

II SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE ENERGIA NA AGRICULTURA

Acta Iguazu

ISSN: 2316-4093

Potencial dos subprodutos vinícolas da região sul do Brasil para a geração de biogás e energia elétrica

Geovanny Broetto Besinella¹, Camilo Bastos Ribeiro², Matheus Vitor Diniz Gueri³, William Gouvêa Buratto⁴, Venicio Steffler⁵, Maria Luiza Veroneze⁶

¹Universidade Federal do Paraná – UFPR, PPGB - Programa de Pós Graduação em Bioenergia – Nível mestrado, Palotina – PR.

²Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná - UNICENTRO, PPGB – Programa de Pós Graduação em Bioenergia – Nível mestrado, Guarapuava – PR.

³Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA – Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura – Nível Mestrado, Cascavel – PR.

⁴Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEAGRI – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola – Nível Doutorado, Cascavel – PR.

⁵Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, PPGM – Programa de Pós Graduação em Mecatrônica – Nível Mestrado, Florianópolis – SC.

⁶Universidade Federal do Paraná – UFPR, PPGB - Programa de Pós Graduação em Bioenergia – Nível mestrado, Palotina – PR.

veinciosteffler@gmail.com, cbastos@greenlight.eco.br, engamb.geo@hotmail.com, mgueri@hotmail.com, williamburatto@gmail.com, guiporfirio27@gmail.com, marial_veroneze@hotmail.com

Resumo: No Brasil, a região sul é responsável por grande parcela da produção de uvas e vinhos. No entanto a geração de resíduos é iminente a atividade de industrialização da uva. Uma maneira de possibilitar tratamento e ainda prover geração de energia é a digestão anaeróbia. Esses subprodutos podem ser aproveitados para a produção de biogás, que é resultante da fermentação anaeróbia possuindo uma composição majoritariamente de metano e dióxido de carbono. Dentre as várias aplicações do biogás na área energética, uma que se destaca é sua utilização para geração de energia elétrica, por meio de combustão controlada em sistemas de cogeração. Neste contexto, este trabalho quantificou-se o plantel de produção destas atividades, os resíduos gerados pela atividade vinícola, e sua capacidade de geração de biogás na região sul, visando à geração de energia elétrica.

Palavras-Chave: produção sustentável, resíduos orgânicos, digestão anaeróbia.

Potential of wine by-products in the southern region of Brazil for the generation of biogas and electric energy

Abstract: The southern region of Brazil is responsible for a large portion of Brazil's grape and wine production. However, the volume of waste generated in these activities is large and can be used for biogas production. In turn, biogas results from anaerobic fermentation, being composed by methane and carbon dioxide. Among the various biogas applications in the energy area, one that stands out is its use for the generation of electric energy, through the

combustion in combined plants of heat and energy. In this context, the production capacity of these activities was quantified, as well as the wastes generated by the wineries activity, and the capacity of biogas generation in each southern state, aiming at the production of biogas and electricity generation.

Keywords: sustainable production, organic waste, anaerobic digestion.

Introdução

O Brasil, sendo um dos grandes produtores de uvas e vinhos no mundo, produziu cerca de 990 mil toneladas de uva em 2016, onde a região Sul do país apresentou contribuição de 54,8% do total produzido; o estado do Rio Grande do Sul contribuiu com 42% de toda produção nacional, enquanto Santa Catarina e Paraná, 6,1% e 6,7% respectivamente (IBGE, 2017). A produção de vinho no país, no ano de 2015, foi de aproximadamente 583.013.753 litros (Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, 2015).

A geração de subprodutos da atividade vinícola é inerente à produção de vinho, onde os principais resíduos produzidos são o bagaço de uva (15% seco, 20-45% úmido), talo de uva (2,5-7,5%) e borra de vinho (3,5-8,5%) (FAO, 2013). Esses subprodutos em grandes volumes apresentam risco de contaminação ambiental, devido à presença de compostos orgânicos, concentrações de fosfatos e nitratos, além de carboidratos e compostos fenólicos em suas composições (BUSTAMANTE et al., 2005; MOSSE et al., 2010; KEYSER et al., 2003; CORBIN et al., 2015; DENG; PENNER e ZHAO, 2011).

Dentre os processos utilizados para o tratamento de efluentes industriais, a digestão é uma alternativa viável ambiental e economicamente, considerando que essa tecnologia é simples, promove a degradação dos poluentes de relevância ambiental, bem como torna possível produzir um biocombustível (biogás) capaz de gerar calor, força motriz e eletricidade (FABBRI, BONIFAZI e SERRANTI, 2014).

Um fato que corrobora para o potencial de geração de biogás é que os resíduos sólidos e as águas residuárias provenientes de indústrias vinícolas apresentam uma fração alta de sólidos voláteis, o que é um fator de grande contribuição para a digestão anaeróbica, uma vez que a produção de biogás está intimamente ligada à disponibilidade de sólidos voláteis no sistema, bem como, um pH que varia entre na faixa de 6 a 8 e uma relação C/N contida em 20 a 30, fatores que contribuem para uma eficiente produção de biogás (BUYS, 2015).

A geração de biogás, por meio de biodigestores anaeróbios, pode ser uma alternativa sustentável para suprir a elevada demanda de eletricidade para refrigeração, bem como, para a geração do calor requerido nas atividades vinícolas (LORENZO e GIRALDO, 2005; CACERES et al., 2012).

A partir de um modelo termodinâmico, Caceres et al. (2012) avaliaram a geração de energia a partir de uma microturbina movida a biogás, validando o modelo a partir de resultados experimentais, verificou que a microturbina pode suprir até 45% da demanda elétrica de uma vinícola.

Dessa forma o presente trabalho teve por objetivo de estimar dados teóricos para uma possível aplicação desses resíduos vinícolas para obtenção de energia, através de cálculos de geração de biogás, energia térmica e energia elétrica.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido através de uma análise bibliográfica de caráter teórico, utilizando como base de dados às informações da produção nacional de uva no ano de 2016 e o processo das atividades do setor de derivados, como vinhos e sucos, na região sul do Brasil. Com sustentação na quantidade de resíduos gerados pelas atividades nesses setores, a produção de uva e derivados. O estudo centrou-se apenas no potencial teórico das atividades dos setores de processamento de uva, como a produção de vinho e derivados, conforme metodologia sugerida em um estudo realizado por Mugodo, Magama e Dhavu (2017).

Caracterização dos Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos

Os resíduos sólidos e líquidos foram caracterizados através de dados obtidos na literatura, considerando o tipo de resíduo gerado, a quantidade gerada por unidade de referência, o percentual de sólidos totais, o percentual de sólidos voláteis e o potencial para a produção de biogás por tonelada de sólidos voláteis, como apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos resíduos sólidos

Tipo de Resíduo	Geração de Resíduos (kg/L_{vinho} produzido)	Sólidos Totais (ST%)	Sólidos Voláteis (SV%)	Produção de biogás (m³/ tonSV)	Referência
Bagaço de Uva	0,2	35	90,0	160-200	Araldi et al., 2009 Lempereur, V., Penavayre, 2014
Borra de Vinho	0,05	6	83,3	800	Jasko et al., 2012 Fiore et al., 2013

Fonte: Adaptado de Mugodo, Magama e Dhavu (2017).

Os efluentes líquidos foram caracterizados pelo tipo de efluente, quantia de resíduo gerado por tonelada de uva processada, Demanda Química de Oxigênio (DQO) do efluente, DQO degradável e o potencial de produção de biogás por tonelada de DQO degradável, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Características dos resíduos líquidos

Tipo de Resíduo	Geração de Efluente (L/ton _{uva})	DQO do Efluente Líquido (Kg/L)	DQO degradável (%)	Produção de biogás (m ³ /ton DQOdegradável)	Referência
Água de Lavagem	6	0,009	80	450	Gersl et al., 2015

Fonte: Adaptado de Mugodo, Magama e Dhavu (2017).

Potencial de Produção de Energia e Biogás

Para o cálculo do potencial estimado de produção de biogás foi considerado o potencial teórico do biogás, conforme equações propostas por Mugodo, Magama e Dhavu (2017). Calculou-se os Sólidos Voláteis Totais (ton/ano), Potencial de Produção Anual de Biogás (m³/ano), DQO Total Tratado (kg/ano), Produção Anual de Biogás do Efluente Líquido (m³/ano). Para o cálculo da Produção de Energia (GWh/ano) e Produção de Energia Elétrica (GWh/ano) foram empregadas as Eq. (5) e (6) respectivamente.

Cálculo do Potencial de Geração de Biogás do Efluente Sólido

A quantidade sólidos voláteis totais (SVT_s) gerada por ano foi determinada utilizando a Eq (1). Os valores totais de sólidos (ST%) e sólidos voláteis (SV%) foram retirados da Tabela 1.

$$SVT_s \left(\frac{\text{ton}}{\text{ano}} \right) = SG \left(\frac{\text{ton}}{\text{ano}} \right) \times ST\% \times SV\% \quad (1)$$

Sendo SVT_s os sólidos voláteis totais do substrato, SG sólidos gerados, ST os sólidos totais, SV os sólidos voláteis.

Os sólidos voláteis totais gerados foram utilizados com o rendimento de biogás (m³ biogás/kgSV) para cada substrato como na Tabela 2 para estimar o potencial de produção anual de biogás como na Eq (2). Onde a produção de biogás é obtida na tabela 1.

$$PT_{BIO} \left(\frac{m^3}{ano} \right) = SVT_s \left(\frac{ton}{ano} \right) \times P_B \left(\frac{m^3}{ton} \right) \quad (2)$$

Sendo PT_{BIO} o potencia de produção anual de biogás, SVT_s os sólidos voláteis totais do substrato, P_B a produção de biogás.

Cálculo do Potencial de Geração de Biogás do Efluente Líquido

A produção de biogás de resíduos líquidos foi estimada a partir da DQO tratada. A quantidade total da DQO tratada foi calculada usando a Eq (3) (MUGODO, MAGAMA e DHAVU 2017), onde concentração da DQO foi tomada da Tabela 2.

Os valores predominantes para o efeito de remoção de DQO encontrados na literatura em estudos de análise da digestão anaeróbia no potencial da produção de biogás foram de uma média 80% (DANIEL, PASCH e NAYINA, 2013; FISCHER et al., 2010).

$$DQO_T \left(\frac{kg}{ano} \right) = TA_{RD} \left(\frac{L}{ano} \right) \times DQO_C \left(\frac{kg}{L} \right) \times 80\% \quad (3)$$

Sendo DQO_T a demanda química de oxigênio tratado, TA_{RD} o total de água resíduaria descartada, DQO_C a concentração da demanda química de oxigênio.

Para o calculo da produção anual de biogás foi utilizada a Eq. (4) (Mugodo, Magama e Dhavu 2017) descrita abaixo:

$$PT_{BIO} \left(\frac{m^3}{ano} \right) = DQO_t \left(\frac{kg}{ano} \right) \times P_{BIO} \left(\frac{m^3}{kg} \right) \quad (4)$$

Sendo PA_{BIO} a produção anual de biogás, DQO_T a demanda química de oxigênio tratado, P_{BIO} a produção de biogás.

Potencial de Produção de Energia Elétrica

A partir dos dados calculados na Eq. (2) e (4), referentes à produção de biogás, foi calculado o potencial de geração de energia e energia elétrica utilizando as Eq. (5) e (6) (MUGODO, MAGAMA e DHAVU, 2017), respectivamente.

Para a produção de energia elétrica a partir de biogás foi adotado um fator calorímetro de 6 kWh por m³ de biogás produzido, segundo os autores (COSTA, OLIVEIRA e IVES, 2013).

$$PE \left(\frac{\text{GWh}}{\text{ano}} \right) = PT_{\text{BIO}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ano}} \right) \times \left(\frac{6}{1 \times 10^6} \right) \left(\frac{\text{GWh}}{\text{m}^3} \right) \quad (5)$$

Sendo PE a produção anual de energia, PA_{BIO} a produção anual de biogás.

Segundo Mittal (2006), a eficiência da produção de energia elétrica varia entre 30 e 36%. No entanto a eficiência de 30% foi selecionada para aplicação nesse estudo.

$$P_{\text{EE}} \left(\frac{\text{GWh}}{\text{ano}} \right) = EP \left(\frac{\text{GWh}}{\text{ano}} \right) \times 30\% \quad (6)$$

Sendo P_{EE} a produção de energia elétrica, EP a energia produzida.

Resultado e Discussão

Uma vez que a geração de resíduos é eminente no setor de produção de vinhos e derivados da uva, há uma necessidade de uma destinação final adequada. O tratamento desses resíduos gerados pode trazer benefícios ambientais e econômicos.

O emprego da biodigestão anaerobia proporcionaria o tratamento de 38.05×10^3 ton/ano de resíduos gerados na região sul do Brasil, provendo uma destinação final mais adequada a esses passíveis ambientais.

Outra vantagem desta tecnologia de tratamento de resíduos é a sua sustentabilidade em virtude do aproveitamento de dois produtos, que são o biogás e o biofertilizante. O biogás pode ser utilizado na obtenção de energia térmica e energia elétrica nas vinícolas. Já outro produto da digestão anaeróbia o biofertilizante pode ser aproveitado para aumento da produtividade agrícola, reduzindo possíveis custos com a aquisição de fertilizantes químicos.

Com base no levantamento realizado, a região sul do Brasil possui um potencial de geração de biogás de aproximadamente 37.54×10^6 m³/ano, o que corresponderia a uma produção de $23,90 \times 10^6$ m³/ano de CH₄.

Assim, teoricamente a capacidade desses subprodutos de gerarem energia elétrica é de 67,58 GWh/ano. Isso corresponde a uma produção diária de $143,7 \times 10^3$ KWh. Em questões

economicas isso representa um valor diário de R\$63,227. 39 dando um retorno monetario para a geração de resíduos sólidos de 606,51 R\$/ton.

Tabela 3: Resultados da geração de Biogás e Energia

Tipo de Resíduo	Geração de Resíduo (ton.ano⁻¹) (m³.ano⁻¹)^a	Produção anual de biogás (m³.ano⁻¹)	Produção anual de energia (GWh.ano⁻¹)	Produção de energia elétrica (GWh.ano⁻¹)^c
Bagaço de Uva	36.72x10 ³	7.34x10 ⁶	44,07	13,22
Borra de Uva	1.33x10 ³	1.06x10 ⁶	6,39	1.91
Água de Lavagem	8.99x10 ⁶	29.14x10 ⁶	174,84	52,45

^aUnidade para a geração de resíduo da água de lavagem, ^butilizando 30% para a conversão em energia elétrica.

Um fator que pode contribuir para possíveis implantação de sistemas de biodigestão, são que as regiões produtoras de vinho, geralmente está localizadas na mesma cidade ou microregião, regiões como o Planalto Catarinense ou a Serra Gaúcha. O que podem contribuir para implantação de condomínios energeticos, a exemplo do condomínio Ajuricaba (Marechal Cândido Rondon - PR).

A geração de biogás pode ser uma alternativa atraente para os investidores vistos a diversificação dos subprodutos vinícolas em suas propriedades físico-químicas favorecendo a produção de biogás por meio da co-digestão anaeróbia, no entanto devem ser realizados estudos para avaliar se a biodigestão anaeróbia é favorável no clima da região.

Vale destacar que este estudo inicial não levou em conta uma série de variáveis importantes, inerentes aos processos de obtenção do biogás e conversão em energia elétrica, tais como: sazonalidade na produção do biogás, energia gasta pelos próprios equipamentos, dentre outras, sendo necessários futuros estudos mais aprofundados envolvendo este tema.

Conclusão

Verificou-se, a partir do presente estudo, que um grande volume de resíduos gerados pelas atividades de processamento da uva seria tratado. Apresentado um potencial para a conversão em combustível, energia térmica e energia elétrica, provendo benefícios aos produtores e ao meio ambiente.

No entanto, indentificou-se há necessidade de estudos aprofundados na produção de biogás a partir de substratos da uva, uma vez que o processo de obtenção do gás é sensível a diversas variações operacionais e climáticas.

Referências

ARALDI, F.; FAILLA, S.; RESTUCCIA, A.; ZAGNI, M.: **Grape pomace: from industrial waste to a biogas-producing resource**. *Informatore Agrario Supplemento*, 2009. v. 65(10), p. 20–23.

BUYS, W. Y.: **Investigating the effect of wine and distillery wastewater on the efficacy of an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) and Enhancing biomass immobilisation by the addition of magnetisable foam glass particles (MP)**. Stellenbosch University . Dissertação Mestrado. 2015.

CACERES, C. X.; CACERES, R. E.; HEIN, D.; MOLINA, M. G.; PIA, J. M. **Biogas production from grape pomace: Thermodynamic model of the process**. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2012. v. 37, p. 10111 - 10117.

CORBIN, K.; HSIEH, Y .S. Y.; BETTS, N. S.; BYRT, C. S.; HENDERSON, M.; STORK, J.; DEBOLT, S.; FINCHER, G. B.; BURTON, R.A.: **Grape marc as a source of carbohydrates for bioethanol: chemical composition, pre-treatment and saccharification**. *Bioresource Technol*, 2015. v. 193, p. 76–83.

COSTA, J. C.; OLIVEIRA, J. V.; IVES, M. M.: **Biochemical Methane Potential of Brewery Wastes and Co-digestion with Glycerol**. **Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities, 2nd International Conference (2013)**.

DANIEL, U.; PASCH, K.; NAYINA, G. S.: **Biogas in Ghana: sub-sector analysis and potential framework conditions**. GIZ, Berlin, Germany (2014).

DENG, Q.; PENNER, M. H.; ZHAO, Y.: **Chemical composition of dietary fiber and polyphenols of five different varieties of wine grape pomace skins**. *Food Res. Int*, 2011. v. 44, p. 2712–2720.

FABBRI, A.; BONIFAZI, G.; SERRANTI, S.: **Micro-scale energy valorization of grape marcs in winery production plants**. *Waste Manag*, 2015. v. 36, p. 156–165.

FIGLIORE, S.; ROATI, C.; RUFFI, B.; MARCHESE, F.; ZANETTI M.C.: **Laboratory and pilot tests for the anaerobic digestion of wine wastes**. Margherita di Pula, 2013. p. 1–14.

FISCHER, E.; SCHMIDT, T.; HORA, S.; GIERSDORF, J.; STINNER, W.; SCHOLWIN, F.: **Assessment on potential for Agro-Industrial biogas in Kenya**. GIZ, Berlin, Germany (2010).

GERSL, M.; KOUTNY, T.; SOTNAR, M.; KLEINOVA, J.: **Anaerobic fermentation of certain products of food industry-food waste, spent grain and grape pomace**. *J. Adv. Agric. Technol*, 2015. v. 2(2), p. 125–128 (2015).

JASKO, J.; SKRIPSTS, E.; DUBROVSKIS, V.: **Biogas Production of Winemaking Waste in Anaerobic Fermentation Process**. Engineering for Rural Development, 2012. p. 576–579.

MUGODO, K.; ·MAGAMA, P. P.; DHAVU, K. **Biogas Production Potential from Agricultural and AgroProcessing Waste in South Africa**. Waste Biomass Valor.

KEYSER, M.; WITTHUHN, R. C.; WITTHUHN, L.; RONQUEST, C.; BRITZ, T. J.: **Treatment of winery effluent with upflow anaerobic sludge blanket (UASB)- granular sludge enriched with Enterobacter sakazaki**. Biotechnol. Lett, 2003. v. 25, p.1893–1898.

LEMPEREUR, V.; PENAVAYRE, S.: **GRAPE MARC: Wine Lees and Deposit of the Must: How to Manage Oenological By-Products**. Bio Web of Conference (2014).

LORENZO, L.P.; GIRALDO, G.A. **Diseño de una planta térmica de residuos vitivinícolas para una bodega**. 2005.

MITTAL, G.S.: **Treatment of wastewater from abattoirs before land application-a review**. Bioresour. Technol, 2006. v. 97, p. 1119–1135.

WADHWA, M., BAKSHI, M.P.S.: **Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products**. Food and Agriculture Organization, RAP Publication 2013/04. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3273e/i3273e.pdf> (2013).

ZEB, B.S., MAHMOOD, Q., JADOON, S., PERVEZ, A., IRSHAD, M., BILAL, M., BHATTI, Z.A.: **Combined industrial wastewater treatment in anaerobic bioreactor posttreated in constructed wetland**. BioMed Research International, 2013, 957853. (2013).

ZUPANČIČ, G.D., GRILC, V.: **Anaerobic treatment and biogas production from organic waste**. In: Kumar, S. (ed.) Management of Organic Waste. InTech, Rijeka (2012).

Recebido para publicação em: 01/12/2017

Aceito para publicação em: 04/12/2017