

## POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE RESÍDUOS DE HORTIFRUTICULTURA EM COLOMBO-PR

### POTENTIAL FOR BIOGAS AND ELECTRIC ENERGY PRODUCTION FROM HORTICULTURAL WASTE IN COLOMBO-PR

*Giovanna Lunkmoss de Christo<sup>1</sup>, Carlos Roberto Sanquetta<sup>2</sup>,  
Luani Rosa de Oliveira Piva<sup>3</sup>, Ana Paula Dalla Corte<sup>4</sup>, Greyce Charlyne Benedet Maas<sup>5</sup>*

*<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – giovanna.lchris@hotmail.com, carlossanquetta@gmail.com, luanipiva@yahoo.com.br, anapaulacorte@gmail.com & greyce.maas@gmail.com*

#### RESUMO

O Brasil, ao aderir ao Acordo de Paris, comprometeu-se a cumprir metas de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEEs) em 37% até 2025, juntamente com outros 194 países. Dentro do âmbito nacional, o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), visa organizar e planejar ações para a adoção de tecnologias de produção sustentáveis no setor agropecuário do país, com o objetivo de atender aos compromissos de redução de emissão de GEEs. Na cadeia produtiva do alimento ocorre a geração de expressiva quantidade de resíduos, além de perdas pós-colheita, podendo impactar significativamente o meio ambiente se não forem devidamente destinados e tratados. Uma das ações previstas na Política Nacional sobre Mudança do Clima é o incentivo fiscal para indústrias e agricultores que tenham relação com o fornecimento de suprimentos para o setor de biogás e geração de fertilizantes orgânicos. O presente estudo objetivou analisar o potencial de aproveitamento dos resíduos hortifruticultura no município de Colombo (Paraná), prospectando sua utilização para geração de biogás. Para tanto, foram realizadas entrevistas com 51 agricultores do município. No total, foi estimado que o município gera cerca de 43 t.dia<sup>-1</sup> de resíduos pós-colheita, com um potencial de gerar 3.200 m<sup>3</sup> de biogás por dia. Acredita-se que o aproveitamento dos resíduos de hortifruticultura no município pode trazer inúmeros benefícios econômicos, ambientais e sociais à região e aos agricultores envolvidos. Além disso, tal resultado contribui para atender às demandas para intensificar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética do país, prevista nos recentes Acordos Climáticos firmados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura sustentável, Bioenergia, Resíduos orgânicos.

#### ABSTRACT

Brazil, by adhering to the Paris Agreement, has committed to meet targets for reducing greenhouse gas (GHG) emissions by 37% by 2025, along with other 194 countries. Within the national scope, the ABC (Low Carbon Agriculture) Plan aims to organize and plan actions for the adoption of sustainable production technologies in the agricultural sector of the country, in order to meet commitments to reduce GHG emissions. In the food production chain, there is a significant amount of waste generation, in addition to post-harvest losses, which can significantly impact the environment if not properly destined and treated. One of the actions foreseen in the National Policy on Climate Change is the tax incentives for industries and farmers that relate to the provision of supplies for the biogas sector and generation of organic fertilizers. The present study aimed to analyze the potential use of horticultural waste Colombo (Paraná, Brazil), prospecting their use for biogas generation. For that, interviews were conducted with 51 farmers in the municipality. In total, it was estimated that the municipality generates about 43 t.day<sup>-1</sup> of post-harvest residues, with a potential to generate 3,200 m<sup>3</sup> of biogas per day. It is believed that the use of horticultural waste in Colombo can bring numerous economic, environmental, and social benefits to the region and the farmers involved. Moreover, this result contributes to meeting the demands to intensify the participation of sustainable bioenergy in the country's energy matrix, foreseen in the recent signed Climate Agreements.

**KEYWORDS:** Sustainable agriculture, Bioenergy, Organic waste.

## INTRODUÇÃO

Desde a ratificação do Protocolo de Quioto, o Brasil se comprometeu com metas de redução de emissões de GEEs, com o intuito de mitigar o impacto antropogênico na mudança climática global (BRASIL, 2002). Recentemente, na 21ª Conferência das Partes (COP-21) da UNFCCC, um novo acordo foi adotado por 195 países, incluindo o Brasil, com o intuito de unir forças frente aos impactos decorrentes dessas mudanças. O Acordo de Paris estabelece que os países parte se comprometam a limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (UNFCCC, 2015).

Baseando-se nas metas do Acordo de Paris, o Brasil apresentou sua Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (*intended Nationally Determined Contribution* – iNDC), que estabelece, para 2025, um comprometimento na redução das emissões de GEEs em 37% abaixo dos níveis de 2005 (BRASIL, 2015). Visando atender aos compromissos, o país se comprometeu a intensificar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% em 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis. Além disso, pretende-se alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética até 2030 (BRASIL, 2015).

Dentro do âmbito nacional, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) tem como ações previstas a implementação de incentivos fiscais e tributários às indústrias do setor de bioenergia (BRASIL, 2009). Ademais, tem como objetivos a promoção e o desenvolvimento de pesquisas e atividades científico-tecnológicas de baixas emissões de GEEs, a difusão de novas tecnologias, e a divulgação do conhecimento científico para a sociedade (BRASIL, 2009). Portanto, a adoção das diretrizes do PNMC proporcionará, cada vez mais, a viabilidade ao setor de bioenergia no país.

Além disso, a implementação do Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono) é parte das ações que visam reduzir as emissões de GEEs, assumidas na 15ª Conferência das Partes (COP-15) em 2009 (MAPA, 2012). Esse plano representa uma importante política pública adotada pelo país como parte das ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima para o setor agropecuário (AMARAL et al., 2012). Uma de suas ações previstas diz respeito à ampliação da eficiência energética no país e ao aumento do uso de biocombustíveis (MAPA, 2012).

A atividade agropecuária representa 21,4% do Produto Interno Bruto nacional (CEPEA, 2015) e traz muitos benefícios, como a geração de empregos e alimentos (IPEA,

2012). Em contrapartida, é um setor que traz impactos negativos ao meio ambiente, como a geração de expressivas quantidades de resíduos e emissões de GEEs para a atmosfera (IPEA, 2012). Em 2014, a agropecuária foi responsável por 34% das emissões de CO<sub>2</sub>eq no Brasil, ocupando a segunda posição no ranking de setores que apresentaram os maiores valores de emissão (MCTI, 2016).

Tais emissões expressivas no setor agropecuário são decorrentes principalmente da cadeia produtiva de alimentos, onde também há geração de resíduos, desperdícios e perdas pós-colheita, impactando significativamente os recursos utilizados na produção, como água, energia e insumos (FAO, 2011). Globalmente, cerca de 1,7 bilhão de toneladas de alimentos são perdidos durante a produção, ou seja, um terço do que é produzido é perdido, o que demonstra um elevado nível de insegurança alimentar mundial (FAO, 2013).

Ainda, dados mostram que 54% do desperdício de ocorre na fase inicial da produção, manipulação pós-colheita e armazenagem, e os 46% restantes, nas etapas de processamento, distribuição e consumo. No Brasil, as perdas correspondem a 30% dos alimentos na fase de pós-colheita, no caso dos frutos, e 35%, no das hortaliças (FAO, 2013). Além disso, cerca de 40 mil toneladas de alimentos são desperdiçadas por dia (ABRELPE, 2012), gerando grandes impactos ambientais e contribuindo para o aumento de emissões GEEs para a atmosfera.

Sabendo-se que o aumento populacional trará como consequência, nos próximos anos, um aumento no consumo per capita de eletricidade no Brasil (EPEA, 2013), faz-se necessária a busca de produção de energia elétrica alternativas aos combustíveis fósseis (MOREIRA, 2011). É o caso energia derivada da biomassa, também chamada de bioenergia, sendo a única fonte de energia renovável que pode ser fornecida como combustível sólido, gasoso ou líquido (CREUTZIG et al., 2015), podendo ser utilizada na geração de força motriz, de eletricidade e de calor (IEA, 2011).

O biogás é uma das maneiras de reaproveitamento da biomassa, bem como dos resíduos vegetais agrícolas gerados (SITORUS & PANJAITAN, 2013). O biogás é produzido a partir de interações enzimáticas e microbianas sobre materiais orgânicos na ausência de oxigênio (digestão anaeróbica) (SCANO et al., 2013). Estimativas mostram que o biogás pode cobrir cerca de 6% da oferta global de energia primária, ou um quarto do consumo atual de gás natural (WBA, 2013). Além disso, em nível nacional, há um potencial de geração de biogás de cerca de 12 bilhões de metros cúbicos por ano no setor sucroalcooleiro, além de 8 bilhões de m<sup>3</sup> por ano no setor

da agroindústria de alimentos (BLEY JR., 2015).

O Brasil, como grande produtor agrícola, gera expressivas quantidades de biomassa resultantes da colheita e processamento de produtos agropecuários. Portanto, o reaproveitamento da biomassa remanescente da agricultura e agroindústria para a produção de biogás, além de evitar a acumulação de resíduos, também é fundamental para reduzir a dependência de fertilizantes químicos importados, tendo em vista que a tecnologia do biogás pode ter como coproduto fertilizantes organominerais (RAO, 2007; KOMINKO et al., 2017), bem como viabilizar a sustentabilidade do crescimento da produção agrícola (IPEA, 2012). Ademais, os incentivos para projetos de geração de energia elétrica a partir do biogás atende parte dos compromissos firmados pelo Brasil em recentes Acordos Climáticos globais acerca da redução da emissão de GEEs, bem como do aumento da participação da bioenergia sustentável na sua matriz energética (BRASIL, 2015; UNFCCC, 2015).

No presente trabalho, buscou-se identificar e quantificar os resíduos orgânicos e pós-colheita gerados nas atividades de hortifruticultura no município de Colombo, estado do Paraná, que se destaca como um dos principais produtores de hortifrúti da região Sul do país. Além disso, objetivou-se analisar o potencial de aproveitamento dos resíduos da hortifruticultura e prospectar suas utilizações para geração de biogás.

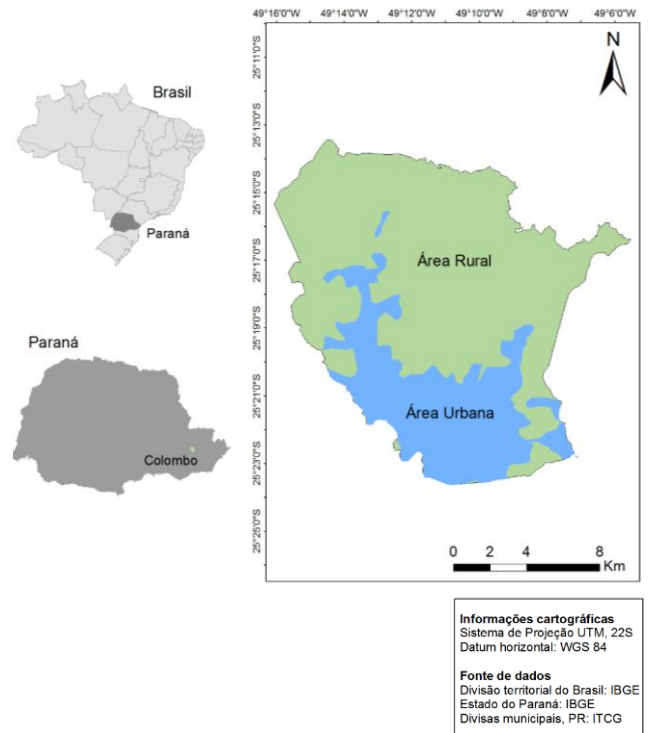
## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O município de Colombo (Figura 1) conta com uma área territorial de 197,805 km<sup>2</sup>, e faz divisa com sete municípios, sendo eles: Bocaiúva do Sul, Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Curitiba, Pinhais, Quatro Barras e Campina Grande do Sul (IPARDES, 2018). Contém 68.363 domicílios, sendo 4,9% deles na área rural (IPARDES, 2018). A sua população é de 229.872 habitantes (IBGE, 2014), com um PIB per capita de R\$ 16.707,83, registrado no ano de 2013 (IBGE, 2013a).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013b), o número de pessoas segundo atividade econômica exercida está em sua maioria concentrado na área de serviços, comércio e indústria, representando cerca de 20% do total. Em seguida, a indústria de transformação aparece representando 13%, e a construção civil, 11%. A agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura representam apenas 3% do

total de pessoas que exercem essas atividades econômicas do município.



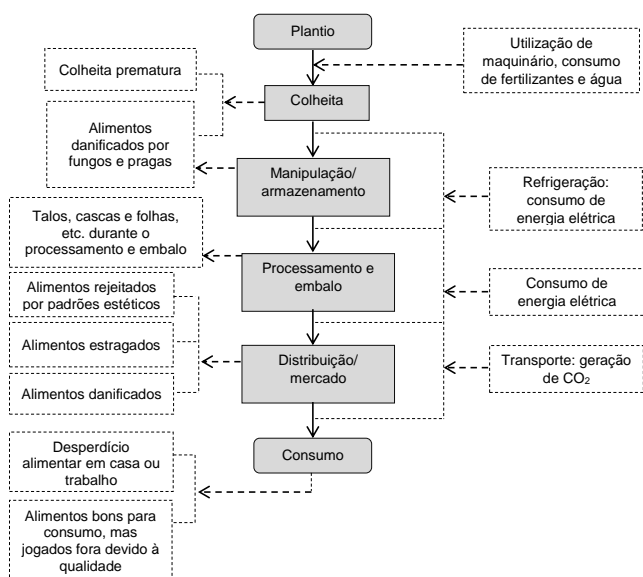
**Figura 1.** Localização geográfica do município de Colombo (PR), onde o estudo foi conduzido. Destaque para as dimensões das áreas rural e urbana.

No setor agropecuário, Colombo se destaca pela produção de horticultura e floricultura, contando com 404 estabelecimentos, em uma área de 3.499 ha (IPARDES, 2018). Ao total, o município conta com 625 estabelecimentos agrícolas, sendo que dentre os principais produtos produzidos, se destacam milho, tomate e uva, que totalizaram 8.939 toneladas produzidas no ano de 2015 (IBGE, 2015). Os alimentos que têm um maior rendimento são a mandioca e o tomate, com um rendimento médio de 19.000 kg/ha e 48.092 kg/ha, respectivamente (IBGE, 2015).

### Caracterização dos resíduos de hortifrúti e perdas pós-colheita

Para a caracterização dos resíduos de hortifrúti e perdas de pós-colheita, primeiramente foi feita uma das etapas da cadeia produtiva da hortifruticultura (Figura 2). Assim, considerando que em países em desenvolvimento mais de 40% das perdas de alimentos ocorrem em níveis pós-colheita e processamento (BAGHERZADEH et al., 2014), buscou-se analisar as saídas das fases de colheita e manipulação e armazenamento, etapas onde ocorrem a

maior parte da perda de pós-colheita e, consequentemente, maior geração de resíduos.



**Figura 2.** Fluxograma com as etapas da cadeia produtiva da hortifruticultura no município de Colombo, PR (Adaptado de Bagherzadeh et al., 2014).

Para a realização da coleta de dados sobre a geração de resíduos e perdas pós-colheita de hortifruticultura do município de Colombo, foram realizadas entrevistas durante dez dias, com uma parcela de, aproximadamente, 10% do total de agricultores do município (51 agricultores). Na escolha dos agricultores a serem entrevistados, foi selada uma parceria com a Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Planejamento do município de Colombo e a Cooperativa de Agricultores Familiares de Colombo (COOACOL), sendo que, de acordo com critérios pré-estabelecidos por essas partes, 51 agricultores familiares associados à cooperativa foram escolhidos para fazerem parte do presente estudo.

Dessa forma, a elaboração de perguntas para a entrevista com os agricultores visou o detalhamento de dois diferentes fatores de geração de resíduos de hortifrúti:

- 1) Resíduos provenientes do processamento de alimentos e produção de novos produtos: definidos como aqueles resíduos que são descartados após a manipulação e embalo do alimento (ex. talos e folhas); e
- 2) Perdas pós-colheita: definidos como aqueles alimentos que não conseguem ser vendidos por diferentes razões, como falta de demanda, padrões estéticos estipulados pelo supermercado, entre outros.

Não foi possível estimar a parcela dos resíduos agrícolas gerados nas atividades de cultivo e colheita da produção em campo, pois a maioria dos entrevistados não souberam quantificar os resíduos agrícolas gerados na produção (ex. palha, raízes etc.), mas somente o percentual de resíduos de hortifrúti provenientes do embalo e processamento e perda pós-colheita de cada cultura produzida.

Para a classificação do tamanho da propriedade, foi utilizada como base a Lei Nº 8.629/1993 (BRASIL, 1993), complementada pela Lei Nº 13.465/2017 (BRASIL, 2017), que define a classificação do tamanho da propriedade rural de acordo com o tamanho do módulo fiscal de cada município. Assim, de acordo com o INCRA (2013), o município de Colombo possui um módulo fiscal de 10 ha. Assim sendo, a classificação das propriedades, estipuladas pela Lei anteriormente citada, foi a seguinte:

- a) Minifúndio: imóvel rural com área inferior a 1 (um) módulo fiscal;
- b) Pequena propriedade: imóvel de área compreendida entre 1 (um) e 4 (quatro) módulos fiscais;
- c) Média propriedade: imóvel rural de área superior a 4 (quatro) e até 15 (quinze) módulos fiscais; e
- d) Grande propriedade: imóvel rural de área superior 15 (quinze) módulos fiscais.

Após a classificação do tamanho de cada propriedade rural, definiram-se as lavouras para culturas permanentes e para as culturas temporárias. Além disso, também foi considerada a sazonalidade de cada cultura, a fim de obter-se um valor de geração de resíduo mais próximo do real. Para o levantamento da sazonalidade de cada cultura, foi utilizada como base a tabela da CEAGESP (2015), que define o período da sazonalidade de cada hortifrúti.

Posteriormente, estimou-se, por extrapolação simples e direta, a geração de resíduos de hortifrúti para os demais agricultores com relação ao percentual de pequenos, médios e grandes agricultores, utilizando dados do IBGE sobre a quantidade de agricultores existentes no município (IBGE, 2015). A partir dos dados da sazonalidade de cada cultura (número de meses/ano), multiplicou-se esse valor pela quantidade diária de perda pós-colheita e resíduos de hortifrúti para assim obter o valor total de resíduos gerados (kg.dia-1 e kg.ano-1) por cultura.

As entrevistas foram realizadas em três médias propriedades, com área compreendida entre 4 e 15 módulos fiscais (10 - 150 ha); 13 pequenas propriedades, com uma área compreendida entre 1 e 4 módulos fiscais (10 - 40 ha); e 35 minifúndios, com área inferior a 1 módulo fiscal (10 ha). Optou-se por uma maior amostragem nos

minifúndios e pequenas propriedades pelo fato de serem as categorias de propriedades rurais mais recorrentes no município (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estimativa do número de agricultores por tipos de propriedades no município de Colombo-PR

Agricultores	Amostra		Estimativa
	N° de agricultores	%	N° de agricultores
Média propriedade	3	-	3
Pequena propriedade	13	27%	136
Minifúndio	35	73%	366
<b>Total</b>	51	100%	505

A partir do total de agricultores entrevistados em minifúndios, pequenas e médias propriedades, considerou-se que o total da amostra (51) correspondeu a um valor de 100% (Tabela 1). Extrapolando os valores percentuais de cada tipo de propriedade estudada para o total de 505 agricultores em Colombo (IBGE, 2012), foi estimado que, no município, há 366 minifúndios (72%), 136 pequenas propriedades (27%) e 3 médias propriedades (1%).

Para a estimativa da quantidade de médias propriedades no município de Colombo, optou-se por continuar com a quantidade encontrada na amostra, uma vez que não existem outras médias ou grandes propriedades no município, além das três encontradas.

### Estimativa do potencial de geração de biogás

Com a caracterização e quantificação da geração de resíduos de hortifrúti dos agricultores de Colombo, estimou-se o potencial de produção de biogás produzido a partir da digestão anaeróbica destes resíduos, como também seu potencial energético.

Após o levantamento de algumas referências para o potencial de geração de biogás e energia elétrica, optou-se por utilizar os valores apresentados pela Autoridade de Energia Sustentável da Irlanda (SEAI, 2012), que contempla os fatores de umidade e sólidos voláteis de cada biomassa.

Dessa maneira, utilizando como base os dados apresentados na Tabela 2, foi estimado o potencial teórico de geração de biogás dos resíduos de hortifrúti, sendo que estes foram classificados em bagaço de fruta, resíduo de fruta e resíduos vegetais. Esse agrupamento em 3 classes foi adotado devido ao fato que, na literatura, não foram encontrados valores do potencial de geração de biogás para cada uma das culturas produzidas no município.

**Tabela 2.** Propriedades dos substratos de resíduos de frutas e vegetais (Fonte: SEAI, 2012).

Resíduo	MS	MOS	Produção de biogás		Energia produzida
	(%) MF	(%) MS	m <sup>3</sup> /t MS	m <sup>3</sup> /t MF	kW/t MF/d
Bagaço de Fruta	20	90	520	93,6	8,0
Resíduos de Frutas	15	90	550	74,3	6,3
Resíduos Vegetais	20	80	450	72,0	6,1

MF = massa fresca, em %; MS = teor de matéria seca, em %; MOS = matéria orgânica seca; e d = dia.

Na categoria Resíduos de Frutas (RF) foram considerados os seguintes alimentos: amora, caqui, morango e tangerina; na categoria Bagaço de Fruta (BF): uva; Resíduos Vegetais (RV): demais alimentos apresentados na Tabela 2.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização dos resíduos de hortifrúti gerados

Após a análise das entrevistas, foi possível caracterizar 37 culturas de hortifrúti e estimar as quantidades diárias e anual de resíduos, bem como as perdas pós-colheita gerados em cada, a partir do total colhido em todas as propriedades (Tabela 3). Além disso, resultados gerados para as hortaliças foram agrupados em uma mesma categoria.

O hortifrúti que mais se destacou em termos de geração de resíduo foi a uva, com cerca de 178 kg.dia-1, considerando que o bagaço é descartado na fabricação do vinho e suco de uva. Em seguida, o brócolis foi o alimento que apresentou maior geração de resíduos orgânicos, de 35 kg.dia-1. A alface também gerou grande quantidade de resíduos (24,5 kg.dia-1).

Em alguns países europeus, como Irlanda, Suécia e Finlândia, a preocupação com a geração de resíduos da hortifruticultura é evidenciada em diversos estudos (WIJNGAARD et al., 2009; GUSTAVSSON & STAGE, 2011; KATAJAJUURI et al., 2014). Em estudo que investigou a geração de resíduos a partir de 16 culturas de hortifruticultura na Suécia, Gustavsson & Stage (2011) encontraram que o brócolis e a couve-flor, juntos, foram os alimentos que mais geraram resíduos, cerca de 11% com relação ao total gerado. Ainda, as folhosas também apresentaram alto valor de geração de resíduos, sendo que a alface gerou 1,90% de resíduos.

**Tabela 3.** Resultado geral dos resíduos e perdas pós-colheita gerados

Alimento	Resíduo orgânico gerado		Perda pós-colheita	
	(kg.dia <sup>-1</sup> )	(kg.ano <sup>-1</sup> )	(kg.dia <sup>-1</sup> )	(kg.ano <sup>-1</sup> )
Resíduos de frutas (RF)				
Amora	0,0	0,00	0,11	9,86
Caqui	0,0	0,00	0,55	65,75
Morango	0,0	0,00	0,77	92,05
Tangerina	0,0	0,00	0,00	0,00
Bagaço de fruta (BF)				
Uva	178,1	10.684,93	0,00	0,00
Resíduos vegetais (RV)				
Abóbora	0,0	0,00	10,73	2.575,80
Abobrinha	0,0	0,00	28,94	8.683,24
Acelga	12,2	1.467,43	381,62	45.794,29
Agrião	0,0	0,00	7,99	2.396,48
Alface (lisa e crespa)	0,0	0,00	716,32	128.937,15
Alface Americana	24,5	4.402,29	389,91	70.183,68
Alface roxa	0,0	0,00	333,33	60.000,00
Alho-poró	0,0	0,00	0,09	23,14
Batata	0,0	0,00	1,37	164,38
Batata salsa	0,0	0,00	0,27	65,75
Berinjela	7,1	857,14	19,09	2.290,21
Beterraba	14,3	2.571,43	24,15	4.347,39
Brócolis	35,0	9.450,00	547,09	147.714,74
Brócolis japoneses	0,0	0,00	5,04	1.360,80
Cebolinha e salsinha	0,0	0,00	1,61	386,74
Cenoura	9,5	2.571,43	116,67	31.500,00
Cheiro verde	0,0	0,00	0,03	8,23
Chuchu	0,0	0,00	173,93	36.524,40
Couve flor	0,0	0,00	450,90	94.688,49
Couve manteiga	2,2	453,60	44,80	9.408,00
Escarola	0,0	0,00	0,58	120,96
Milho	7,1	1.500,00	7,95	1.668,49
Pepino	9,5	2.285,71	136,98	32.876,00
Pimentão	11,9	2.500,00	124,25	26.092,17
Pimentão verde	0,0	0,00	3,98	1.075,50
Radichio	0,0	0,00	333,33	80.000,00
Rabanete	0,0	0,00	9,04	2.441,65
Repolho	12,5	2.988,62	437,46	104.989,82
Rúcula	0,0	0,00	8,07	1.695,00
Salsão	0,0	0,00	1,50	134,74
Tomate	0,4	107,14	33,49	8.037,24
Vagem	0,0	0,00	20,12	3.017,61
Hortalças em geral	20.000,0	4.200.000,00	2.133,93	448.125,00
<b>Total (kg)</b>	<b>20.324,4</b>	<b>4.241.839,72</b>	<b>6.505,98</b>	<b>1.357.494,78</b>

O alto valor de resíduos encontrado nas culturas do brócolis e couve-flor pode ser justificada pelo fato de que parte desses alimentos é composta por talos e folhas, que são descartados nas etapas de processamento e embalagem, corroborando com o encontrado no presente estudo. Além disso, para a cultura da alface, a perda das folhas externas em decorrência, principalmente, de condições climáticas adversas, contribuiu para o aumento da geração de resíduos.

Com relação à cultura da uva, na atividade vinícola, o resíduo gerado em maior quantidade é o bagaço da uva, podendo corresponder à cerca de 45% do total de resíduos gerados a partir dessa cultura (FAO, 2013). Em estudo que prospectou o potencial de resíduos da atividade vinícola para a geração de biogás na região sul do Brasil, encontrou-se um valor de resíduo gerado igual à 36.000 ton.ano<sup>-1</sup>. Considerando que o município de Colombo é conhecido por ser uma região vitivinícola importante do estado do Paraná (PROTAS & CAMARGO, 2010), estimou-se que no município existam 31 produtores de uva, em sua maioria de pequenas propriedades, gerando cerca de 8% dos resíduos orgânicos, em sua maioria bagaços de uva. Sendo assim, os resíduos gerados por essa cultura no município poderiam ser utilizados na geração de biogás e energia elétrica, devido ao seu alto potencial (BESINELLA et al., 2017).

Em termos de perdas pós-colheita, as culturas que se destacaram foram a acelga (381,62 kg.dia<sup>-1</sup>), alfaces: crespa, americana e roxa (1.440 kg.dia<sup>-1</sup>), brócolis (547,1 kg.dia<sup>-1</sup>), couve-flor (450,9 kg.dia<sup>-1</sup>), radichio (333,33 kg.dia<sup>-1</sup>) e repolho (437,46 kg.dia<sup>-1</sup>). Estes valores podem ser explicados pelas elevadas quantidades de perdas pós-colheita por parte, principalmente, de médios e grandes agricultores, que produzem maiores quantidades de alimentos por dia.

Também foram identificados diferentes fatores de geração de resíduos de hortifrúti e perda pós-colheita, que variam de acordo com o tamanho da propriedade agrícola, como também o tipo de alimento produzido e local de venda dos produtos. Os agricultores entrevistados relataram uma geração de resíduos de hortifrúti entre 27,4 a 10.000 kg.dia<sup>-1</sup> e perdas pós-colheita entre 10-20%, podendo chegar até 50%. O valor final de perda pós-colheita (kg.dia<sup>-1</sup>) foi calculado levando em consideração a quantidade produzida de cada cultura. Assim, a quantidade total de resíduos orgânicos gerados foi de 20,3 t.dia<sup>-1</sup>, que corresponde a 4.421,8 t.ano<sup>-1</sup>. Em termos de perda pós-colheita, esse valor é três vezes menor, contabilizando 6,5 e 1.357,5 t.ano<sup>-1</sup>.

Esse cenário de geração de quantidades expressivas de resíduos corrobora com a realidade global, na qual estimativas indicam que de um terço à metade de toda a quantidade de alimento produzida no mundo é desperdiçada antes de chegar ao consumidor (LUNDQVIST et al., 2008), o que representa uma quantidade de mais de cerca de 1,7 bilhão de toneladas perdidas por ano (FAO, 2013). Na China, país que se destaca na produção de alimentos, especialmente de grãos, estima-se que ocorra uma perda de cerca de 19% ao longo da cadeia produtiva. Já para frutas e vegetais, essa perda chega à marca de 20-30%, o que significa mais de 500 milhões de toneladas de alimentos desperdiçados (LIU et al., 2013).

Na Finlândia, somente considerando os resíduos orgânicos domiciliares nesse país, encontrou-se que cerca de 130 milhões de quilogramas são desperdiçados,

o que equivale às emissões anuais de dióxido de carbono de 100 mil automóveis (KATAJAJUURI et al., 2014). Outro país que se destaca na geração de resíduos de alimentos é os Estados Unidos. Somente no Estado da Califórnia, 38 milhões de toneladas de alimentos foram desperdiçados no ano de 2014 (BREUNIG et al., 2017).

Em análise nas diferentes categorias de propriedades, observou-se que os produtores que geram a maior parcela dos resíduos orgânicos e perdas pós-colheita são os médios agricultores e, em seguida, os pequenos agricultores, pois quase a totalidade destes faz o processamento ou embalagem do alimento para posterior venda em grandes supermercados de Curitiba (Tabela 4). Dentre os tipos de lavouras, as temporárias têm uma maior contribuição na geração de resíduo e perda pós-colheita, com um total de 20,14 e 6,33 t.dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 4.** Montante total de resíduos gerados e perdas pós-colheita a partir da amostra realizada

	Alimento	Quantidade	Resíduo gerado		Perda pós colheita	
			Total (kg.dia <sup>-1</sup> )	Total (kg.ano <sup>-1</sup> )	Total (kg.dia <sup>-1</sup> )	Total (kg.ano <sup>-1</sup> )
<b>Média propriedade: n = 3</b>						
<b>Lavoura temporária</b>	Hortaliça	3	20.146,27	4.231.154,79	4.883,38	1.007.967,18
<b>Pequena propriedade: n = 13</b>						
<b>Lavoura permanente</b>	Amora	1	-	-	0,11	9,86
	Uva	3	178,08	10684,93	-	-
	Chuchu	2	-	-	59,74	12893,40
<b>Lavoura temporária</b>	Hortaliças	10	-	-	291,59	57.751,23
	Morango	1	-	-	0,77	92,05
<b>Minifúndio: n = 35</b>						
<b>Lavoura permanente</b>	Caqui	1	-	-	0,55	65,75
	Chuchu	2	-	-	45,21	9494,40
	Total	3	-	-	45,76	9.560,15
<b>Lavoura temporária</b>	Hortaliças	35	-	-	1.224,63	269.220,91
<b>Total</b>		51	20.324,35	4.241.839,72	6.505,98	1.357.494,78

Em termos de perdas pós-colheita, foram identificados três principais fatores para as elevadas quantidades excedentes na produção de alimentos. O primeiro refere-se à demanda incerta de alimentos, que muitas vezes não é regular e depende da época do ano, acarretando em uma produção maior do que a real demanda requerida. Tal problema poderia ser prevenido se houvesse uma maior cooperação e comunicação entre os produtores (FAO, 2011). O segundo fator limitante é o local de venda destes produtos, levando em consideração que mais de 41% dos agricultores vende para o CEASA (Centrais de Abastecimento do Paraná), excluindo médios e grandes produtores, que vendem diretamente para supermercados.

O terceiro fator limitante é o conceito “estético” dos

produtos, que afeta os produtores que vendem diretamente para supermercados. Apesar da demanda ser constante, alguns dos produtos retornam dos supermercados, ou muitas vezes nem chegam a serem aceitos, pois sua aparência não se encaixa nos padrões estéticos aceitos pelos mesmos. Uma medida para sanar esse problema seria por meio de entrevistas realizadas com os consumidores pelos supermercados, pois muitos consumidores estão dispostos a comprar produtos heterogêneos, enquanto o sabor do alimento não é afetado (FAO, 2011).

O resultado total da estimativa dos resíduos orgânicos e perdas pós-colheita gerados pelos 505 agricultores foi de 22,01 t.dia<sup>-1</sup> ou 4.343 t.ano<sup>-1</sup> e 21,85 t.dia<sup>-1</sup> ou 4.663,67 t.ano<sup>-1</sup> respectivamente (Tabela 5).

**Tabela 5.** Montante total de resíduos gerados e perdas pós-colheita a partir da estimativa dos agricultores

	Alimento	Quantidade	Resíduo gerado		Perda pós-colheita	
			Total (kg.dia <sup>-1</sup> )	Total (kg.ano <sup>-1</sup> )	Total (kg.dia <sup>-1</sup> )	Total (kg.ano <sup>-1</sup> )
<b>Média propriedade</b>						
<b>Lavoura temporária</b>	Hortaliça	3	20.146,27	4.231.154,79	4.883,38	1.007.967,18
<b>Pequena propriedade</b>						
<b>Lavoura permanente</b>	Amora	10	-	-	1,15	103,18
	Uva	31	1863,01	111780,82	-	-
	Chuchu	21	-	-	624,97	134884,80
<b>Lavoura temporária</b>	Hortaliças	105	-	-	3.050,49	604.166,67
	Morango	10	-	-	8,03	963,03
<b>Minifúndio</b>						
<b>Lavoura permanente</b>	Caqui	10	-	-	5,73	687,67
	Chuchu	21	-	-	472,84	99295,60
	Total	31	-	-	478,57	99983,27
<b>Lavoura temporária</b>	Hortaliças	366	-	-	12.807,60	2.815.601,99
<b>Total</b>		505	22.009,28	4.342.935,61	21.854,17	4.663.670,13

Observa-se que apesar do número de médias propriedades ser menor que de pequenas propriedades, estes contribuem com 92% dos resíduos orgânicos. Isto se deve principalmente pelo fato destes agricultores possuírem uma área maior de terra para a produção das culturas, além de gerarem uma grande quantidade de resíduos orgânicos durante o processamento e embalo dos produtos para posterior venda em grandes supermercados. Em termos de pós-colheita, os minifúndios foram os que mais se destacaram, com a geração de cerca de 60% do total de resíduos.

Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Bagherzadeh et al. (2014), no qual discute-se que, em países em desenvolvimento, mais de 40% das perdas de alimentos ocorrem em níveis pós-colheita e processamento, o que se mostra uma problemática de alta relevância durante a cadeia de produção do alimento. Além disso, em países como a Índia e a Etiópia, o montante de perdas pós-colheita de alimentos configura-se um problema econômico e social (BASAVARAJA et al., 2007; KASSO & BEKELE, 2018). Somente na Índia, as perdas pós-colheita em hortifruticulturas foram de 40 milhões de toneladas (cerca de 30%), o que custou 13 bilhões de dólares ao país (MEENA et al., 2009).

Em geral, os agricultores que produzem maiores quantidades de hortaliças tiveram uma maior contribuição na perda pós-colheita, sendo que as médias propriedades representaram 22% do total, as pequenas propriedades 17%. Entretanto, constatou-se que a maior parcela de perdas ocorre em nível de agricultura familiar, ou seja, nos minifúndios, representando uma parcela de 61% de

perdas, frente ao total. Portanto, a produção de alimentos em escala familiar gera quantidades significativas de resíduos pós-colheita, o que pode acarretar em impactos socioeconômicos, tais como o aumento de custos de transporte e a menor segurança alimentar para pessoas de baixa renda (HODGES et al., 2011), evidenciando, assim, a necessidade de medidas que visem o reaproveitamento desses resíduos orgânicos gerados.

#### **Potencial de produção de biogás e energia elétrica a partir dos resíduos agrícolas e perdas pós-colheita**

Os valores encontrados para a produção de biogás a partir resíduos e perdas pós-colheita de hortifrúti cultura do total de agricultores do município de Colombo foram de aproximadamente 3.200 m<sup>3</sup> de biogás por dia, o equivalente a um valor anual de 650.862,54 m<sup>3</sup>. Já em termos de energia elétrica, cálculos apontaram um potencial de gerar cerca de 271 kW.dia<sup>-1</sup> ou 55.150 kW.ano<sup>-1</sup> (Tabela 6).

No ano de 2016, o consumo total de energia elétrica no município de Colombo foi de 360.334 Mwh (equivalente a 360.334.000 kW) (IPARDES, 2018). Ou seja, o potencial de energia elétrica gerado a partir de resíduos de hortifruticultura, de 55.150 kW por ano, poderia suprir cerca de 0,015% da demanda por energia elétrica total do município. Porém, ao considerar o total de energia consumido apenas nas propriedades rurais, que foi de 7.274.00 Kw, o potencial dos resíduos de hortifrúti já seria capaz de suprir 0,76% da demanda total por energia dessas propriedades.



**Tabela 6.** Potencial de produção de biogás e energia elétrica a partir da estimativa dos resíduos e perdas pós-colheita gerados pelos 505 agricultores de colombo (Fonte: calculado a partir de dados de SEAI,2012, e resultados da estimativa)

Resíduo	Total resíduo gerado (t.dia <sup>-1</sup> )	MS (%)	MOS	Produção de biogás		Energia produzida	
		(%) MF	(%) MS	m <sup>3</sup> /t MF		kW/t MF D	
				Fator	Resultado	Fator	Resultado
Bagaço de fruta	1,86	20,0	90	93,6	174,4	8	14,9
Resto de frutas	0,02	20	80	56,3	0,84	6,3	0,07
Resíduos vegetais	42,0	20	80	72	3.023	6,1	256,11
<b>Total</b>	<b>43,9</b>	-	-	-	<b>3.198,18</b>	-	<b>271,09</b>

Vale ressaltar que, no Brasil, o aproveitamento do biogás para geração de energia elétrica ainda é incipiente, com apenas 119 MW de capacidade instalada distribuída em 29 usinas, o que representa cerca de 0,0572% da matriz energética brasileira (MME, 2016), valores que ainda não são de notória expressividade no montante energético do país. Esse valor de capacidade instalada se assemelha ao encontrado em países em desenvolvimento, como é o caso da Malásia, no qual prospectou-se 100MW de energia proveniente de biogás (SHAFIE et al., 2011), e a África do Sul, com uma estimativa de capacidade instalada igual a 70 MW (LAKS, 2017).

Uma realidade bem diferente a respeito da capacidade instalada de biogás para geração de energia elétrica é encontrada, por exemplo, na Europa. A utilização de biogás para o montante de eletricidade nesse continente em 2016 foi de 62,5 TW, sendo que, só a Alemanha, atingiu o valor de 33 TW de energia gerada no mesmo (EUROBSERV'ER, 2017). Além disso, a República Tcheca, país com população de apenas 11 milhões de habitantes, gerou cerca de 2,5 TW de energia elétrica em 2014 (EUROBSERV'ER, 2017), cerca de 20 mil vezes mais que a capacidade instalada de biogás no Brasil.

No Brasil, com relação ao aproveitamento de resíduos de alimentos para geração de energia elétrica, outra problemática consiste no fato de que, dentre as diferentes fontes de biogás, os resíduos da hortifruticultura pouco se destacam, sendo que as iniciativas atuais no país se dão, majoritariamente, pelo reaproveitamento de esterco animal (KUNZ & OLIVEIRA, 2006; MARTINS & OLIVEIRA, 2011) e de resíduos sólidos em aterros sanitários (MMA, 2014; PIÑAS et al., 2016).

Entretanto, nos últimos anos, discussões acerca da massiva geração de resíduos de alimentos, bem como a tomada de medidas que visem o seu reaproveitamento, tem sido tema recorrente de debates tanto por parte do Poder Público como da comunidade científica brasileira, resultando na elaboração de pesquisas e medidas legais que versam sobre essa temática (HENZ & PORPINO, 2017). Em estudo recente sobre a geração de energia elétrica a

partir de resíduos orgânicos elucidou que, após a digestão anaeróbia de vinhaça (resíduo pastoso gerado após a destilação fracionada da cana-de-açúcar), essa teria o potencial energético igual 7,4.103 MW.ano<sup>-1</sup>, o suficiente para fornecer energia elétrica para 11.600 habitantes (FERREIRA, 2017). Outra abordagem estimou que, no Brasil, cerca de 14 mil toneladas de alimentos são desperdiçadas por ano e, se devidamente tratados, acarretarão em um potencial de geração de energia elétrica de 12 mil GW.ano<sup>-1</sup>, cerca de 100 mil vezes maior que a capacidade instalada atual (BUSTANI, 2009, citado por DUNG, 2011).

Apesar de ainda ser incipiente a investigação do potencial de geração de energia elétrica proveniente de resíduos da hortifruticultura no país, nota-se que essa pode ser uma grande oportunidade, principalmente para os pequenos produtores. Ainda, a adoção de medidas que viabilizem o uso destes resíduos de maneira consorciada por parte dos produtores poderia consolidar um sistema energético integrado no município de Colombo. Para isso, seria necessária a implementação de um sistema de biodigestor em cada propriedade, com captação e transporte do biogás por gasodutos rurais com destinação a uma microcentral de energia elétrica a biogás, a ser gerida em condomínio cooperativo de agroenergia entre os agricultores participantes. Dessa forma, a geração de quantidades distintas de resíduos de hortifruticultura em diferentes épocas do ano não seriam um empecilho, tendo em vista que, independente da sazonalidade, sempre haverá resíduos disponíveis para alimentar a microcentral.

Nota-se, ainda, que a utilização do biogás como complemento à matriz energética pode trazer diversos benefícios diretos, com a geração de energia elétrica, térmica, automotiva, aplicadas tanto para o autoconsumo quanto para venda de excedentes (ANEEL, 2012; ANEEL, 2015), além de benefícios indiretos, como a redução de emissões de gases do efeito estufa; a adequação ambiental da atividade pela redução de cargas orgânicas poluentes e eficiência energética.

Portanto, o biogás configura-se como uma excelente

alternativa para esses produtores, tendo em vista que a energia proveniente dos resíduos de hortifrúti ao longo da cadeia produtiva pode ser utilizada na geração de eletricidade para a produção dos alimentos.

## CONCLUSÕES

A geração de energia elétrica a partir da utilização de resíduos de hortifruticultura mostrou-se viável de ser aplicado no Município de Colombo, sendo que, de acordo com o enfoque do presente estudo, observou-se que os médios e pequenos agricultores podem aproveitar essa energia elétrica gerada para a realização de atividades em suas propriedades.

Para um desenvolvimento sustentável integrado, é de fundamental importância a expansão de estudos que utilizem o montante de resíduos e perdas de pós-colheita da hortifrúti-cultura para geração de biogás, uma energia limpa, em outros municípios do país. Ainda, considerando que as propriedades chamadas de “minifúndios” são a que tem uma maior representatividade no município de Colombo e no Brasil, com forte influência na economia do país, é de suma importância que esses sejam incentivados e desenvolvido no sentido da busca por fontes alternativas e descentralizadas de energias mais sustentáveis.

As tecnologias a base de fontes renováveis são altamente eficientes, não só devido às vantagens ambientais, mas também sociais, pois trazem ganhos socioeconômicos para a comunidade envolvida, como o acesso à energia em comunidades isoladas, geração de empregos e incentivo à economia local. Ademais, a sua adoção atende parte das exigências e compromissos firmados em Acordos Climáticos internacionais, como expandir o uso doméstico de fontes de energia limpas e reduzir as emissões de GEEs decorrentes da geração de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20%20Panorama2012.pdf>

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. **Diário Oficial da União, Brasília**, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. **Diário Oficial da União, Brasília**, 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>

AMARAL, D.D. et al. Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação da Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura—PLANO ABC (Sectoral Plan for Mitigation and Adaptation to Climate Change for a Consolidation Economy Low Carbon). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.4, n.6, p.1266-1274, 2012.

BAGHERZADEH, M.M.; JEONG, H. Food Waste Along the Food Chain. **OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers**, v.71, p.1-28, 2014.

BASAVARAJA, H. et al. Economic analysis of post-harvest losses in food grains in India: a case study of Karnataka. **Agricultural Economics Research Review**, v.20, n.1, p.117-126, 2007.

BESINELLA, G.B. et al. Potencial dos subprodutos vinícolas da região sul do Brasil para a geração de biogás e energia elétrica. **Acta Iguazu**, v.6, n.5, p.253-261, 2017.

BLEY JR., C. **Biogás: a energia invisível**. 2.ed. São Paulo: ATOL Studio, 2015.

BRASIL. Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1993. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8629.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8629.htm)

BRASIL. Decreto Legislativo nº 144, de 21 de junho de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2002. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decleg/2002/decretolegisativo-144-20-junho-2002-458772-republicacao-26700-pl.html>

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2009. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)

BRASIL. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima**. Brasília, 2015. Disponível em: [http://www.itamaraty.gov.br/images/ed\\_desenvsust/BRASIL-iINDC-portugues.pdf](http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iINDC-portugues.pdf)

BRASIL. Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/l13465.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13465.htm)

BREUNIG, H.M. et al. Bioenergy potential from food waste in California. **Environmental science & technology**, v.51, n.3, p.1120-1128, 2017.

BUSTANI, L. **Ads targeting food waste in Brazil**. Akatu Institute for Conscious Consumption, 2009.

CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Sazonalidade dos produtos comercializados no ETSP**. São Paulo, 2015. Disponível em: [http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/05/produtos\\_epoca.pdf](http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/05/produtos_epoca.pdf)

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do Agronegócio – Dados 1995 a 2015**. CEPEA ESALQ/USP, 2015. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/pib>

CREUTZIG, F. et al. Bioenergy and climate change mitigation: an assessment. **Gcb Bioenergy**, v.7, n.5, p.916-944, 2015.

DUNG, T.N.B. et al. Food waste to bioenergy via anaerobic processes. **Energy Procedia**, v.61, p.307-312, 2014.

EPEA – Empresa de Pesquisa Energética. **Projeção da Demanda de Energia Elétrica: para os próximos 10 anos (2014-2023)**. Brasília: Ministério de Minas e Energia. Nota Técnica, n. 28, 2013.

EUROSERV'ER. **Biogas barometer**. 2017. Disponível em: <https://www.euroserv-er.org/biogas-barometer-2017>

FAO – Food and Agriculture Organization of the United. **Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention**. 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>

FAO - Food and Agriculture Organization of the United. **Food wastage footprint: Impacts on Natural Resources**. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>

FERREIRA, S.F. et al. **Potencial de aproveitamento energético do biogás a partir da digestão anaeróbia de vinhaça**. 2017. 68p. (Dissertação de mestrado).

GUSTAVSSON, J.; STAGE, J. Retail waste of horticultural products in Sweden. **Resources, Conservation and Recycling**, v.55, n.5, p.554-556, 2011.

HENZ, G.P.; PORPINO, G. Food losses and waste: how Brazil is facing this global challenge? **Horticultura Brasileira**, v.35, n.4, p.472-482, 2017.

HODGES, R.J. et al. Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. **The Journal of Agricultural Science**, v.149, n.1, p.37-45, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Colombo**. 2012. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/colombo/panorama>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto interno bruto dos municípios**. 2013a.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2013b.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros**. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. 2015.

IEA – International Energy Agency. **CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion – highlights**. 2011. Disponível em: <http://www.iea.org/media/statistics/co2highlights.pdf>

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Sistema Nacional de Cadastro Rural - índices básicos de 2013**. 2013. Disponível em: [http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiar/regularizacao-fundiar/indices-cadastrais/indices\\_basicos\\_2013\\_por\\_municipio.pdf](http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiar/regularizacao-fundiar/indices-cadastrais/indices_basicos_2013_por_municipio.pdf)

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico do Município de Colombo**. 2018. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=83400>

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas**. 2012. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917\\_relatorio\\_residuos\\_organicos.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf)

KASSO, M.; BEKELE, A. Post-harvest loss and quality deterioration of horticultural crops in Dire Dawa Region, Ethiopia. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.17, n.1, p.88-96, 2016.

KATAJAJUURI, J.M. et al. Food waste in the Finnish food chain. **Journal of Cleaner Production**, v.73, p.322-329, 2014.

KOMINKO, H. et al. The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. **Waste and Biomass Valorization**, v.8, p.1-11, 2017.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P.A.V. Aproveitamento de dejetos animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, v.15, n.3, p.28-35, 2006.

LAKS, R. **The potential for electricity generation from Biogas in South Africa – A potential study as part of the BAPEPSA project**. Energy Research Centre of Netherlands – ECN. Disponível em: <https://www.ecn.nl/publications/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--17-001>

LASTELLA, G. et al. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification. **Energy Conversion and Management**, v.43, n.1, p.63-75, 2002.

LIU, J. et al. Food losses and waste in China and their implication for water and land. **Environmental Science & Technology**, v.47, n.18, p.10137-10144, 2013.

LUNDQVIST, J. et al. **Saving water: from field to fork: curbing losses and wastage in the food chain**. Stockholm International Water Institute, 2008. Disponível em: <http://www.siwi.org/publications/saving-water-from-field-to-fork-curbing-losses-and-wastage-in-the-food-chain>

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Setorial de Mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura - Plano ABC**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/planoabc/arquivopublicacoes-plano-abc/download.pdf>

MARTINS, F.M.; OLIVEIRA, P.A.V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.3, p.477-486, 2011.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub> do Sistema Interligado Nacional do Brasil**. Brasília, 2016. Disponível em: [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_corporativos.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html)

MEENA, M.S. et al. Farmer's attitude towards post-harvest issues of horticultural crops. **Indian Research Journal of Extension Education**, v.9, n.3, p.15-19, 2016.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Aproveitamento energético do biogás de aterro sanitário**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>

MME – Ministério de Minas e Energia. **Resenha energética brasileira**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.aben.com.br/noticias/resenha-energetica-brasileira-2016>.

MOREIRA, J.M.M.A.P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.68, p.363-372, 2011.

PAZERA, A. et al. Biogas in Europe: Food and Beverage (FAB) waste potential for biogas production. **Energy & Fuels**, v.29, n.7, p.4011-4021, 2015.

PIÑAS, J.A.V. et al. Landfills for electricity generation from biogas production in Brazil: comparison of LandGEM (EPA) and BIOGAS (Cetesb) models. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v.33, n.1, p.175-188, 2016.

PROTAS, J.D.S.; CAMARGO, U.A. **Vitivinicultura brasileira: panorama setorial em 2010**. Embrapa Uva e Vinho-Livros técnicos. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/922116/1/PROTASpanoramavitivinicultura2010.pdf>

RAO, J.R. et al. Pelleted organo-mineral fertilisers from composted pig slurry solids, animal wastes and spent mushroom compost for amenity grasslands. **Waste Management**, v.27, n.9, p.1117-1128, 2007.

SAGAGI, B.S. et al. Studies on biogas production from fruits and vegetable waste. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, v.2, n.1, p.115-118, 2009.

SCANO, E.A. et al. Biogas from anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: Experimental results on pilot-scale and preliminary performance evaluation of a full-scale power plant. **Energy Conversion and Management**, v.77, p.22-30, 2013.

SEAI - Sustainable Energy Authority of Ireland. **Gas yields table**. Irlanda, 2012.

SHAFIE, S.M. et al. A review on electricity generation based on biomass residue in Malaysia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, n.8, p.5879-5889, 2012.

SITORUS, B.; PANJAITAN, S.D. Biogas recovery from anaerobic digestion process of mixed fruit-vegetable wastes. **Energy Procedia**, v. 32, p.176-182, 2013.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. **Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December**

**2015. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-first session**. Paris, 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indic/Pari%20Agreement.pdf>

WBA – World Bioenergy Association. **Biogas – an important renewable energy source**. 2013. Disponível em: [http://www.wmaa.asn.au/lib/pdf/07\\_publications/1306\\_biogas\\_factsheet.pdf](http://www.wmaa.asn.au/lib/pdf/07_publications/1306_biogas_factsheet.pdf)

WIJNGAARD, H.H. et al. A survey of Irish fruit and vegetable waste and by-products as a source of polyphenolic antioxidants. **Food Chemistry**, v.116, n.1, p.202-207, 2009.

*Recebido em 27/11/2017*

*Aceito em 26/02/2018*