

## CAPÍTULO 9

# RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COMO BIOMASSA ALTERNATIVA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA DISTRIBUÍDA EM COMUNIDADES RURAIS

---

Isabelly Pereira da Silva<sup>1</sup>; Rafael Mota de Aragão Lima<sup>2</sup>;  
Denise Santos Ruzene<sup>3</sup>; Daniel Pereira da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe*

<sup>2</sup>*Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe*

<sup>3</sup>*Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe*

## 1 Introdução

A energia elétrica tornou-se essencial às atividades humanas e ao desenvolvimento socioeconômico de diversos países e regiões. A demanda energética no mundo nos últimos anos adquiriu maior dimensão devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento tecnológico gerando problemas, como possibilidade do esgotamento de recursos e impacto ao meio ambiente (ANEEL, 2008). Deste modo, surge a necessidade de investir no desenvolvimento de fontes alternativas e renováveis para suprir essa demanda por energia. No Brasil, foi sancionada a lei nº 10.438 em 2002 que criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) que estipula a meta de que em até 20 anos 10% do consumo anual de energia elétrica no país seja atendido pelas fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa (BRASIL, 2002).

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008), a biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos, ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis. Os usos mais comuns da biomassa como fonte de energia referem-se à geração de calor, eletricidade, cocção e combustível (CHAVES *et al.*, 2016).

O Brasil é um grande produtor agroindustrial, sendo atividades correlatas ao agronegócio a principal fonte de renda de muitos

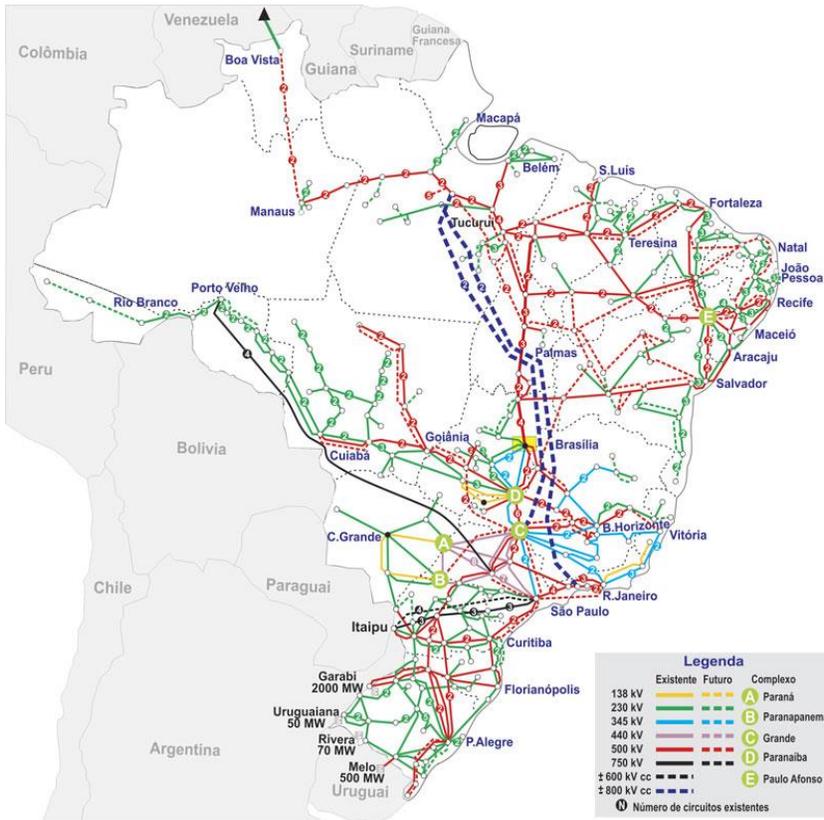
brasileiros. Dentro deste contexto, e com o conhecimento que no campo há uma grande geração de resíduos surge a oportunidade de seu aproveitamento como fonte de biomassa para produção de energia.

Sabe-se ainda que há dificuldades quanto a distribuição de energia elétrica no Brasil, em especial no alcance para todos os brasileiros. Em 2003 foi criado o programa Luz para Todos visando suprir esta carência e fornecer acesso a energia elétrica à população do meio rural brasileiro (BRASIL, 2003). Apesar dos avanços neste sentido, ainda há muitas famílias que não recebem energia elétrica, sendo o programa prorrogado até 2018 (BRASIL, 2011, 2014). Neste contexto, tem-se o objetivo de discutir o cenário do aproveitamento energético de resíduos em comunidades rurais do Nordeste tanto como solução energética como de destinação adequada desses resíduos, gerando uma melhoria na qualidade de vida dos produtores locais.

## **2 Sistemas de energia elétrica no Brasil**

O Brasil é um país com uma vasta dimensão territorial, sendo considerado um país com dimensão continental. Devido a isso, a ampla distribuição de energia elétrica para toda a população se torna um desafio, principalmente nos lugares de mais difícil acesso. O fornecimento de energia elétrica no Brasil é suprido predominantemente pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), que alcança a maior parte do mercado brasileiro. As linhas de transmissão interligadas ao SIN abrangem as regiões Sul, Sudeste, Centro-oeste, Nordeste e apenas parte do Norte, como representado na Figura 9.1. Existem também os chamados Sistemas Isolados (SISOL) com o objetivo de suprir o fornecimento de energia elétrica gerando e distribuindo para os consumidores sem conexão às redes do SIN por razões técnicas ou econômicas (ONS, 2017a).

**Figura 9.1 – Transmissão do Sistema Interligado Nacional – Brasil – 2017**



Fonte: ONS, 2017b

As características da população e do consumo energético do Norte diminuem a viabilidade de investimentos em linhas de transmissão para integração com o SIN, por ter baixa densidade populacional com baixa renda e baixo consumo de energia elétrica. Dessa forma, os Sistemas Isolados estão localizados predominantemente na região Norte e principalmente nas cidades do interior (ONS, 2017a). Atualmente, apenas uma capital do Norte ainda é abastecida pelos sistemas isolados, Boa Vista, a capital de Roraima, porém há um planejamento para que seja integrada ao SIN em 2024, e parte do fornecimento da energia elétrica é feita por importação da Venezuela (ONS, 2017a).

A geração de energia elétrica pelos Sistemas Isolados é feita em sua maioria por usinas termelétricas que utilizam óleo diesel como fonte, como mostra Tabela 9.1, mas também são observadas unidades operando com gás natural e biomassa. Apenas uma unidade geradora utiliza a energia hidráulica e fica situada em Roraima (ONS, 2017a). Outros estados não pertencentes à região Norte beneficiários dos Sistemas Isolados são Pernambuco, que tem a ilha Fernando de Noronha atendida pela Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) e Mato Grosso através da Energisa.

O conjunto destes dois sistemas de energia elétrica no Brasil abastece grande parte da população brasileira, porém não são suficientes para suprir toda a população. Quando a distribuição de energia não ocorre pelas vias oficiais do país, a população tem como alternativa a geração de energia de forma independente. Neste contexto, surge o interesse de buscar formas de geração de energia para suprir uma demanda local com sistemas de baixa potência. No Brasil, estes sistemas independentes que geram energia para consumo próprio podem ser registrados e regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), devendo estar de acordo com as normas específicas. Esta modalidade de geração de energia é classificada como ‘geração distribuída’.

**Tabela 9.1 – Geração de energia elétrica no Sistema Isolado brasileiro – Previsão 2018**

UF	Agentes responsáveis	Local	Tipo	Combustível	Número de sistemas	Total de energia (WMh)
AC	Eletrobras Distribuição Acre	Interior	UTE	PIE-Diesel	9	229.597
			UTE	Diesel	90	1.634.984
AM	Eletrobras Distribuição Amazonas	Interior	UTE	Gás Natural	4	58.644
			UTE	PIE-Biomassa	1	43.200
AP	Companhia de Eletricidade do Amapá (CEA)	Interior	UTE	Diesel	1	3.514
			UTE	PIE-Diesel	1	42.790
PA	Centrais Elétricas do Pará (CELPA)	Interior	UTE	Diesel	1	9.160
			UTE	PIE-Diesel	20	381.394
	Petrobras	Interior	UTE	Diesel	2	49.244
RO	Eletrobras Distribuição Rondônia	Interior	UTE	Diesel	26	370.847
RR	Eletrobras Distribuição Roraima	Capital	UTE	Diesel	1	136.529
			Importação	-	-	1.130.268
		Interior	UTE	Diesel	81	14.640
			PCH	-	1	28.133
	Importação	-	-	7.461		
MT	ENERGISA	Interior	UTE	Diesel	1	4.938
PE	Companhia Energética de Pernambuco (CELPE)	Interior	UTE	Diesel	1	18.960
			UTE	Diesel	234	2.896.597
			UTE	Gás Natural	4	58.644
	<b>Total</b>		UTE	Biomassa	1	43.200
			PCH	-	1	28.133
			Importação	-	-	1.137.729

Legenda: UTE: usinas termelétricas; PCH: pequenas centrais hidrelétricas; PIE: produtor independente de energia elétrica.

Fonte: ONS, 2017b

### 3 Geração de energia distribuída

A Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamentou a geração distribuída (GD) no Brasil, trazendo as definições de microgeração e minigeração distribuída e estabelecendo os critérios para a sua operação no país, mas o conceito de geração distribuída já era definido a partir do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004.

Segundo este decreto, geração distribuída é a produção de energia elétrica conectada diretamente ao sistema elétrico de distribuição. Com a geração distribuída a população pode gerar energia elétrica para uso próprio, e devido à característica de ter o sistema conectado a uma companhia de distribuição, a energia excedente é transmitida ao sistema sendo convertida em créditos de energia para serem usados quando a geração distribuída não for suficiente. De acordo com a potência instalada, a geração distribuída pode ser classificada como microgeração, quando menor ou igual a 75kW ou minigeração quando superior a 75kW e menor ou igual a 5 MW, conforme Tabela 9.2.

**Tabela 9.2 – Características de microgeração e minigeração distribuída**

	Potência instalada	Conexão	Fontes
<b>Microgeração distribuída</b>	Menor ou igual a 75 kW	Conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras	Cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica
<b>Minigeração distribuída</b>	Superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW		

Fonte: ANEEL, 2015; 2017a

Os incentivos para a geração distribuída no Brasil se justificam pela melhoria na eficiência do sistema, com redução de perdas nas linhas de transmissão. Além disso, o incentivo prioriza a diversificação da matriz energética e baixo impacto ambiental, já que restringe a geração distribuída a fontes renováveis ou cogeração qualificada, que siga critérios mínimos de eficiência definidos pela ANEEL. Para o consumidor o benefício é a geração de sua própria energia e ganho de crédito quando na geração de energia excedente. Este crédito é gasto em situações de maior consumo próprio podendo ser utilizado em até 60 meses pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica (ANEEL, 2015).

Os dados divulgados pela Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração (SGD) da ANEEL, representados na Tabela 9.3, mostram que a região que mais utiliza a geração distribuída no Brasil é a região Sudeste com 53,4% das usinas de geração distribuída no Brasil e 41,1% da potência instalada (ANEEL, 2017b). O Nordeste brasileiro, apesar do seu grande potencial de geração de energia fica em

terceiro lugar com 12,4% das usinas e 21,8% da potência instalada no Brasil.

**Tabela 9.3 – Usinas, unidades consumidoras e potência instalada com geração distribuída por tipo de geração de energia elétrica – Brasil – 2017**

Região	Quantidade de usinas				Quantidade de UCs que recebem os créditos				Potência Instalada (kW)			
	CGH	EOL	UFV	UTE	CGH	EOL	UFV	UTE	CGH	EOL	UFV	UTE
<b>Norte</b>	3	1	232	1	21	1	238	1	3.508	2	1.759	24
<b>Nordeste</b>	0	35	1.988	1	0	78	2.296	1	0	10.210	29.376	28
<b>Sudeste</b>	6	6	8.650	39	191	6	9.893	109	3.966	35	57.185	13.556
<b>Sul</b>	5	11	4.190	19	8	11	4.615	59	2.432	38	33.796	8.046
<b>Centro-Oeste</b>	6	0	1.097	7	18	0	1.177	23	5.285	0	11.512	1.318
<b>Brasil</b>	<b>20</b>	<b>53</b>	<b>16.157</b>	<b>67</b>	<b>238</b>	<b>96</b>	<b>18.219</b>	<b>193</b>	<b>15.191</b>	<b>10.286</b>	<b>133.627</b>	<b>22.972</b>

Legenda: CGH: Central Geradora Hidrelétrica; EOL: Central Geradora Eólica; UFV: Central Geradora Solar Fotovoltaica; UTE: Usina Termelétrica; UC: Unidades Consumidoras.

Fonte: ANEEL, 2017b

A fonte de geração de energia elétrica mais aproveitada para geração distribuída no Brasil é a energia solar, representando 99,1% das usinas e 73,4% da potência instalada, essas usinas têm por característica serem numerosas com baixo potencial de geração, sendo a maioria categorizada como microgeração. As usinas termelétricas totalizam 0,4% em relação ao total do país, representando 12,6% da potência instalada. Estas usinas incluem as usinas que utilizam as fontes provenientes da biomassa, a maioria utilizando-se de biogás, e apenas uma utiliza o gás natural para geração de energia (ANEEL, 2017b).

A Tabela 9.4 mostra em detalhes as fontes energéticas utilizadas na geração distribuída no Brasil. Observa-se que das usinas que têm a biomassa como fonte, a maioria utiliza a biomassa proveniente de resíduos animais representando 54,5% e em segundo lugar é a biomassa proveniente da agroindústria com 25,8%, estas usinas representam respectivamente 22,5% e 26,4% da potência instalada das usinas de biomassa. Apesar de que as usinas que utilizam a biomassa florestal representarem uma grande parcela da potência gerada, esta energia abastece uma pequena parcela das unidades

consumidoras. Dessa forma, tem-se os resíduos animais e os resíduos agroindustriais como destaques para a geração de energia distribuída.

Como observado pelos dados apresentados da Tabela 9.4, estes sistemas se caracterizam por unidades de geração de pequeno porte, sendo responsabilidade do proprietário a instalação, operação e manutenção de seu sistema. Tal investimento tem como benefício diminuir os gastos com o uso de energia elétrica, ou até garantir o fornecimento de energia elétrica que às vezes não lhe é provido. Dessa forma, percebe-se a importância da expansão da utilização de sistemas de geração distribuída no país, pois esta iniciativa do próprio consumidor fornece suporte para a ampliação do alcance da distribuição de energia elétrica para um maior número de pessoas.

**Tabela 9.4 – Usinas, unidades consumidoras e potência instalada com geração distribuída por fonte de geração de energia elétrica – Brasil – 2017**

Origem	Fonte		Capacidade instalada			
	Fonte nível 1	Fonte nível 2	Quantidade de usinas	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	
Biomassa	Agroindustriais	Biogás – AGR	13	26	1402,26	
		Casca de Arroz	4	6	3700,00	
		Biogás – Floresta	2	5	99,00	
	Floresta	Gás de Alto Forno – Biomassa	1	8	5000,00	
		Resíduos Florestais	3	3	3210,00	
		Resíduos animais	Biogás – RA	36	128	4359,94
		Resíduos sólidos urbanos	Biogás – RU	7	15	1573,38
Fóssil	Gás Natural	Gás Natural	1	2	3627,68	
Eólica	Cinética do vento	Cinética do vento	53	96	10285,60	
Hídrica	Potencial hidráulico	Potencial hidráulico	20	238	15190,70	
Solar	Radiação solar	Radiação solar	16157	18219	133627,42	
<b>Total</b>			<b>16297</b>	<b>18746</b>	<b>182075,98</b>	

Legenda: Biogás – AGR: biogás de origem da agroindustrial; Biogás – RA: biogás de origem de resíduos animais; Biogás – RU: biogás de origem de resíduos urbanos; UC: Unidades Consumidoras.

Fonte: ANEEL, 2017b

## 4 Cenário do acesso a energia elétrica no Nordeste

De acordo com dados do Censo Demográfico do ano de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conforme Tabela 9.5, 1,45% da população brasileira até aquele ano não tinha acesso a energia elétrica, esta porcentagem representava 2,75 milhões de brasileiros e destes 43,5% da região Nordeste e 41,3% da região Norte (IBGE, 2010). Os dados revelam ainda que 85,6% da população do Brasil sem acesso a energia elétrica se encontravam em situação rural, indicando a necessidade de uma maior preocupação com as populações rurais e principalmente das regiões Norte e Nordeste como ilustra a Figura 9.2.

Ainda baseado nos dados do Censo Demográfico do ano de 2010, da população do Nordeste em situação rural 91,2% até aquele ano teve acesso a energia elétrica de companhias distribuidoras, 7,1% sem acesso e 1,7% de outras fontes, contra 99,0%, 0,5% e 0,5% em situação urbana. Esses dados mostram uma maior dificuldade de alcance à população rural pelas companhias distribuidoras, forçando-as a buscarem outras alternativas de fontes energéticas.

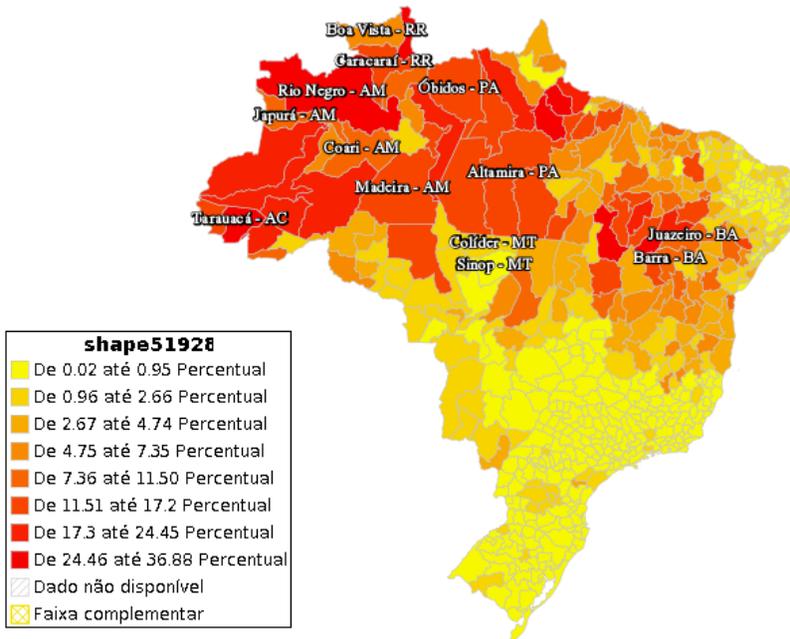
De acordo com dados do Censo Agropecuário do ano de 2006 realizado pelo IBGE na Tabela 9.6, 37,3% estabelecimentos agropecuários da região Nordeste não possuíam acesso até 2006 a energia elétrica para utilização doméstica ou no campo. Comparando esta informação com o dado discutido anteriormente sobre o acesso à energia elétrica da população rural do Nordeste, em que 7,1% não tinham acesso a energia elétrica em 2010, percebe-se que desta população os produtores agropecuários são os mais prejudicados com 37,3% dos estabelecimentos sem utilizar energia elétrica em 2006 e destes 89,3% estabelecimentos classificados como agricultura familiar. O que comprova a dificuldade dos pequenos produtores no acesso a energia elétrica.

**Tabela 9.5 – Moradores em domicílios particulares permanentes, por situação do domicílio, segundo a existência de energia elétrica – Brasil – 2010**

Região	Moradores em domicílios particulares permanentes (Pessoas)						Total
	Urbana			Rural			
	Tinham de companhia distribuidora	Tinham de outra fonte	Não tinham	Tinham de companhia distribuidora	Tinham de outra fonte	Não tinham	
Norte	11394213	156231	71511	2377021	712442	1063923	15775341
Nordeste	38297994	203903	182083	12948567	242525	1013842	52888914
Sudeste	73647102	639797	80327	5382091	57372	115472	79922161
Sul	23031085	76387	42593	4022044	23233	45745	27241087
Centro-Oeste	12355566	47938	19780	1381397	44060	113967	13962708
<b>Brasil</b>	<b>158725960</b>	<b>1124256</b>	<b>396294</b>	<b>26111120</b>	<b>1079632</b>	<b>2352949</b>	<b>189790211</b>

Fonte: IBGE, 2010 (via SIDRA)

**Figura 9.2 – Moradores em domicílios particulares permanentes sem acesso a energia elétrica – Brasil – 2010**



Fonte: IBGE, 2010 (via SIDRA)

**Tabela 9.6 – Número de estabelecimentos agropecuários, com agricultura familiar e não familiar, por local de uso da energia elétrica – Brasil – 2006**

Região	Número de estabelecimentos agropecuários								Total
	Agricultura não familiar				Agricultura familiar – Lei 11.326				
	Só na residência	Só na atividade agrícola	Nos dois	Não utiliza	Só na residência	Só na atividade agrícola	Nos dois	Não utiliza	
<b>Norte</b>	28828	506	6339	27439	161049	1214	11231	239172	475778
<b>Nordeste</b>	132110	5902	31184	97733	1289232	15298	65924	816677	2454060
<b>Sudeste</b>	84160	8136	100473	29573	400920	14281	154388	130166	922097
<b>Sul</b>	62938	4516	63023	26033	376100	8886	330509	134198	1006203
<b>Centro-Oeste</b>	47972	1197	35533	15774	120743	1401	31674	63204	317498
<b>Brasil</b>	<b>356008</b>	<b>20257</b>	<b>236552</b>	<b>196552</b>	<b>2348044</b>	<b>41080</b>	<b>593726</b>	<b>1383417</b>	<b>5175636</b>

Fonte: IBGE, 2006 (via SIDRA)

Ainda de acordo com estes dados, dos estabelecimentos do Nordeste classificados como agricultura familiar que tinham acesso à energia elétrica 94,1% usavam a energia apenas na residência, 1,1% somente na atividade agropecuária e 4,8% em ambos. Confrontando com a mesma estatística para agricultura não-familiar em que se tem respectivamente 78,1%, 3,5% e 18,4%, percebe-se a diferença dos perfis, em que o agricultor familiar utiliza-se de métodos mais rudimentares na atividade rural, não utilizando de energia elétrica, do que o agricultor não familiar que tem acesso mais favorável a energia elétrica.

Ainda de acordo com dados do Censo Agropecuário do ano de 2006, conforme Tabela 9.7, tem-se a estimativa de que a energia elétrica utilizada nos estabelecimentos do Nordeste alcançava 98,0% externa e 2,0% gerada no próprio estabelecimento. No Nordeste a fonte de energia mais utilizada era a energia solar sendo aproveitada em 78,3% dos estabelecimentos com geração no próprio estabelecimento, no Sul e Sudeste tem-se a energia hidráulica sendo aproveitada em 81,2% e 61,1%, respectivamente, e no Norte e Centro-oeste a energia por queima de combustíveis como destaque foi de 74,5% e 60,7%, respectivamente.

**Tabela 9.7 – Número de estabelecimentos agropecuários por tipo de fonte de energia elétrica usada – Brasil – 2006**

Região	Tipo de fonte de energia elétrica						Total	
	Externa	Gerada no estabelecimento				Não utiliza		
		Por energia solar	Pelo vento (eólica)	Por energia hidráulica	Por queima de combustíveis			Outra forma
<b>Norte</b>	181010	5484	35	872	20972	1938	266611	475778
<b>Nordeste</b>	1509191	23839	165	2185	4371	2305	914410	2454060
<b>Sudeste</b>	759134	991	36	1970	958	1079	159739	922097
<b>Sul</b>	844992	308	28	796	464	538	160231	1006203
<b>Centro-Oeste</b>	232084	1596	9	1249	3904	461	78978	317498
<b>Brasil</b>	<b>3526411</b>	<b>32218</b>	<b>273</b>	<b>7072</b>	<b>30669</b>	<b>6321</b>	<b>1579969</b>	<b>5175636</b>

Fonte: IBGE, 2006 (via SIDRA)

Com o conhecimento de que o Nordeste tem uma grande produção agrícola no Brasil, a qual gera uma grande quantidade de resíduos, a energia da biomassa poderia ser melhor difundida e mais aproveitada, principalmente para geração de energia elétrica nestes estabelecimentos, em que a destinação adequada destes resíduos também é um fator de preocupação.

## **5 Biomassa a partir de resíduos agroindustriais em comunidades rurais do Nordeste**

A produção agrícola no Nordeste é caracterizada por um grande número de pequenos produtores rurais com o objetivo de assegurar a subsistência por meio das atividades no campo. Segundo dados do Censo Agropecuário do ano de 2006 realizado pelo IBGE, os produtos que são cultivados em um maior número de estabelecimentos de agricultura familiar do Nordeste são: milho, feijão fradinho e mandioca, conforme indicado na Tabela 9.8. Outros produtos também têm destaque como feijão de cor, arroz em casca e feijão preto.

**Tabela 9.8 – Número de estabelecimentos agropecuários, quantidade produzida, por agricultura familiar e não familiar e tipo de produção vegetal – Região Nordeste do Brasil – 2006**

Tipo de produção vegetal	Número de estabelecimentos agropecuários (Unidades)		Quantidade produzida (Toneladas)	
	<u>Agricultura familiar – Lei 11.326</u>	<u>Agricultura não familiar</u>	<u>Agricultura familiar – Lei 11.326</u>	<u>Agricultura não familiar</u>
Milho em grão	1.049.259	106.947	3.978.083	1.507.132
Feijão fradinho	680.083	71.283	863.253	101.626
Mandioca	363.859	32.935	3.354.723	477.113
Feijão de cor	246.544	24.872	430.317	73.084
Arroz em casca	241.939	20.945	1.421.903	253.603
Feijão preto	39.895	3.324	64.544	8.373
Café	28.007	4.720	28.648	88.949
Café canephora (em grão)	5.620	1.223	7.201	31.260
Soja em grão	194	1.123	35.157	3.679.649
Trigo em grão	19	14	59	322

Fonte: IBGE, 2006 (via SIDRA)

A Tabela 9.9 apresenta de forma mais completa os produtos das lavouras temporárias e permanentes do Nordeste conforme dados coletados pelo IBGE na pesquisa de Produção Agrícola Municipal (PAM) em 2016. Verifica-se que a mandioca e o milho apresentaram uma magnitude considerável de quantidade produzida em 2016, representando uma geração de, respectivamente 4,80 e 3,16 milhões de toneladas de produto no Nordeste, ficando atrás apenas da produção de cana-de-açúcar e soja, que não são cultivos tradicionais da agricultura familiar. Dessa forma, consideram-se estes produtos de boa potencialidade para utilização de resíduos para produção de energia distribuída na zona rural do Nordeste.

A depender do produto cultivado, as produções dessas lavouras geram uma diversidade de resíduos aos quais deve-se fazer uma destinação adequada. A Tabela 9.10 apresenta os resíduos gerados por alguns produtos agroindustriais, tanto os resíduos gerados no campo com o cultivo e a colheita, como também os resíduos gerados a partir da transformação em um produto de maior valor agregado.

**Tabela 9.9 – Quantidade produzida das lavouras temporárias e permanentes – Região Nordeste do Brasil – 2016**

Produto de lavouras temporárias	Quantidade produzida (Toneladas)	Participação na produção nacional (%)	Produto de lavouras permanentes	Quantidade produzida (Toneladas)	Participação na produção nacional (%)
<b>Cana-de-açúcar</b>	55.698.720	7,25%	<b>Banana (cacho)</b>	2.285.796	33,79%
<b>Soja (em grão)</b>	5.145.197	5,34%	<b>Laranja</b>	1.744.673	10,11%
<b>Mandioca</b>	4.806.999	22,80%	<b>Mamão</b>	1.016.252	71,33%
<b>Milho (em grão)</b>	3.161.408	4,93%	<b>Manga</b>	710.001	70,85%
<b>Algodão herbáceo (em caroço)</b>	954.098	27,54%	<b>Coco-da-baía</b>	677.634	76,74%
<b>Abacaxi</b>	580.905	32,34%	<b>Maracujá</b>	489.898	69,64%
<b>Melão</b>	570.838	95,71%	<b>Uva</b>	323.955	32,91%
<b>Melancia</b>	545.194	26,08%	<b>Goiaba</b>	191.078	46,05%
<b>Tomate</b>	538.566	12,92%	<b>Sisal ou agave (fibra)</b>	180.948	100,00%
<b>Cebola</b>	324.488	19,58%	<b>Limão</b>	169.123	13,40%
<b>Batata-inglesa</b>	318.681	8,27%	<b>Dendê (cacho de coco)</b>	157.845	9,58%
<b>Feijão (em grão)</b>	302.704	11,57%	<b>Café (em grão)</b>	130.365	4,32%
<b>Arroz (em casca)</b>	271.226	2,55%	<b>Cacau (em amêndoa)</b>	115.756	54,13%
<b>Batata-doce</b>	170.601	25,48%	<b>Castanha de caju</b>	72.999	97,92%
<b>Sorgo (em grão)</b>	91.034	7,89%	<b>Borracha (látex coagulado)</b>	44.675	14,15%
<b>Mamona (baga)</b>	23.623	95,95%	<b>Tangerina</b>	34.247	3,43%
<b>Trigo (em grão)</b>	19.800	0,29%	<b>Palmito</b>	27.259	23,20%
<b>Amendoim (em casca)</b>	9.782	1,73%	<b>Pimenta-do-reino</b>	5.590	10,27%
<b>Fumo (em folha)</b>	8.123	1,20%	<b>Abacate</b>	5.273	2,70%
<b>Alho</b>	5.710	4,31%	<b>Guaraná (semente)</b>	2.748	73,75%
<b>Fava (em grão)</b>	3.609	99,23%	<b>Urucum (semente)</b>	2.746	21,42%

Nota: O dado disponibilizado pelo IBGE da quantidade produzida de coco-da-baía é expresso em mil frutos e o valor foi convertido utilizando estimativa da CENBIO (2012) que considera uma média de 500g por fruto.

Fonte: IBGE, 2016 (via SIDRA)

**Tabela 9.10 – Resíduos gerados a partir de produtos agroindustriais**

Produto	Resíduo do cultivo e colheita	Resíduo do beneficiamento e industrialização
<b>Cana-de-açúcar</b>	Palhada (palha e ponteira)	Álcool: bagaço; Açúcar: torta de filtro, vinhaça
<b>Mandioca</b>	Folhas, caule, cepa	Casca, crueira, bagaço, manipueira
<b>Milho</b>	Palhada (folhas e caule)	Sabugo
<b>Feijão</b>	Palhada (talos) e vagem	-
<b>Arroz</b>	Hastes e folhas	Casca
<b>Soja</b>	Palhada (hastes, folhas e vagens)	-
<b>Banana</b>	Pseudocaule, folhas	Casca, engaço
<b>Laranja</b>	-	Casca, bagaço
<b>Coco-da-baía</b>	Seco: engaço, casca (mesocarpo); Verde: engaço	Seco: casca (endocarpo); Verde: -
<b>Algodão herbáceo</b>	Palhada (folhas e caule)	Casca e caroço

Fonte: SOUZA *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2012; SCHNEIDER *et al.*, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2014; EPE, 2014

Alguns resíduos das produções já possuem aplicabilidade comum no campo, minimizando impactos da geração desses resíduos, sendo que algumas lavouras ainda têm a necessidade de utilizar parte do resíduo para cobrir e proteger o solo, mantendo a matéria orgânica e os nutrientes no campo (DIAS *et al.*, 2012). Entretanto, parte destes resíduos não utilizados pode e deve ser avaliada para a geração de energia. A Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável (ABIB) realizou uma estimativa da geração de resíduos agrícolas, conforme indicado na Tabela 9.11, salientando que neste fator residual quantitativo de geração em relação à quantidade de produto foi considerado 30% dos resíduos no local do cultivo justamente devido a necessidades locais e de costume em relação a manutenção de parte dos resíduos para a qualidade do solo e 10% de perdas.

**Tabela 9.11 – Fator de geração de resíduos a partir de produtos agroindustriais**

<b>Produto agrícola de lavoura temporária</b>	<b>Resíduo</b>	<b>FR</b>	<b>Produto agrícola de lavoura permanente</b>	<b>Resíduo</b>	<b>FR</b>
<b>Cana-de-Açúcar</b>	Vinhaça	0,800	<b>Banana</b>	Pseudocaule	2,500
<b>Cana-de-Açúcar</b>	Torta de Filtro	0,400	<b>Banana</b>	Resíduos	1,500
<b>Cana-de-Açúcar</b>	Bagaço	0,280	<b>Banana</b>	Engaço	0,120
<b>Cana-de-Açúcar</b>	Palha e Colmo	0,240	<b>Coco-da-baía</b>	Resíduos	0,600
<b>Soja</b>	Palha e Resíduos	1,400	<b>Mamão</b>	Resíduos	0,390
<b>Milho</b>	Palha, Sabugo e Resíduos	1,420	<b>Manga</b>	Resíduos	0,390
<b>Mandioca</b>	Resíduos	0,500	<b>Sisal</b>	Refugo e Bucha	1,330
<b>Mandioca</b>	Rama	0,186	<b>Laranja</b>	Farelo de bagaço	0,110
<b>Algodão herbáceo</b>	Rama	2,450	<b>Maracujá</b>	Resíduos	0,390
<b>Algodão herbáceo</b>	Casca e Carçoço	0,500	<b>Goiaba</b>	Resíduos	0,390
<b>Feijão</b>	Palha e Resíduos	3,670	<b>Uva</b>	Semente e Casca	0,230
<b>Arroz</b>	Palha	1,310	<b>Castanha de caju</b>	Resíduos	0,730
<b>Abacaxi</b>	Farelo	0,600	<b>Cacau</b>	Casca e Resíduos	0,380
<b>Arroz</b>	Casca	0,180	<b>Café</b>	Casca e Resíduos	0,280
<b>Sorgo</b>	Resíduos	0,500	<b>Uva</b>	Engaço	0,100
<b>Trigo</b>	Palha e Resíduos	1,400	<b>Abacate</b>	Resíduos	0,390
<b>Amendoim</b>	Rama e Resíduos	1,070	-	-	-

Legenda: FR: Fator residual quantitativo (massa de resíduo/massa de produto)

Fonte: ABIB, 2011, 2013

Considerando uma produção de 3,16 milhões de toneladas de grãos de milho, o Nordeste obteve uma geração de 4,49 milhões de toneladas de resíduos conforme cálculo feito com os dados disponibilizados pela ABIB (2013). Para a produção de 4,8 milhões de toneladas de mandioca obtém-se uma geração de 0,89 milhões de toneladas de resíduos da rama e 2,40 resíduos totais que incluem resíduos do beneficiamento. A Tabela 9.12 apresenta a estimativa do quantitativo para demais produtos das lavouras temporárias e permanentes da região Nordeste com base nos dados da PAM 2016.

**Tabela 9.12 – Estimativa de resíduos gerados a partir de produtos agroindustriais – Região Nordeste do Brasil – 2016**

Produto agrícola de lavoura temporária	Resíduo	Quant. (10 <sup>6</sup> t)	Produto agrícola de lavoura permanente	Resíduo	Quant. (10 <sup>6</sup> t)
Cana-de-Açúcar	Vinhaça	44,56	Banana	Pseudocaule	5,71
Cana-de-Açúcar	Torta de Filtro	22,28	Banana	Resíduos	3,43
Cana-de-Açúcar	Bagaço	15,60	Banana	Engaço	0,27
Cana-de-Açúcar	Palha e Colmo	13,37	Coco-da-baía	Resíduos	0,41
Soja	Palha e Resíduos	7,20	Mamão	Resíduos	0,40
Milho	Palha, Sabugo e Resíduos	4,49	Manga	Resíduos	0,28
Mandioca	Resíduos	2,40	Sisal	Refugo e Bucha	0,24
Mandioca	Rama	0,89	Laranja	Farelo de bagaço	0,19
Algodão herbáceo	Rama	2,34	Maracujá	Resíduos	0,19
Algodão herbáceo	Casca e Carçoço	0,48	Goiaba	Resíduos	0,07
Feijão	Palha e Resíduos	1,11	Uva	Semente e Casca	0,07
Arroz	Palha	0,36	Castanha de caju	Resíduos	0,05
Abacaxi	Farelo	0,35	Cacau	Casca e Resíduos	0,04
Arroz	Casca	0,05	Café	Casca e Resíduos	0,04
Sorgo	Resíduos	0,05	Uva	Engaço	0,03
Trigo	Palha e Resíduos	0,03	Abacate	Resíduos	0,002
Amendoim	Rama e Resíduos	0,01	-	-	-

Legenda: Quant.: Quantidade de resíduos gerada (milhões de toneladas)

Fonte: ABIB, 2011, 2013

Em relação às lavouras permanentes, apresentaram-se como destaques na geração de resíduos a produção agrícola de banana e coco-da-baía. É importante ressaltar que o quantitativo de resíduo é relevante, porém para a avaliação do potencial de geração de energia deve-se observar ainda as características de composição química desses resíduos, bem como o processo de conversão da biomassa que será empregado.

## 6 Biomassa na microgeração e minigeração de energia

Devido à diversidade das biomassas vale salientar a elevada variação de alternativas para a sua transformação, e a eficiência dos processos depende da sua composição. No sistema de geração de energia elétrica a partir da biomassa, primeiramente ocorre a conversão

da biomassa em um produto intermediário. A energia das ligações químicas do composto gerado é liberada por combustão em uma máquina motriz produzindo energia cinética que aciona um gerador para conversão em energia elétrica. Os processos de conversão da biomassa para esta finalidade que se destacam são combustão em caldeiras, gaseificação e biodigestão, e as máquinas motrizes empregadas podem ser motor de combustão interna (ciclos Otto e Diesel), turbina a vapor e ou turbina a gás. Vale ressaltar que a biomassa pode ser aproveitada de outras formas, não somente para a produção de energia elétrica, como, por exemplo, para geração de calor pela queima direta e produção de biocombustíveis.

A utilização de caldeiras para produção de energia elétrica se baseia na combustão da biomassa em um sistema em ciclos a vapor, envolvendo a co-geração de calor e energia elétrica (CORTEZ *et al.*, 2008). De acordo com Cortez et al (2008), esse tipo de sistema tem como característica baixa eficiência e capacidade de geração na faixa de 25 a 50 MW. Esta capacidade é considerada de baixa, porém ainda é maior que o regulamentado para microgeração ou minigeração, dessa forma, a gaseificação e a biodigestão são as alternativas aplicáveis para a geração distribuída de energia.

A gaseificação é um processo termoquímico de conversão da biomassa, em que a biomassa é convertida em um gás de síntese, este processo ocorre em um reator que pode ser um gaseificador de leito fixo ou leito fluidizado (BASU, 2010). A geração de energia elétrica a partir da gaseificação de biomassa, envolve a utilização do gás de síntese gerado em um motor de combustão interna, tendo uma menor capacidade, turbina a gás, tendo uma maior capacidade ou outras tecnologias como motor Stirling ou células combustível (CORTEZ *et al.*, 2008; LORA *et al.*, 2012).

A biodigestão é o processo de digestão anaeróbica da biomassa gerando um biogás rico em metano e gás carbônico, em um reator que fornece as condições necessárias para a decomposição da matéria orgânica por meio de reações químicas e microbiológicas chamado biodigestor (DEMIRBAS, 2009). Uma biomassa amplamente utilizada em biodigestores é proveniente de dejetos de animais. O biogás obtido,

por meio da digestão anaeróbia da matéria gerada por animais, depende de muitas variáveis, como quantidade produzida de dejetos, composição química, temperatura, pH, teor de água e a própria eficiência do biodigestor. A Tabela 9.13 apresenta a relação da quantificação do tipo de resíduo gerado com a quantidade de biogás passível de ser gerada.

**Tabela 9.13 – Produção de biogás de acordo com o resíduo**

Animal	Resíduo	Quantidade (kg/dia/animal)	Matéria Seca (kg/dia/animal)	Biogás (m <sup>3</sup> /dia/animal)		Energia (kWh/ano/animal)
Gado	Líquido	51,00	5,40	1,60	0,30	3400,00
	Sólido	32,00	5,60	1,60	0,29	3400,00
Suíno	Líquido	16,70	1,30	0,46	0,35	970,00
	Sólido	9,90	2,90	0,46	0,16	970,00
Aves	Sólido	0,66	0,05	0,02	0,36	36,00

Fonte: VUKOBRATOVIC *et al.*, 2009.

Ao analisar o potencial da geração de biogás em biodigestores anaeróbios deve-se levar em conta a estimativa de produção de metano, gás este responsável pelas principais características do biogás, o qual se encontra entre 50 e 80% e de acordo com a concentração do gás metano presente o poder calorífico pode variar entre 4,95 e 7,92 kWh/m<sup>3</sup> (COLDEBELLA, 2006).

## 7 Geração de energia elétrica a partir da biomassa em comunidades rurais do Nordeste

Claramente os mecanismos de geração de energia dita renováveis têm um custo superior das fontes tradicionais, isto porque envolve novas tecnologias as quais necessitam ainda de um tempo para diluírem o investimento de pesquisa e desenvolvimento a elas incorporada, além de algumas restrições de barreiras regulatórias no âmbito da administração pública, todavia, as energias alternativas têm em si atreladas peculiaridades como o desenvolvimento das áreas econômica e social. Ao analisar a cadeia de investimentos que permeia a geração de energia que utiliza a biomassa como fonte combustível é notória a viabilidade econômica devido à incorporação de receitas

oriundas da venda da energia elétrica, além do consumo interno e da comercialização dos créditos de carbono.

Vale ressaltar que embora a geração de eletricidade com fins de atender de forma parcial ou total as necessidades de consumo do próprio responsável pela geração já é uma realidade, em muitos latifúndios pode haver casos de produção excedente a própria demanda da propriedade rural sendo disponibilizado ao latifundiário a opção de ao implementar o sistema de geração de energia em sua propriedade ser possível a interligação à rede de distribuição da concessionária de energia elétrica, podendo desta forma converter sua energia produzida em “crédito” ou fazer uso direto da energia produzida. Ambas as opções têm viabilidade a depender de alguns fatores que se encontra a propriedade rural, como o caso da existência de rede de distribuição elétrica nas proximidades da propriedade, realidade esta ainda enfrentada por muitos latifúndios das regiões Norte e Nordeste.

O uso da biomassa vem a colaborar com a independência de muitos latifúndios com relação ao fornecimento de energia elétrica, principalmente os mais afastados dos grandes centros de distribuição. Vale ainda ressaltar que o uso da biomassa para mini ou microgeração de energia elétrica tem impacto positivo quanto à mitigação do efeito estufa, já que desta forma todo o metano em potencial a ser gerado através da biomassa é utilizado na combustão interna das máquinas motrizes, as quais fazem parte do sistema de transformação da energia cinética proveniente da combustão em energia elétrica.

Há casos onde os pequenos produtores rurais do Nordeste por apresentarem como característica economia produção de subsistência, onde o que é produzido trata-se apenas do necessário para o consumo imediato com o objetivo da autossuficiência tem como consequência baixa produtividade de biomassa o que torna a instalação de um biodigestor inviável ou o retorno do investimento apresente um prazo muito longo do esperado. Para situações como esta os latifundiários podem optar pela “geração compartilhada”, a qual possibilita que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem

a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

## 8 Considerações finais

Avaliando o potencial de aproveitamento da biomassa residual da agroindústria em comunidades rurais para geração de energia distribuída, destaca-se no Nordeste os resíduos provenientes da mandioca e do milho. Salienta-se a necessidade de implementações reais da aplicação e maior incentivo ao uso de resíduos agrícolas ou agroindustriais para a geração de energia, podendo ser aproveitados através das tecnologias de gaseificação ou biodigestão. Esta é uma solução que possibilita a geração de benefícios tanto para os pequenos e grandes agricultores, para o agronegócio e também para a sociedade em geral.

## Referências bibliográficas

- ABIB – Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável. **Inventário Residual Brasil**. 2011.
- ABIB – Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável. **Atlas Brasileiro Biomassa e Bioenergia**. 2013.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3 ed. Brasília, 2008, 236 p.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 786, de 17 de outubro de 2017. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução. Unidades Consumidoras com Geração Distribuída. 2017b. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd.asp>>
- ARAÚJO, N. C.; GUIMARÃES, P. L. F.; OLIVEIRA, S. J. C.; LIMA, V. L. A.; BANDEIRA, F. A.; ARAÚJO, F. A. C. Quantificação da geração de resíduos em uma casa de farinha no Estado da Paraíba. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. v.13, n.5, p.3793-3799. 2014. DOI: 10.5902/2236130814984
- BASU, P. Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory. Elsevier, 2010. ISBN 978-0-12-374988-8.
- BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Diário Oficial da República Federativa do Brasil Diário Oficial da União nº 81, Seção 1 – Edição Extra, de 29/04/2002, p.2. Brasília, 2002. Acesso em: out de 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10438.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm)>.

- BRASIL. Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003. Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - "LUZ PARA TODOS" e dá outras providências. Diário Oficial da União nº 220, Seção 1, de 12/11/2003, p.130. Brasília, 2003. Acesso em: out de 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/D4873.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4873.htm)>.
- BRASIL. Decreto nº 7.520, de 8 de julho de 2011. Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - "LUZ PARA TODOS", para o período de 2011 a 2014, e dá outras providências. Diário Oficial da União nº 131, Seção 1, de 11/07/2011, p.8. Brasília, 2011. Acesso em: out de 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/decreto/d7520.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7520.htm)>.
- BRASIL. Decreto nº 8.387, de 30 de dezembro de 2014. Altera o Decreto nº 7.520, de 8 de julho de 2011, que institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - "LUZ PARA TODOS". Diário Oficial da União nº 253, Seção 1, de 31/12/2014, p.66. Brasília, 2014. Acesso em: out de 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8387.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8387.htm)>.
- CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Atlas de Bioenergia do Brasil**. 2012. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/gbio/?q=livro/atlas-de-biomassa>>
- CHAVES, L. I.; SILVA, M. J.; SOUZA, S. N. M.; SECCO, D., ROSA, H. A., NOGUEIRA, C. E. C., FRIGO, E. P. Small-scale power generation analysis: Downdraft gasifier coupled to engine generator set. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, v.77, p.174-181.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. (Org.) *Biomassa para energia*. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2008. ISBN 978-85-268-0783-9.
- COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J.; KOHELER, A. C. Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovino cultura de leite. *AGRENER*, 2006.
- DEMIRBAS, Ayhan. *Biofuels: Securing the Planet's Future Energy Needs*. Springer, 2009. DOI 10.1007/978-1-84882-011-1
- DIAS, J. M. C. de S.; SANTOS, D. T. dos; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. **Produção de briquetes e peletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2012. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/952626/producao-de-briquetes-e-peletes-a-partir-de-residuos-agricolas-agroindustriais-e-florestais>>
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Inventário Energético de Resíduos Rurais**. Série Recursos Energéticos. 2014. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Estudos\\_27.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Estudos_27.aspx)>
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. 2010. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>>
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006 – Segunda apuração**. 2006. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/segunda-apuracao>>
- LORA, E. E. S.; ANDRADE, R. V.; ÁNGEL, J. D. M.; LEITE, M. A. H.; ROCHA, M. H.; SALES, C. A. V. B.; MENDOZA, M. A. G.; CORAL, D. S. O. **Gaseificação e pirólise para a conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis**. In: LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. (Org.). *Biocombustíveis*. Editora Integrada: Rio de Janeiro, 2012, v. 1, 1200p.
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Plano anual da operação energética dos sistemas isolados para 2018**. Rio de Janeiro, 2017a. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/pt/paginas/conhecimento/acervo-digital/documentos-e-publicacoes>>
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **SINDAT – Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do SIN**. 2017b. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/pt/paginas/sobre-o-sin/mapas>>

- NOGUEIRA, L. A. H., LORA, E. E. **Wood Energy: Principles and Applications**. Núcleo de Excelência em Geração Termoelétrica Distribuída – NEST, do Instituto de Engenharia Mecânica – IEM, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. 2002. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <[http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/downloads/downloads\\_pt.html](http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/downloads/downloads_pt.html)>
- SCHNEIDER, V. E.; PERESIN, D.; TRENTIN, A. C.; BORTOLIN, T. A.; SAMBUICHI, R. H. R. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2012. Acesso em: out. 2017. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=15493](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=15493)>
- SOUZA, O.; FEDERIZZI, M.; COELHO, B.; WAGNER, T. M.; WISBECK, E. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.4, p.438–443, 2010. DOI: 10.1590/S1415-43662010000400014
- VUKOBRATOVIC M, SLJIVAC D, NIKOLOVSKI S. Energy Potential and so Far Course of Action of Using Biomass and Biogas in Croatia, Faculty of Electrical Engineering in Osijek, Croácia, 20° International Conference on Electricity Distribution; 2009