocombustíveis são derivados da agricultura (biomassa renovável), capazes de substituir parcialmente ou totalmente os combustíveis fósseis. São exemplos o biogás, o biometano, o etanol e o biodiesel. Neste artigo será dado enfoque ao etanol e o biodiesel, objetos desse estudo.

2.1.1. Etanol

O etanol é um biocombustível obtido a partir de diferentes vegetais, como o milho, a beterraba, o trigo e a cana-de-açúcar (ZABED et al., 2017). No Brasil, essa produção se concentra na cana-de-açúcar, em virtude dessa biomassa oferecer “mais vantagens energéticas e econômicas” (CAMPOS; MORAES, 2012). Além dessas características, o etanol produzido da cana-de-açúcar é considerado uma das alternativas de energia renovável com melhor custo/efetividade para mitigação das emissões de gases do efeito estufa (SOUZA et al., 2015; ZABED et al., 2017), pois reduz em até 90% as emissões de gases do efeito estufa, quando substitui totalmente a gasolina (JANK; NAPPO, 2009).

A introdução do etanol na matriz energética brasileira data da década de 1970, momento em que ocorreu o Choque do Petróleo no Brasil, resultante das constantes altas dos barris de petróleo no mercado internacional. Diante desse cenário, o Brasil buscou alternativas para reduzir a dependência por combustíveis de origem fóssil e contornar os efeitos da crise.

Assim, em 1975 foi instituído o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL), por meio do Decreto nº 76.593/1975 (BRASIL, 1975). Além da redução da dependência dos combustíveis fósseis (ROSA, 2013), o PROÁLCOOL almejava a introdução do etanol como fonte de energia na Matriz Energética Brasileira. Além disso, de acordo com Stattman, Hospes e Mol (2013), o Programa incluía um viés social, através do estímulo à indústria do etanol no Nordeste, com geração de renda para os trabalhadores rurais dos canaviais.

Embora o Programa tenha impulsionado a produção e a comercialização de etanol, com o declínio nos preços dos barris de petróleo (“Contrachoque do Petróleo”) e alta do

preço do açúcar, os produtores de cana perceberam vantagem em destinar o insumo para produção do açúcar, em vez do mercado de combustíveis. Dessa forma, com a ausência de etanol combustível no mercado brasileiro para abastecimento de automóveis, o PROÁLCOOL foi descontinuado.

Décadas depois, a inserção do veículo *flex-fuel* no mercado automobilístico brasileiro, em 2003, contribuiu para sanar esse gargalo, gerando demanda para a produção de álcool no Brasil (CAMPOS; MORAES, 2012). Nesse ínterim, o governo brasileiro também estabeleceu o percentual fixo e obrigatório de mistura do etanol à gasolina. Juntos, esses incentivos colaboraram diretamente para formação da demanda pelo etanol⁵. Logo, as iniciativas públicas direcionadas para o setor vêm atuando de maneira estratégica no mercado dos biocombustíveis, incentivando cada vez mais a produção e o consumo das fontes renováveis.

Isso tem influenciado diretamente o cenário brasileiro desse combustível. Só para se ter ideia, em 2015, o Brasil, considerado o segundo maior produtor mundial de etanol (atrás somente dos Estados Unidos), teve um rendimento equivale a 3 milhões de m³, um percentual 170% maior em relação ao volume produzido em 2006.

Sobre o consumo brasileiro de etanol, aproximadamente 85% de todo o etanol produzido foi consumido pelo mercado de combustíveis, sendo que a maior parte dele foi o hidratado⁶ (UNICA, 2017). O volume de etanol consumido justifica-se pelo percentual obrigatório de mistura à gasolina e pelo número de veículos com tecnologias *flex-fuel* comercializados no país.

Nesse cenário, destaca-se a região centro-sul, como principal centro consumidor entre os anos de 2012 e 2016. Além de ser considerada a maior região produtora, é também a maior consumidora de etanol produzido no país (UNICA, 2017).

⁵Em 1979 os produtores de gasolina eram obrigados a misturar o equivalente à 15% de etanol anidro em sua produção. Anos mais tarde, em 1985, o percentual obrigatório variava entre 20 e 25%. Essa regulamentação perdurou até 2015, quando o governo brasileiro, por meio da ANP resolveu ampliar o percentual para 27%.

⁶“O etanol hidratado combustível possui em sua composição entre 95,1% e 96% de etanol e o restante de água, enquanto o etanol anidro (também chamado de etanol puro ou etanol absoluto) possui pelo menos 99,6% de graduação alcoólica” (NOVA CANA, 2017). O primeiro é utilizado como combustível puro, enquanto o segundo é misturado à gasolina.

2.1.2. Biodiesel

No que diz respeito ao biodiesel, de acordo com Campos e Moraes (2012), o biocombustível renovável pode ser obtido a partir de vários insumos vegetais, animais ou até mesmo da espuma presente no esgoto, através de processos como o craqueamento⁷ e a transesterificação⁸. A Lei nº 11.097/2005 define o biodiesel como derivado da biomassa vegetal, para uso em motores de combustão interna e como substituto ao diesel de petróleo (BRASIL, 2005).

No Brasil, em particular, a utilização de óleo ocorreu na década de 1970, quando o governo incentivou a produção para fins energéticos. Com vistas à redução da dependência por derivados do petróleo, especialmente o óleo diesel, foi criado o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (PRO-ÓLEO) em 1975. O objetivo do Programa era criar produção sobressalente de óleo que pudesse tornar a cadeia produtiva competitiva, com previsão de mistura ao diesel mineral em 30%. No entanto, com o Contrachoque do Petróleo, o PRO-ÓLEO não foi à frente (OSAKI; BATALHA, 2008; ALVES, 2010).

Em 2003, no governo do ex-presidente Lula, os estudos para a inserção do Biodiesel na Matriz Energética Brasileira foram retomados. Nesse mesmo momento, o mundo estava em alerta por conta do volume de gases do efeito estufa resultantes do consumo total de energia fóssil (aproximadamente 26.970 milhões de toneladas métricas) e os consequentes impactos sobre a camada de ozônio (EIA, 2016).

Em 2004, o governo brasileiro decidiu lançar oficialmente o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Entre os principais objetivos do Programa estavam a inserção de uma nova fonte de energia na matriz energética brasileira, além dos objetivos sociais de inserção da agricultura familiar no processo produtivo do biodiesel (por meio da geração de emprego), a diversificação de matérias-primas e a desregionalização, ou seja, produção em vários Estados brasileiros. Instituído por meio

⁷ Craqueamento é um processo que culmina na quebra das moléculas do óleo obtido por meio do aquecimento em alta temperatura (cerca de 450°C) (TRZECIACK et al., 2008).

⁸ A transesterificação ou esterificação é um processo químico de interação entre um éster e um álcool que resulta em novo éster e novo álcool e, que, por consequência, acabam alterando a estrutura do óleo obtido (estrutura molecular) (TRZECIACK et al., 2008).

da Lei nº 11.097/2005, o Programa contribuiu para que o biodiesel ganhasse cada vez mais espaço no mercado de combustíveis (BRASIL, 2005; VACCARO et al., 2010).

Aliado a isso, para garantir a oferta do biodiesel, o governo criou o Selo Combustível Social – uma certificação concedida ao produtor de biodiesel que adquirisse matérias-primas do agricultor familiar. Entre os principais benefícios do Selo, estava o tratamento tributário diferenciado, no qual os produtores receberiam redução ou isenção total do IPI, CIDE e PIS/COFINS sobre o insumo adquirido de famílias agricultoras, em regiões brasileiras pré-definidas (Quadro 2). Além de incentivar a oferta do biodiesel no Brasil, o mecanismo também promoveria a inclusão dos agricultores familiares, um dos principais objetivos do PNPB.

Quadro 2 – Brasil: tratamento tributário - biodiesel *versus* diesel do petróleo

Tributos Federais	BIODIESEL				DIESEL DE PETRÓLEO
	AGRICULTURA FAMILIAR NO NORTE, NORDESTE, E SEMI-ÁRIDO COM MAMONA OU PALMA	AGRICULTURA FAMILIAR	NORTE, NORDESTE E SEMI-ÁRIDO COM MAMONA OU PALMA	REGRA GERAL	
IPI	Alíquota zero	Alíquota zero	Alíquota zero	Alíquota zero	Alíquota zero
Cide	Inexistente	Inexistente	Inexistente	Inexistente	R\$ 0,07
PIS/COFINS	Redução de 100%	Redução de 68%	Redução de 31%	R\$ 0,22	R\$ 0,15

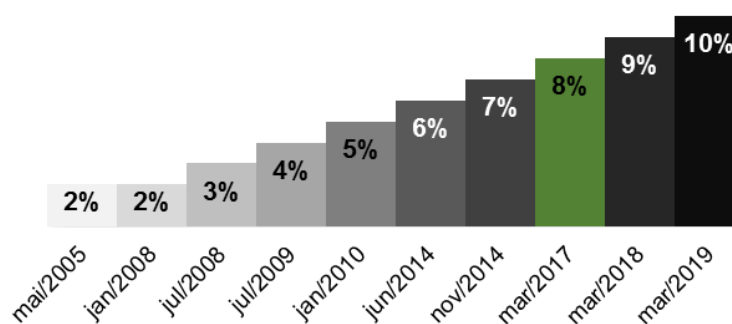
Total de Tributos Federais	R\$/litro	R\$/litro	R\$/litro	R\$/litro	R\$/litro
	R\$ 0,00	R\$ 0,07	R\$ 0,15	R\$ 0,22	R\$ 0,22

Fonte: PRATES; PIEROBON; COSTA (2007, p. 54).

Como resultado desses esforços, em 2016 o volume total de biodiesel produzido no país ultrapassou a margem dos 3,5 milhões de m³. Em 2005, logo em seguida ao lançamento do Programa, o total produzido foi de aproximadamente 730 m³ (ABIOVE, 2017).

No que diz respeito à demanda por biodiesel, o governo implementou em 2005 o percentual opcional de mistura do biodiesel ao diesel mineral em 2%. Esse percentual permaneceu em vigência por quase três anos, quando se tornou obrigatório em janeiro de 2008. Essa sistemática serviu como estímulo governamental para apoio aos alcances dos objetivos do Programa, além de apoiar a indústria de biodiesel (STATTMAN, HOSPES e MOL, 2013). Na Figura 2 é possível visualizar a evolução do percentual obrigatório de adição do Biodiesel ao Diesel Fóssil no Brasil.

Figura 2 – Brasil: evolução dos percentuais de adição de biodiesel ao diesel fóssil



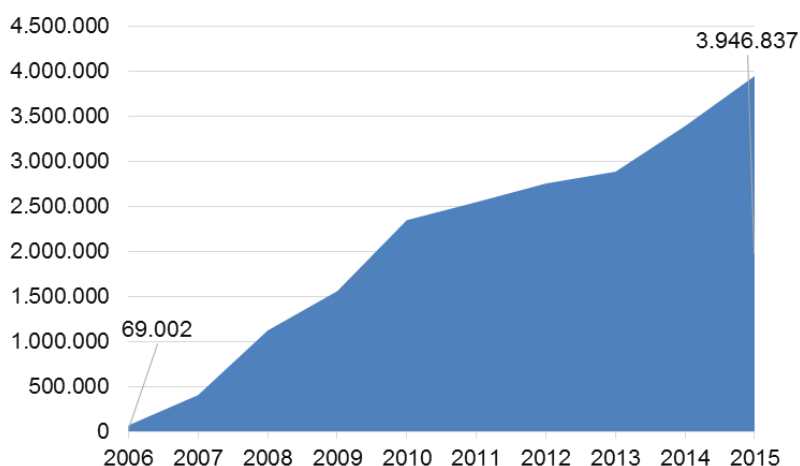
Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Campos e outros (2014) e Brasil (2014; 2016).

Ainda em 2008, o percentual subiu para 3% contribuindo para o aumento da demanda do biodiesel. Entre julho de 2009 e junho de 2014, o percentual evoluiu de 4% para 6%, ainda em caráter obrigatório. No final de 2014, a Lei nº 13.033/2014 incrementou o percentual para 7%. Recentemente, em março de 2016, a até então presidente Dilma

Rouseff implementou a Lei nº 13.623, que modificou o percentual obrigatório para 8% e estipulou para os meses de março de 2018 e março de 2019 os percentuais 9% e 10%, respectivamente.

A evolução do consumo do biodiesel desde a criação do PNPB pode ser visualizada NA Figura 3.

Figura 3 – Brasil: evolução do consumo total de biodiesel – 2006-2015¹ (m³)



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2016).

Notas: (1) A partir de 2008 a mistura de biodiesel puro (B100) ao óleo diesel passou a ser obrigatória. Entre janeiro e junho de 2008 a mistura foi de 2%, entre julho de 2008 e junho de 2009 foi de 3% e entre julho e dezembro de 2009 foi de 4%.

2.2. ENERGIA ELÉTRICA

Com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica⁹ (PROINFA), em 2004, a geração de eletricidade a biomassa no Brasil foi impulsionada. Na primeira etapa do Programa, foram contratados 27 projetos de biomassa, totalizando 685 MW de capacidade instalada (62,3% dos 1100 MW previstos). O principal motivo

⁹ Criado pela Lei nº 10.438/2002 o PROINFA tinha o intuito de promover a diversificação da Matriz Energética Brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, além de permitir a valorização das características e potencialidades regionais e locais. Além do incentivo à geração de energia elétrica a partir da energia eólica, também buscou incentivar a geração de eletricidade a partir de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e de biomassa, buscando a contratação de 1100 MW de capacidade instalada de cada uma das fontes (MME, 2017).

da não contratação do total previsto para a biomassa, de acordo com Dutra e Szklo (2007), se refere à tarifa proposta pelo Governo que, segundo os investidores, não era capaz de garantir a viabilidade dos projetos. Além disso, dada a cadeia produtiva da biomassa, havia maior interesse na produção de etanol. Apesar disso, o Programa foi importante para despertar o interesse na geração de eletricidade a partir dessa fonte.

A partir de 2005, com a implementação do Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro (Decreto nº 5.163/2004), importantes mudanças foram estabelecidas no âmbito da contratação de energia. Com a implantação dos leilões de energia, a biomassa ganhou maior competitividade. Em 2005, a fonte participou da modalidade “Leilão de Energia Nova - LEN” (Edital nº 002/2005). O montante contratado foi da ordem de 12,75 TWh. Em 2006, dois leilões foram realizados com participação desta fonte (Editais nº 002/2006 e nº 004/2006). O primeiro, 2º LEN, e o segundo, 4º LEN, corresponderam, respectivamente, às quantias de 9,20 TWh e 8,02 TWh.

No ano de 2007, apenas um leilão com participação da biomassa foi realizado. Trata-se do 1º Leilão de Fontes Alternativas – LFA (Edital nº 003/2007). Nesse evento, o volume de energia negociada em contrato foi de 18,41 TWh, montante superior aos leilões anteriores. Em 2008, só no primeiro 1º Leilão de Energia de Reserva – LER (Edital nº 001/2008) o volume negociado foi 56% maior do que a soma dos períodos anteriores, totalizando 71,17 TWh. A diferença (4,60 TWh) foi comercializada no 7º LEN (Edital nº 003/2008). No ano seguinte, 2009, os dois Editais lançados, nº 002 e nº 007 contrataram via 8º LEN e 8º Leilão de Energia Existente – LEE, nessa ordem, o equivalente à 1,31 TWh e 0,04 TWh.

Em 2010, o montante 25,53 TWh foi contratado através de três diferentes tipos de leilões. No primeiro, 3º LER foram contratados 21,59 TWh. No segundo tipo, 2º LFA, o volume foi 3,91 TWh. O restante ficou a cargo do 9º LEE. Na sequência, no ano de 2011, três diferentes Editais de contratação foram lançados. O primeiro, Edital nº 002/2011 contratou, por meio do 12º LEN, a quantidade de 10,02 TW. Já no segundo, Edital nº 003/2011 (4º LER), a soma foi de 6,71 TWh. No último Edital (nº 007/2011), o 13º LEN admitiu 3,15 TWh. Em 2012 não houve participação da energia elétrica gerada a partir da biomassa.

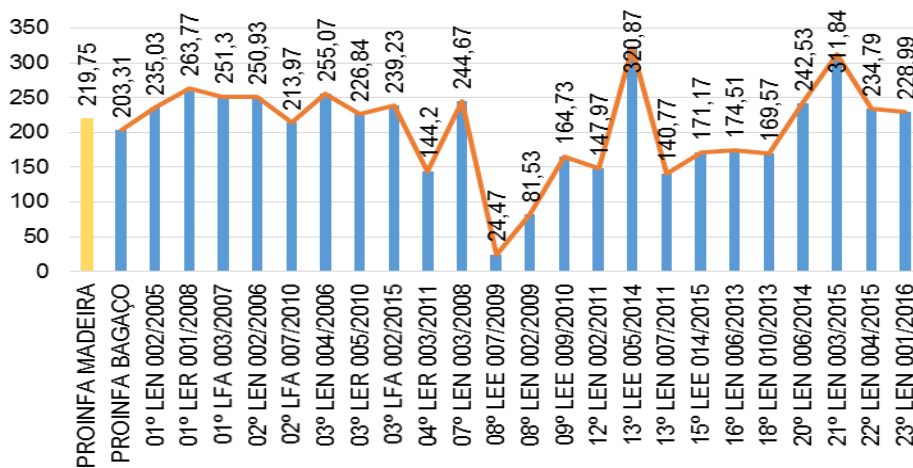
De todos os anos em que houve leilão para contratação de energia, os editais de 2013 foram os que tiveram maiores destaques. No primeiro, Edital nº 006/2013, o montante contratado por meio do 16º LEN foi de 82,13 TWh. No segundo e último edital com participação da biomassa em 2013 (Edital nº 010/2013), seguindo o mesmo tipo de leilão, a soma contratada foi de 18,20 TWh. Cabe salientar que a soma das contratações em 2013 foi superior em 13,65% em relação às contratações de 2008 (segunda maior).

Em 2014 a quantia contratada adveio do 13º LEE (Edital nº 005/2014) e do 2º LEN (Edital nº 006/2014). O volume pactuado no primeiro foi de 0,05 TWh e, no segundo correspondeu a 67,86 TWh, totalizando, juntos, 67,92 TWh. Já o ano de 2015 contou com quatro leilões para contratação de energia. No primeiro, 3º LFA, correspondente ao Edital nº 002/2015, contratou-se 11,78 TWh. No segundo, 21º LEN (Edital nº 003/2015), a quantia adquirida foi de 17,20 TWh. No 22º Leilão de Energia Nova, correlato ao terceiro leilão com participação da biomassa em 2015 (Edital nº 004/2015) houve a segunda menor contratação do ano, equivalente à 3,63 TWh. Por último, realizou o 15º Leilão de Energia Existente, Edital nº 014/2015, cuja soma contratada foi 1,83 TWh (menor contratação do período).

Os dados apontam ainda a participação da biomassa em um único Edital em 2016 (nº 001/2016). Neste evento, o volume estabelecido foi de 17,86 TWh e tal aquisição ocorreu por meio do 23º Leilão de Energia Nova.

Na Figura 4 apresenta-se os preços praticados nos leilões de contratação de energia proveniente da biomassa.

Figura 4 – Preço médio dos leilões de contratação – por leilão - R\$/MWh – Abril/2017



Fonte: Elaboração própria a partir de CCEE (2017) e Brasil (2004).

Notas: (1) O preço médio foi atualizado mediante índices IGP-M (para o PROINFA) e IPC-A (para todos os leilões seguintes); (2) O PROINFA estimulou a geração de energia proveniente de PCH, biomassa e eólica. Nesta Figura, considerou-se apenas a contratação de energia proveniente da utilização do bagaço e de madeira. Nos dados obtidos para as contratações via leilões (CCEE, 2017), apenas houve participação da energia proveniente do bagaço.

Dados da Aneel (2017) destacam que o número de projetos cresceu para 533 em operação, 11 em construção e 38 ainda não iniciados. Desses projetos, 86 são à base de resíduos de floresta, 17 de resíduos sólidos urbanos, 11 de resíduos animais, dois à base de biocombustíveis e 413 com utilização de resíduos agroindustriais (primazia do bagaço de cana-de-açúcar).

Na Tabela 1 é possível visualizar alguns dos empreendimentos a biomassa em operação no Brasil e a potência instalada por fonte.

Tabela 1 – Usinas termelétrica a biomassa em operação no Brasil e potência outorgada (PO) e potência fiscalizada (PF) (GW) – 2017

Fonte		APE¹	PIE²	REG³	Total
	Unid.	70	212	113	395
Bagaço ⁴	PO	1,39	9,41	0,383	11,191
	PF	1,27	9,36	0,378	11,016
Biogás – RA ⁶	Unid.	-	-	11	11
	PO	-	-	0,002	0,002
	PF	-	-	0,002	0,002
Biogás – RU ⁷	Unid.	-	6	10	16
	PO	-	0,098	0,033	0,131
	PF	-	0,087	0,029	0,116
	Unid.	-	-	3	3

Biogás – AGR ⁸	PO	-	-	0,001	0,001
	PF	-	-	0,001	0,001
	Unid.	-	2	1	3
Capim Elefante	PO	-	0,064	0,001	0,065
	PF	-	0,064	0,001	0,065
	Unid.	-	-	1	1
Carvão – RU	PO	-	-	0,002	0,002
	PF	-	-	0,002	0,002
	Unid.	1	2	4	7
Carvão Vegetal	PO	0,007	0,018	0,015	0,04
	PF	0,007	0,018	0,015	0,04
	Unid.	1	3	8	12
Casca de Arroz	PO	0,005	0,020	0,019	0,044
	PF	0,005	0,020	0,019	0,044
	Unid.	3	1	6	10
GAF ⁵ a biomassa	PO	0,088	0,01	0,018	0,116
	PF	0,085	0,01	0,018	0,113
	Unid.	1	-	1	2
Lenha	PO	0,011	-	0,003	0,014
	PF	0,011	-	0,003	0,014
	Unid.	9	6	2	17
Licor Negro ⁹	PO	1,454	1,039	0,008	2,501
	PF	1,444	0,808	0,008	2,26
	Unid.	-	-	2	2

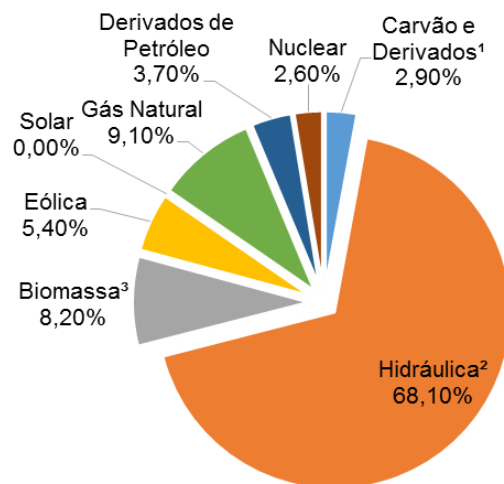
Óleos	PO	-	-	0,004	0,004
Vegetais	PF	-	-	0,004	0,004
	Unid.	8	10	32	50
Resíduos	PO	0,147	0,163	0,076	0,386
Florestais	PF	0,147	0,163	0,075	0,385

Fonte: Elaboração própria a partir de ANEEL (2017).

Notas: (1) APE: Autoprodutor de energia elétrica. É a pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo; (2) PIE: Produtor independente de energia elétrica. É a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco; (3) REG: As usinas sujeitas à Registro (REG) são aquelas com capacidade reduzida (até 1MW para hidráulicas e até 5MW para as demais fontes). A usina pode gerar energia para consumo próprio ou vender no mercado livre, conforme seu interesse e possibilidade; (4) um empreendimento termelétrico à bagaço de cana, com 1.200 kW, consta como não informada a destinação de energia; outro, consta a destinação para APE e para PIE; (5) GAF: Gás de alto-forno; (6) Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos; (7) Biogás de Resíduos animais; (8) Biogás de Resíduos Agroindustriais; (9) É também conhecido como lixívia negra, líquido resultante do cozimento da madeira.

No caso da matriz elétrica brasileira (Figura 5), o uso da biomassa (lenha, bagaço da cana, lixívia e outros) já corresponde a 8,2% do insumo usado na geração de energia. As fontes mais utilizadas são a hidráulica (68,1%) seguida pelo uso do gás natural (9,1%).

Figura 5 – Matriz elétrica brasileira - 2016



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2017).

Notas: (1) inclui gás de coqueria; (2) inclui importação; (3) inclui lenha, bagaço de cana, lixo e outras recuperações.

Com o intuito de aumentar cada vez mais o uso da biomassa na geração elétrica brasileira existe uma regulamentação específica, que incentiva

[...] a possibilidade de comercializar a energia produzida com consumidores que têm demanda de 500 kW ou superior; redução de 50% ou mais nos encargos por uso das redes de transmissão e distribuição; e dispensa de licitação para obter a autorização, bastando ao empreendedor solicitá-la à ANEEL (TOLMASQUIM, 2015, p. 228).

Grande parte das usinas sucroenergéticas é autossuficiente em energia elétrica, pois aproveita o bagaço proveniente da moagem da cana para geração de sua própria energia. O caldo da cana-de-açúcar contém aproximadamente um terço da energia total da planta. O bagaço, as pontas e as folhas são responsáveis pelos outros dois terços (MARTINS, 2011; VECCHIA, 2010). Adicionalmente, o processo de aproveitamento para geração de energia, chamado de cogeração, acaba gerando excedentes que podem ser comercializados (JANK; NAPPO, 2009).

Para que possa garantir o abastecimento a todos os consumidores, os agentes distribuidores podem adquirir energias advindas da geração distribuída¹⁰, de usinas que produzam energia a partir do uso da fonte eólica e da biomassa, de centrais termonucleares, entre outros (TOLMASQUIM, 2015).

Entre os benefícios da geração de energia elétrica a partir da biomassa cabe salientiar o custo de obtenção da matéria-prima, conforme mencionado anteriormente, e a complementariedade com a geração por hidrelétricas, principalmente em períodos de baixa densidade pluviométrica em regiões como o Sudeste (CAMPOS; MORAES, 2012).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estratégias brasileiras visando o estímulo às fontes renováveis de energia têm sido fundamentais para a expansão de fontes não convencionais como a biomassa. Nesse sentido, o país tem lançado mão de programas, decretos, portarias e legislações, que juntas, promovem a regulamentação e expansão do setor energético brasileiro.

Sob essa perspectiva, desde a década de 1970, o governo brasileiro vem estimulando a produção e o uso de fontes renováveis de energia, como a biomassa. No que se refere à produção de biocombustíveis, o PROÁLCOOL (1975) foi um importante instrumento para a inserção do etanol na matriz energética nacional, ainda que tenha sido descontinuado, em virtude do Contrachoque do Petróleo. O PNPB, criado em 2004, foi um importante incentivador ao uso de biomassa vegetal como recurso energético renovável. A partir de incentivos fiscais previstos no Selo Combustíveis Social, além de outras ferramentas que garantiram demanda e oferta do biocombustível (como a fixação do percentual obrigatório de biodiesel ao diesel, por exemplo), o governo brasileiro concedeu subsídios para o desenvolvimento dessa indústria.

No que tange à geração de energia elétrica, a inserção da biomassa nesse setor ocorreu com a criação do PROINFA, que promoveu a contratação de 685 MW de capacidade

¹⁰ De acordo com Tolmasquim (2015, p. 63) trata-se da “[...] geração descentralizada de pequeno porte (pequenas centrais hidrelétricas e termelétricas, geração a partir de fontes renováveis e cogeração) conectada diretamente ao sistema elétrico da distribuidora compradora”.

instalada, distribuídos em 27 projetos de biomassa. A utilização da biomassa na geração de eletricidade ganhou ainda mais impulso com os leilões de contratação de energia, que possibilitaram uma maior competitividade dessa fonte, a partir dos leilões específicos para energias alternativas.

Por fim, vale retomar os benefícios decorrentes do uso da biomassa na geração de energia. Além dos benefícios ambientais, como redução da emissão de gases do efeito estufa, o uso da biomassa para fins energéticos promove o desenvolvimento econômico e social, a partir da inclusão de famílias agricultoras na produção de insumos, gerando também de emprego e renda para os trabalhadores envolvidos na cadeia.

REFERÊNCIAS

- ABIOVE. **Biodiesel**: entrega e produção – maio/2017. São Paulo: ABIOVE, 2017. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>>. Acesso em: 05 jul. 2017.
- ALVES, O. F. de. **Análise socioeconômica da implantação de uma usina de biodiesel no estado do Maranhão**. 2010, 126p. Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), Instituto de Engenharia do Paraná, 2010.
- ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Fontes de energia**. Brasília: ANEEL, 2017. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>>. Acesso em: 28 mai. 2017
- BRASIL. Senado Federal. **Decreto nº 76.593 de 14 de novembro de 1975**. Institui o Programa Nacional do Alcool e dá outras providências. Brasília: 1975. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=123069>>. Acesso em: 03 mar. 2016.
- _____. Presidência da República. **Portaria nº 45, de 30 de março de 2004**. Brasília: 2004. Disponível em: <http://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/programas/proinfa/Portaria_MME_n_45-2004.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2017.
- _____. _____. **Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Brasília: 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso em: 12 mar. 2016.
- _____. _____. **Lei nº 13.033 de 24 de setembro de 2014**. Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 8.723, de 28 de outubro de 1993; revoga dispositivos da Lei no 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências. Brasília: 2014.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13033.htm>. Acesso em: 12 mar. 2016.

- _____. _____. **Lei nº 13.263 de 23 de março de 2016**. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Brasília: 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13263.htm>. Acesso em: 07 jul. 2016.
- CAMPOS, A. F.; CAROLINO, C.; SANTOS, L. T. dos; SOUZA, V. H. A. de. Políticas energéticas brasileiras: análise comparativa entre o PROÁLCOOL e o PNPB. I: **Anais do 52º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**. Goiânia: 52º SOBER, 2014.
- CAMPOS, A. F.; MORAES, N. G. **Tópicos em energia**. Teoria e exercícios com respostas para concursos. Rio de Janeiro: Synergia, 2012.
- CCEE [Câmara de Comercialização de Energia Elétrica]. **Resultado consolidado dos leilões - 05/2017**. São Paulo: CCEE, 2017. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/aceso_rapido_header_publico_nao_logado/biblioteca_virtual?tipo=Resultado%20Consolidado&assunto=Leil%C3%A3o&_afLoop=227516048497883#%40%3F_afLoop%3D227516048497883%26tipo%3DResultado%2BConsolidado%26assunto%3DLeil%25C3%25A3o%26_adf.ctrl-state%3Dze6ccx84o_80>. Acesso em: 08 jun. 2017.
- DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. Incentive policies for promoting wind power production in Brazil: scenarios for the Alternative Energy Sources incentive Program (PROINFA) under the new Brazilian electric power sector regulation. **Renewable Energy**, v. 33, p. 65-76, 2007.
- EIA [Energy Information Administration]. **Indicators**. CO₂ emissions. Washington: EIA, 2016. Disponível em: <<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8&cid=ww,&syid=2002&eyid=2012&unit=MMTCD>>. Acesso em: 28 jun. 2016.
- EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Balanco Energético Nacional**. Séries completas. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompleatas.aspx>>. Acesso em 04 de jul. 2016.
- _____. **Relatório síntese do Balanco Energético Nacional 2017 – Ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf> Acesso em: 24 de jun. 2017.
- ESCOBAR, J. C.; LORA, E. S.; VENTURINI, O. J.; YÁÑEZ, E. E.; CASTILLO, E. F.; ALMAZAN, O. Biofuels: environment, technology and food security. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, p. 1275–1287, 2009.
- FETRANSPOR. **Relatório de resultados do programa experimental de utilização de biodiesel B5 nas frotas de ônibus do Estado do Rio de Janeiro - 2007**. Rio de Janeiro: FETRANSPOR, 2008.
- GENTIL, L. V. **202 perguntas e respostas sobre biocombustíveis**. Brasília: SENAC-DF, 2011.
- JANK, M. S.; NAPPO, M. **Etanol de cana-de-açúcar**. Uma solução energética global sob ataque. 2009. In: ABRAMOVAY, R. Biocombustíveis – a energia da controvérsia. São Paulo: Editora Senac, 2009.

- MARTINS, H. A Ameaça à soberania nacional pela expansão do complexo agroquímico a partir da cana-de-açúcar e do etanol. In: STEDILE, J. P. Coletânea de Textos da ENFF. n° 10. **Questão Agrária Contemporânea e os Movimentos Camponeses da América Latina**. São Paulo: 2011.
- MME [Ministério de Minas e Energia]. **O Proinfra**. Brasília: MME, 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfra/>>. Acesso em: 06 de jul. 2017
- NOVA CANA. **Etanol anidro e hidratado: diferenças**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/etanol/anidro-hidratado-diferencas/>>. Acesso em: 26 set. 2017.
- OSAKI, M; BATALHA, M. T. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. In: **Anais do 46º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**. Rio Branco (AC): 46º SOBER, 2008.
- PRATES, C. P. T.; PIEROBON, E. C; COSTA, R.C. Formação do Mercado de Biodiesel no Brasil. In: **BNDES Setorial - Biocombustíveis**. Rio de Janeiro: BNDES, 2007
- ROSA, L. P. **Modelos e alternativas energéticas**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2013.
- SOUZA, V. H. A. de; SANTOS, L. T. dos; PAGEL, U. R; SCARPATI, C. de B. L; CAMPOS, A. F. Aspectos Sustentáveis da Biomassa como Recurso Energético. **Revista Augustus**, v. 20, n° 40, p. 105-123, 2015.
- STATTMAN, S. L; HOSPES, O; MOL, A. P. J. Governing biofuels in Brazil: A comparison of ethanol and biodiesel policies. **Energy Policy**, v. 61, p. 22-30, 2013.
- TOLMASQUIM, M. T. **Novo modelo do setor elétrico brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2015.
- TOLMASQUIM, M. T. (coord). **Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016.
- TRZECIAK, M. B; NEVES, M. B. das; VINHOLES, P. da S; VILLELA, F. A. Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. **Informativo Abrates**, v.18, p. 30-38, 2008002E
- TRUMBO, J. L; TONN, B. E. Biofuels: A sustainable choice for the United States' energy future? **Technological Forecasting & Social Change**, v. 104 p. 147-161, 2016.
- UNICA [União da Indústria de Cana-de-Açúcar]. **Exportação e importação**. Exportação anual. São Paulo: ÚNICA, 2017. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=43>>. Acesso em: 28 mai. 2016.
- VACCARO, G. L. R; POHLMANN, C; LIMA, A. C; SANTOS, M. S. dos; SOUZA, C. B. de; AZEVEDO, D. Prospective scenarios for the biodiesel chain of Brazilian state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 1263-1272, 2010.
- VECCHIA, R. **O meio ambiente e as energias renováveis: instrumentos de liderança visionária para a sociedade sustentável**. São Paulo: Manole: Minha Editora, 2010.
- ZABED, H; SAHU, J. N; SUELY, A; BOYCE, A. N; FARUQ, G. Bioethanol production from renewable sources: current perspectives and technological progress. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 475-501, 2017