

# Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético

SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos  
MAZZONETTO, Alexandre Witier

## Resumo

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de biodiesel, conseqüentemente de glicerina. De acordo com dados da **Agência Nacional do Petróleo** (ANP), em 2021 foi a maior produção de biodiesel. Foram fabricados quase 7 milhões de metros cúbicos no país. Produzindo assim 5% a mais que o volume de 2020. O biodiesel, pela via metílica ou etílica, além do biodiesel, gera glicerina; esse subproduto tem despertado o interesse do mercado para vários fins. Este trabalho analisou as opções de destinação e uso da glicerina, um subproduto da produção de biodiesel com crescente interesse do mercado. Realizou-se uma revisão de literatura para conhecer-se as principais destinações da glicerina no mercado brasileiro e o potencial energético. As pesquisas sobre as utilizações da glicerina apontaram para: desenvolvimento de outros compostos químicos a partir da glicerina; a produção de aditivos para gasolina e novos combustíveis, e a purificação de glicerina. E existe, ainda, um potencial para produção de energia renovável, mas é uma aplicação pouco explorada devido a rentabilidade das aplicações mais exploradas. Conclui-se de que o potencial energético encontrado para a glicerina foi positivo, viabilizando o uso da glicerina para produção Biogás, na indústria farmacêutica e com grande potencial na alimentação de animais. Há um grande potencial energético para a produção de energia renovável, mas pouco explorada devido a rentabilidade econômica das principais aplicações – novos produtos químicos, aditivos para gasolina e purificação da glicerina.

**Palavras-chave:** Subproduto biodiesel, suplemento animal, biogás, energia renovável, insumo cosmético.

## Abstract

Brazil is one of the world's largest producers of biodiesel, and consequently of glycerin. According to data from the National Petroleum Agency (ANP), in 2021 it was the largest production of biodiesel. Almost 7 million cubic meters were manufactured in the country. Thus producing 5% more than the volume of 2020. Biodiesel, through the methyl or ethyl route, in addition to biodiesel, generates glycerin; this by-product has aroused the interest of the market for various purposes. This work analyzed the options for disposal and use of glycerin, a by-product of biodiesel production with growing interest in the market. A literature review was carried out to find out about the main uses of glycerin in the Brazilian market and its energy potential. Research on the uses of glycerin pointed to: the development of other chemical compounds from glycerin; the production of additives for gasoline and new fuels, and the purification of glycerin. And there is also a potential for renewable energy production, but it is a little explored application due to the profitability of the most explored applications. It is concluded that the energy potential found for glycerin was positive, enabling the use of glycerin for biogas production, in the pharmaceutical industry and with great potential in animal feed. There is a great energy potential for the production of renewable energy, but little explored due to the economic profitability of the main applications – new chemical products, gasoline additives and glycerin purification.

**Keywords:** Biodiesel by-product, animal supplement, biogas, renewable energy, cosmetic input.

### **Resumen**

Brasil es uno de los mayores productores mundiales de biodiesel y, en consecuencia, de glicerina. Según datos de la Agencia Nacional del Petróleo (ANP), en 2021 fue la mayor producción de biodiesel. En el país se fabricaron casi 7 millones de metros cúbicos. Produciendo así un 5% más que el volumen de 2020. El biodiesel, por la vía del metilo o del etilo, además del biodiesel, genera glicerina; este subproducto ha despertado el interés del mercado con diversos fines. Este trabajo analizó las opciones de disposición y uso de la glicerina, un subproducto de la producción de biodiesel con creciente interés en el mercado. Se realizó una revisión de la literatura para conocer los principales usos de la glicerina en el mercado brasileño y su potencial energético. La investigación sobre los usos de la glicerina señaló: el desarrollo de otros compuestos químicos a partir de la glicerina; la producción de aditivos para gasolinas y nuevos combustibles, y la purificación de glicerina. Y también hay potencial para la producción de energía renovable, pero es una aplicación poco explorada debido a la rentabilidad de las aplicaciones más exploradas. Se concluye que el potencial energético encontrado para la glicerina fue positivo, posibilitando el uso de la glicerina para la producción de biogás, en la industria farmacéutica y con gran potencial en la alimentación animal. Existe un gran potencial energético para la producción de energía renovable, pero poco explorado debido a la rentabilidad económica de las principales aplicaciones: nuevos productos químicos, aditivos para gasolinas y purificación de glicerina.

**Palabras-clave:** Subproducto de biodiésel, suplemento animal, biogás, energías renovables, insumos cosméticos.

## INTRODUÇÃO

O glicerol é um composto orgânico, pertencente ao grupo dos álcoois, cujos derivados possuem diversas aplicações em áreas e indústrias distintas, sendo em sua maioria indústrias de cosméticos e fármacos. Ele é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação e nas células (Menten et al, 2008), e está presente em óleos e gorduras, tanto de origem animal, quanto vegetal, ligado a ácidos graxos formando uma molécula de triacilglicerol. É uma das mais versáteis e valiosas substâncias químicas conhecidas para o homem. Comercialmente, o glicerol recebe, o nome de glicerina (ARAÚJO et al, 2010).

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), foram gerados mais de 494,6 mil m<sup>3</sup> de glicerina em 2019 e grande parte deste material foi exportado de forma bruta, que tem um baixo valor comercial. A glicerina bruta tem um valor de mercado muito baixo devido suas impurezas. A composição desta glicerina varia dependendo da família da matéria prima utilizada e as condições do processo de produção do biodiesel. A composição química das diferentes gorduras e óleos usados para fabricar o biodiesel tem algumas diferenças entre si (POSADA-DUQUE et al, 2010).

De acordo com Pinto et al (2012), as principais aplicações desta substância são: síntese de resina e ésteres com 18%, aplicações farmacêuticas com 7%, uso em cosméticos com 40%, uso alimentício 24% e outros 11% e que a Ásia é o maior consumidor e produtor de glicerina refinada, respondendo por 40% da produção em 2010. A glicerina bruta pode ser utilizada em construções civis, em defensivos agrícolas, destilações e nutrição animal. Já a bidestilada pode ser utilizada em setores como: de alimentos, têxteis, cosméticos, limpeza, explosivos, papéis, plásticos etc.

Segundo Karam et al (2016), a glicerina é utilizada para a conservação de peças anatômicas, como exemplo a glicerina semipurificada, que foi utilizada por Carvalho et. al (2013), e Hammer et al. (2012), para a preservação de órgãos humanos, utilizou uma solução constituída por etanol e glicerina. A técnica de preparação utilizando glicerina, com base nas descrições e os métodos utilizados em vários contextos, tem beneficiado a duração das peças anatômicas, nas quais se pode observar um efeito de durabilidade prolongada, sendo armazenadas por um longo período (MUÑETÓN GÓMEZ & ORTIZ 2013).

O RenovaBio é um programa que permite o aumento da produção de biocombustíveis e o estímulo da competitividade entre usinas. Tendo como objetivo a diminuição de emissão do CO<sub>2</sub> e contribuir com a diminuição do efeito estufa, o RenovaBio traz a proposta de gerar valor

em processos menos poluentes e mais eficientes. Existem vantagens sociais, políticas, tecnológicas e macroeconômicas na substituição de combustíveis, tais como nas máquinas agrícolas a substituição pelo biometano (gás de derivação do biogás). Em uma unidade de produtora de biocombustíveis, a implantação de uma biorrefinaria pode ter o aumento de produtos oferecidos. Assim como uma planta de biogás, com o uso de diversos substratos tal como a glicerina, tem a capacidade de gerar biogás com alto valor de  $\text{CH}_4$  (cerca de 50% a 80%) e o seu digestato pode ser utilizado como fertilizante.

Devido ao crescimento do mercado da produção de Biodiesel, já que os altos volumes se tornaram um gargalo pois ela atende um mercado muito específico e restrito. Por conta desta restrição, tenta-se ser encontrar alternativas para a glicerina proveniente do biodiesel.

O presente artigo teve como objetivo apresentar e avaliar as aplicações do glicerol e identificar seu potencial energético; avaliar as rotas anaeróbicas e térmicas – para uso energético; quebra e refino da glicerina para uso farmacêutico e alimentício. E qual glicerina mais indicada para cada setor.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Mendes et al (2012), reforça com sua colocação, que a necessidade do aumento na investigação científico/tecnológica, referindo-se à utilização da glicerina, oriunda de processos de produção de biodiesel, faz-se necessária, podendo essa se tornar uma importante matéria-prima para a indústria química, ocupando parcela considerável da nafta petroquímica na produção de plásticos e outros derivados químicos de maior valor agregado. Algumas novas rotas de purificação e tratamento, usando a glicerina, estão sendo investigadas, para que a entrada do biodiesel no mercado nacional venha a ser efetiva e os preços desse combustível se mantenham estáveis, propiciando, também, o crescimento de uma nova linha de investigação, a chamada gliceroquímica. Todavia, faz-se necessário encontrar rotas mais viáveis e que apresentem alta eficiência na remoção de impurezas:

Após a reação de transesterificação, a massa reacional final é constituída de duas fases, separáveis por decantação ou centrifugação. Essa decantação pode ocorrer em tanques horizontais, onde a separação das fases ocorre com maior facilidade. A centrifugação também é uma forma eficiente e mais rápida de separar as fases no processo de produção de biodiesel. Para a glicerina atender as exigências das indústrias, necessita-se atingir um elevado grau de pureza. O grau de pureza da glicerina bruta proveniente do biodiesel só pode ser alcançado através de

processos complexos e caros como a destilação e, especialmente, no caso da glicerina, procedente da transesterificação de óleos e gorduras residuais. O processo é tecnicamente complexo e sua viabilidade econômica precisa ser muito bem avaliada (ROBRA, 2006; MENDES et al, 2012).

## Biogás

Segundo Siqueira (2012), a glicerina possui propriedades físico-químicas que são convenientes a digestão anaeróbica, por ter uma composição rica de carbono com alta degradabilidade, que pode ser aproveitada junto de outros resíduos orgânicos. Siqueira et al (2012), menciona que a biodigestão anaeróbica de resíduos orgânicos proporciona o aproveitamento energético por meio da utilização do biogás gerado, podendo ser usado como fonte primária de energia para fonte de calor, e eletricidade em motores geradores, ou ainda ser purificado e usado em veículos automotores na forma de metano.

Côté et al (2006), apontam que a biodigestão anaeróbia pode ser definida como uma complexa interação de microrganismos que degradam os diversos componentes orgânicos presentes no resíduo até a forma final de metano e dióxido de carbono, principalmente. (SCHWINGEL et al, 2016). Nesse sentido, Robra et al (2010) afirmam que a glicerina bruta é uma fonte de carbono adequada para processos anaeróbios microbiológicos em biodigestores, sendo uma possível solução para a recuperação da glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel no Brasil, constituindo uma fonte de energia renovável e versátil (KONRAD et al, 2010).

De acordo com Nagamani e Ramasamy (1999) e Robra (2006), em um biodigestor anaeróbio a decomposição do substrato e a formação do biogás ocorrem em etapas que podem ser divididas didaticamente para maior entendimento. Na Tabela 1 é possível visualizar estas etapas de maneira resumida (BERTOZZO, 2013).

**Tabela 1. Resumo das etapas da biodigestão anaeróbia**

Etapas	Processo químico	Produtos Intermediários	Tipo de bactérias
1	Hidrólise	açúcares simples aminoácidos ácidos graxos	Bactérias anaeróbias facultativas (Bactérias hidrolíticas)
2	Acidogênese	Ácidos graxos de cadeia curta CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Álcoois	Bactérias formadoras de ácidos (Bactérias fermentativas)

3	Acetogênese	Ácido acético CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Bactérias formadoras de ácido acético (Bactérias acetogênicas)
4	Metanogênese	CH <sub>4</sub> CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> S N <sub>2</sub>	Bactérias formadoras de metano (Bactérias metanogênicas)

**Fonte:** Adaptado de Eder e Schulz (2007) apud Backes (2011); Bertozzo (2013).

Konrad et al (2012), concluiu em sua pesquisa que a adição de 6% de glicerina ao substrato bovino incrementou o potencial do biogás em 206,07%, o que evidenciou sua potencialidade como cossustrato na geração de biogás. E em relação ao potencial energético, afirmou que houve um incremento de 157,36% com relação à amostra controle. Pela Tabela 2, pode-se observar que a amostra com glicerina, houve um aumento da relação do carbono/nitrogênio de 49% e que houve um incremento de 38% DBO e uma pequena redução de sólidos totais em 12%. Acontecimentos ligados a carga orgânica da glicerina, que é consideravelmente alta.

**Tabela 2. Resultados da experimentação com e sem glicerina**

Análise base	pH	Sólidos Totais	Sólidos Voláteis	Sólidos Fixos	Relação C/N	DBO
Pré-Experimentação	7,62	5,52%	73%	26%	5,9:1	17000 mg/LO <sub>2</sub>
Pós-experimentação sem glicerina	7,4	5,55%	65,68%	43,31%	4,69:1	2000 mg/LO <sub>2</sub>
Pós-experimentação com 6% de Glicerina	5,12	4,06%	63,65%	36,34%	8,84:1	23500 mg/LO <sub>2</sub>

**Fonte:** Adaptado de Konrad (2012).

Já Pazuch et al (2017), concluiu em seu experimento que: a adição de 4% (mm<sup>-1</sup>) resultou em uma produção de biogás significativamente maior, embora a eficiência na remoção de matéria orgânica tem sido seriamente comprometida. Se o objetivo for apenas a produção biogás, sem levar em consideração a qualidade do efluente gerado, o acima a concentração é a que melhor atende a esse requerimento. Ressaltando que a adição de 6% de glicerina causa instabilidade ao processo devido ao provável acúmulo de voláteis ácidos graxos, criando um ambiente tóxico para microrganismos metanogênicos e causando uma interrupção da produção de biogás.

Schwingel et al (2017), concluíram que a adição de 5 a 6% de glicerina bruta (com 39,3% de glicerol em sua composição) melhora a produção e o potencial de produção de biogás por litros de afluente adicionados, quando submetidos entre 17 e 24 dias de retenção nos biodigestores. As reduções de ST, FDN e FDA são favorecidas com o aumento do tempo de retenção e inclusão da glicerina bruta. Para biodigestores semi contínuos, manejados sob condições semelhantes a este trabalho, com TRH (tempo de retenção hidráulica) igual ou inferior a 10 dias, a utilização da glicerina bruta não é indicada.

Bertozzo (2013), teve como objetivo avaliar a co-digestão de dejetos de bovinos leiteiros e dois tipos de glicerina: bruta e bruta loira, em biodigestores anaeróbios operados em sistema semi-contínuo, sob delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições por tratamento, sendo DBL – dejetos de bovinos leiteiros + água; DBL+GB – dejetos de bovinos leiteiros + glicerina bruta + água; DBL+GL – dejetos de bovinos leiteiros + glicerina bruta loira + água. A Tabela 3 apresenta os resultados.

**Tabela 3. Produção média de biogás (m<sup>3</sup>) com o respectivo teor de metano (CH<sub>4</sub>), obtida da biodigestão anaeróbia, em sistema semi-contínuo, de dejetos de bovinos leiteiros (DBL), de dejetos de bovinos leiteiros e glicerina bruta (DBL+GB) e de dejetos de bovinos leiteiros e glicerina bruta loira (DBL+GL)**

Tempo de experimento (dias)	Tratamentos →% de glicerina bruta adicionada	Média de Biogás (m <sup>3</sup> )	CH <sub>4</sub> (%)
30	DBL→0	0,0085 b	63,5
	DBL+GB→1,25	0,0234 a	64,8
	DBL+GL→1,25	0,0235 a	63,5
60	DBL→0	0,0127 b	63,0
	DBL+GB→2,25	0,0271 a	64,0
	DBL+GL→2,25	0,0270 a	62,6
90	DBL→0	0,0126 b	64,8
	DBL+GB→5	0,0257 a	65,9
	DBL+GL→5	0,0249 a	66,0
120	DBL→0	0,0127 b	65,5
	DBL+GB→7,5	0,0221 a	63,9
	DBL+GL→7,5	0,0220 a	64,8
150	DBL→0	0,0128 b	64,7
	DBL+GB→10	0,0210 a	64,5
	DBL+GL→10	0,0209 a	61,8

180	DBL→0	0,0125 b	64,1
	DBL+GB→15	0,0179 a	67,1
	DBL+GL→15	0,0188 a	59,6
210	DBL→0	0,0122 b	65,0
	DBL+GB→20	0,0173 a	66,6
	DBL+GL→20	0,0166 a	60,2
Total de 210 dias de experimento	DBL→0	2,5161 b	64,4
	DBL+GB→total	4,6369 a	65,3
	DBL+GL→total	4,6079 a	62,9

**Fonte:** Adaptado de Bertozzo (2013).

### Uso Energético Térmico

Segundo Viana et al (2012), o biogás produzido em um sistema anaeróbio digerindo glicerol residual pode ser utilizado, por sua vez, para geração de energia térmica ou elétrica. O desempenho energético, bem como sua eficiência, depende de algumas variáveis importantes que estão intrinsecamente ligadas ao tipo de matéria-prima que passa pela transesterificação durante o processo de produção de biodiesel. Os parâmetros de biodegradação e de potencial de produção de metano (PPM) são ótimos julgadores do processo global da transformação de glicerol em biogás, pois variam de forma considerável de acordo com os grãos ou sementes utilizadas. Para fins paramétricos, utilizando alguns tipos diferentes de oleaginosas no processo de transesterificação e um processo único de digestão anaeróbica do glicerol, observou-se que existiu uma variação entre o PPM e a biodegradação total que foram justificados por algumas variáveis presentes na composição físico-química do glicerol, tais como: pH, porcentagem de cinzas, pureza, umidade e taxa de matéria orgânica não glicérica (NASCIMENTO et al, 2016).

Leitão et al (2011), utilizou-se um reator anaeróbico de manta de lodo e fluxo ascendente tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), em escala laboratorial. Ao reator foram adicionadas uma carga orgânica volumétrica (COV) de 10 kg DQO/m<sup>3</sup>/dia, glicerol residual com 80% de pureza e outros insumos vitais para a biodegradação, resultando na produção de 61,5 L/dia de biogás com concentração média de 60% de metano. Empregando-se os parâmetros estabelecidos por Viana (2011), pode-se inferir que, nesse processo, foi possível produzir cerca de 0,300 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/kg de glicerol, resultando, teoricamente, num retorno de 200 kW térmicos por tonelada de glicerol convertido em metano (NASCIMENTO et al., 2016).

A Tabela 4 apresenta os resultados citados por Maturana (2011), para a combustão de glicerol, diesel e propano em queimadores tipo vórtice.

**Tabela 4 - Combustão de glicerol, Diesel e Propano em queimadores tipo vórtice**

		Glicerol USP		Propano		Diesel		Glicerina Bruta	Glicerina Técnica
Carga (kW)	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3	80,5	53,9
Ração de equivalência <sup>1</sup>	0,444	0,392	0,37	0,562	0,488	0,645	0,488	0,63	0,77
Ração estequiométrica <sup>1</sup>	2,25	2,55	2,71	1,78	2,05	1,55	2,05	1,58	1,3
NOx (ppm)	3	3,5	3,6	60,2	62,8	74,7	62,5	146,5	118,3
NOx a 0% de O <sub>2</sub> (ppm)	6,9	9,1	9,6	110,5	135,4	117,8	128,6	235,2	155,5
O <sub>2</sub> (% v/v)	11,8	12,9	13,3	9,6	11,3	7,7	10,8	7,9	5,1
CO <sub>2</sub> (% v/v)	7,3	6,7	6,3	6,8	5,9	7	6,2	12,5	15,4
CO (% v/v) <sup>2</sup>	0	0,01	0	0,01	0	0	0	-	-
HCT (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	4,7	7,1
MP (g/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	2,20	3,38
Temperatura saída (° C)	958	901	877	1001	974	986	946	1041	1075
Temperatura chama (° C) <sup>3</sup>	1201	1103	1060	1359	1213	1628	1343	1782	1716

**Fonte:** Maturana (2011).

A conversão do glicerol em biogás acarreta perdas energéticas consideráveis, tanto para a geração de energia térmica quanto elétrica, quando comparada à queima direta do glicerol (MATURANA, 2011). É necessário considerar os aspectos ambientais de ambos os processos. Normalmente, a biodigestão do glicerol ocorre associada a algum outro material orgânico residual como forma de incrementar o processo anaeróbico de biodigestão. Assim, a biodigestão do glicerol residual pode servir para o tratamento complementar de outros tipos de resíduos orgânicos, tais como esgoto, dejetos agrícolas e domésticos ou ainda lodo industrial. O glicerol pode compor proporções 1:1 nos biodigestores, ou ainda ser empregado como um adjuvante indispensável para a geração de metano a partir de outros resíduos orgânicos em maior quantidade (NASCIMENTO et al, 2016).

### Setor Farmacêutico

De acordo com Vieira (2008), a glicerina proveniente do Biodiesel, tem pequenas quantidades de impurezas e para a purificação, acaba sendo um processo caro, para que possa ser utilizada nos setores de cosméticos e de limpeza, que são os setores que mobilizam o mercado global da glicerina. As propriedades umectantes e lubrificantes, além de ser solvente, por haver mais substâncias que a própria água, tornam a glicerina um produto apreciado.

D'Arce (2008), prevê um incremento no uso da glicerina pela indústria de alimentos, acompanhando tendências de aplicação de novos ingredientes e novos métodos de conservação. Por se tratar de uma substância glucogênica, pode ser utilizada em formulações para alimentação

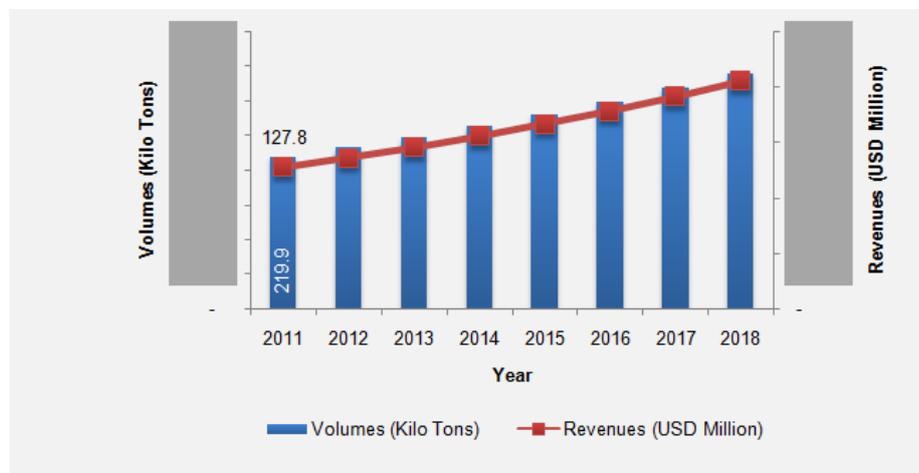
animal. Em vacas leiteiras de alta produção, é associada à prevenção da cetose. Estudos avaliam a adição de diferentes níveis de glicerina à ração, atingindo até 20% de concentração. De maneira geral, para ruminantes, conclui-se que a glicerina pode substituir parte dos carboidratos da dieta sem afetar a saúde e o desempenho dos animais.

Canesin et al (2014), concluiu que o processo de pré-purificação foi eficaz para remoção de ácidos graxos livres, sais e impurezas que conferem cor e odor à glicerina bruta, no caso da cor conseguiu-se redução de até 86,34 % (amostra proveniente do óleo de soja novo). Os processos de troca iônica foram eficientes na remoção de sais e de pigmentos que não foram removidos na pré-purificação. Além da excelente redução de cor das amostras e um grande aumento na quantidade de glicerol, comparando-se as amostras de glicerina bruta com as amostras de glicerina purificadas com as resinas de troca iônica.

Sena (2008), concluiu que os valores da concentração de glicerol que foram observados nos testes que os espectros UV das amostras com diferentes quantidades de carvão ativado demonstraram que ele é adsorvente de escolha em relação a argila esmectítica. O teor final obtido foi de 97,88% em massa de glicerol, com rendimento em relação à massa de óleo utilizada de 2,87%. O teor obtido do glicerol, e o baixo teor de sódio na forma de sais de 0,011%, possibilita sua classificação como glicerina grau técnico segundo a classificação de mercado. Sena 2008, sugere experimentos em coluna de adsorção para que se possa realizar uma comparação de suas capacidades de adsorção e a relação de custo-desempenho.

De acordo com o relatório do Transparency Market Research (2018), o maior consumidor no mercado global de glicerol por região é a Ásia-Pacífico. A região consumiu quase 36% do glicerol em volume em 2011. O principal fator que fez com que a região dominasse o mercado global são os estilos de vida dos indivíduos em rápida mudança, complementados pela melhoria das economias e pelo aumento da renda disponível por indivíduo. Explica o escopo do mercado global de glicerol em termos de seus segmentos de aplicação, que incluem instalações de armazenamento de alimentos e bebidas, saúde, higiene pessoal e produtos farmacêuticos. Em 2011, 37,0% do consumo total de glicerol foi feito em conjunto pelos segmentos de higiene pessoal e farmacêutico. O relatório também afirma que o glicerol tem sido cada vez mais usado como uma plataforma para intermediários químicos renováveis. Assim como demonstrado na Figura 1.

**Figura 1- Demanda global por glicerol da indústria de poliéster**



Fonte: <https://www.transparencymarketresearch.com>

### Setor Alimentício

Huepa (2013), mostra que é necessária uma atenção aos fatores de qualidade relacionados com a produção da glicerina, pois os resíduos, provenientes dos reagentes utilizados durante a produção do biodiesel (sódio, potássio, metanol, umidade) podem acabar intoxicando os animais; porém que não foram observados sintomas de intoxicação (cegueira, vômito, depressão do sistema nervoso e alteração motora) nos animais que consumiram glicerina. Silva et al. (2012) demonstraram que só 4 de 16 usinas produtoras de biodiesel cumprem com os valores médios permitidos pelo MAPA, 13 indicando uma grande variação na composição das gliceras disponibilizadas pelas indústrias, tornando-se recomendável analisá-las quanto aos teores de umidade e glicerol se estas forem destinadas para o uso na alimentação animal.

Diferentes pesquisas realizadas anteriormente (KERR et al (2009); LAMMERS et al (2008b); SCHIECK et al (2010<sup>a</sup>); SHIELDS et al (2011); BERENCHTEIN et al (2010); GALLEGO, (2012)) também não relataram lesões relacionadas à toxicidade do metanol nos diferentes órgãos dos suínos (olhos, rins, fígado). Embora existam, na atualidade, diferentes pesquisas com o uso da glicerina na alimentação animal, há pouca literatura com informações sobre o uso da glicerina semipurificada neutralizada na alimentação de leitões, especificamente (HUEPA, 2013). A Glicerina para produção de alimento animal deve ser totalmente isenta de metanol. Assim como descreve a Tabela 5, mostrando o padrão de qualidade exigido no Brasil.

**Tabela 5. Padrão de qualidade da glicerina exigido no Brasil**

Composto	Limite	Valor (base MN*)
Glicerol	Valor mínimo	800 g/kg
Umidade	Valor máximo	130 g/kg
Metanol	Valor máximo	150 g/kg
Sódio	Valor máximo garantido pelo fabricante e pode variar em função do processo produtivo	
Material Mineral	Valor máximo garantido pelo fabricante e pode variar em função do processo produtivo	

**Fonte:** Adaptado de Oliveira et al (2010); Dalmaso et al (2014).

O uso da glicerina na alimentação animal é uma saída, pois ela possui características interessantes como a alta energia disponível e o sabor adocicado, para o aumento da produção da mesma através do biodiesel, porém necessita-se de mais estudos quanto à toxicidade do metanol e teor de inclusão na dieta (DALMASO et al, 2014).

Lima et al 2014, concluíram em sua pesquisa com cães que a inclusão de glicerina aumenta a utilização da energia da dieta, demonstrando ser altamente metabolizável por cães (4190,8 kcal kg<sup>-1</sup>). Entretanto, a inclusão de mais de 3% resulta em fezes menos consistentes.

O milho é o principal ingrediente energético da dieta de não ruminantes, compreendendo 60% a 70% da dieta. Porém, apresenta grande variação de preço devido para o período de entressafra, seca, etanol produção e seu uso na alimentação humana, que termina sobrecarregando a produção de gado (MIN et al, 2010; FERREIRA et al, 2014; ZAVARIZE et al, 2014; BROCK et al, 2020). A glicerina bruta (CG), subproduto da produção de biodiesel, é um desses possíveis substitutos aqueles comumente usados nas dietas, reduzindo assim os custos de produção e aumentando o fornecimento desses cereais para outros setores da indústria (BROCH et al, 2020).

Os valores de energia metabolizável dos ingredientes podem ser calculados por vários métodos, com as equações propostas por Matterson et al. (1965) sendo o mais utilizado. No entanto, os valores energéticos dos ingredientes podem ser influenciados por vários fatores, como níveis de inclusão, idade, o sexo dos pássaros, e a metodologia usada em ensaios de metabolismo (BERTELT e SCHNEIDER, 2002; KUNRATH et al, 2010; BROCH et al, 2020).

## METODOLOGIA

Para a glicerina atender as exigências das indústrias, necessita-se atingir um elevado grau de pureza. O grau de pureza da glicerina bruta proveniente do biodiesel só pode ser alcançado através de processos complexos e caros como a destilação e, especialmente, no caso da glicerina,

procedente da transesterificação de óleos e gorduras residuais. O processo é tecnicamente complexo e sua viabilidade econômica precisa ser muito bem avaliada (ROBRA, 2006). A glicerina loira é destilada sob condição de alto vácuo (600-1330 Pa absoluto), numa temperatura superior a 190° C e inferior a 200° C, pela injeção de vapor vivo, pois, acima dessa temperatura, o glicerol pode polimerizar-se e até decompor-se. A separação do glicerol da água é feita através da condensação com temperatura controlada, possibilitando a separação destes dois componentes miscíveis (MENDES et al., 2012).

Além de alguns sais, o resíduo de metanol na glicerina bruta se constitui em um ponto importante quando se avalia o valor desse produto para a alimentação animal. O potencial efeito prejudicial do metanol incorporado às rações pode ser desprezado quando a ração for peletizada, uma vez que a temperatura atingida na peletização é mais alta que a temperatura de vaporização do metanol. Uma avaliação recente da toxicidade do metanol contido na glicerina bruta indicou que as quantidades consumidas, levando em conta a concentração na glicerina e a inclusão desta nas rações, parecem não afetar os animais, a glicerina tem seu uso seguro e reconhecido na alimentação animal, no entanto, o teor de metanol presente na glicerina deverá ser levado em consideração, não devendo ultrapassar 150 mg/kg (Code of Federal Regulations) (DALMASO et al, 2014).

Trabalhando com diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada mista e bruta mista em codornas de corte, Pasquetti (2011) observou aumento linear na umidade da cama. Segundo Min et al. (2010), altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação das aves ocasiona uma capacidade limitada de metabolização do glicerol, já que, o glicerol ingerido não é totalmente metabolizado, devido à saturação da enzima glicerol quinase que transforma o glicerol em glicerol-3-fosfato (HUEPA et al, 2013).

Analisando-se a bibliografia pesquisada foi possível encontrar as principais destinações comerciais ao subproduto da produção de biodiesel – glicerina; que de resíduo, passou à subproduto importante e rentável.

## **RESULTADOS e DISCUSSÃO**

O grande volume de glicerina oriunda da produção de biodiesel, tanto no Brasil, como no mundo, será uma fonte abundante e barata de uma matéria-prima renovável nos próximos anos. Portanto, é necessário utilizar princípios criativos, e principalmente discernimento para realizar estudos e aplicações economicamente viáveis e que possam beneficiar toda a sociedade (MOTA

et al, 2009). A Tabela 6 demonstra apresenta a evolução da produção de biodiesel e, conseqüentemente, a de glicerina até 2010.

**Tabela 6 - Evolução do Biodiesel da produção de Glicerina**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Biodiesel Produzido (m <sup>3</sup> )	736	69.002	404.329	1.167.128	1.607.838	320.238
Glicerina Gerada (t)	74	6.900	40.433	116.713	160.784	32.024

**Fonte:** Adaptado de Pinheiro et al (2013).

Souza (2020), em seu trabalho fez três experimentos em batelada em escala laboratorial: os ensaios preliminares, para investigar as proporções dos três substratos que alcancem os melhores rendimentos de biogás; os ensaios de concentração ótima de glicerina, para identificar as concentrações ótimas do substrato para obter os melhores rendimentos de biogás; e o Potencial Bioquímico de Hidrogênio (PBH) e Metano (PBM), para comparar a mono-digestão anaeróbia (mono-DA) e a co-DA (Co-digestão Anaeróbia) em termos produção absoluta, rendimento e velocidade de produção de biogás, H<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. Com base nos resultados do PBH e PBM, foi feito um estudo energético e econômico para avaliar a possibilidade de produção e aplicação do biogás em um cenário real em uma usina de etanol. Os ensaios preliminares indicaram que elevadas concentrações de substrato (acima de 10 g SV L<sup>-1</sup>) apresentam efeito inibitório para produção de biogás, e que o balanceamento de proporções de vinhaça e TF são benéficas para o processo. Os ensaios de concentração ótima de glicerina mostraram que concentrações acima de 30 g L<sup>-1</sup> não resultam em aumento da produção de CH<sub>4</sub>. O PBH e o PBM mostraram que a co-DA traz melhorias em diversos parâmetros operacionais, como rendimento e velocidade de produção de biogás, e apontou vantagens do uso da glicerina para produção de H<sub>2</sub>.

A co-DA (Co-digestão Anaeróbia) de vinhaça e glicerina resultou em 257,15 mL CH<sub>4</sub> g SV<sup>-1</sup> e 64,31 mL H<sub>2</sub> g SV<sup>-1</sup>. A avaliação energética indicou que, dentro do cenário proposto, é possível alcançar produção de 20 mil Nm<sup>3</sup> de biogás por dia e substituir 30% do diesel utilizado por máquinas agrícolas, considerando uma usina com capacidade de processamento de 3 Mt de cana ano-1 (2,27 Nm<sup>3</sup> t cana<sup>-1</sup>). A avaliação econômica mostrou que é possível, a partir de investimento inicial de R\$ 17,5 milhões, obter receita anual de R\$ 9 milhões com biogás, com tempo de payback de 4,5 anos (SOUZA, 2020).

Estudos realizados por Neto (2011) e Lima et al (2010) com glicerina semipurificada na alimentação de cães concluíram que a inclusão de até 9% melhora a palatabilidade do alimento e

promove o aumento da digestibilidade energética. No entanto, níveis mais elevados podem ocasionar produção de fezes inconsistentes pelos animais (HUEPA et al, 2013).

Fernandes (2012), teve como resultados significantes conversões para a produção de hidrogênio e gás de síntese. A potência do laser de CO<sub>2</sub> foi a variável operacional mais importante. Uma conversão na faixa de 54 a 66 % foi obtida quando uma potência de 60 W foi aplicada.

Uma grande preocupação do segmento de biodiesel é encontrar soluções que melhor aproveitem a glicerina de biodiesel (CÉSAR e BATALHA, 2007). Alguns estudos para o aproveitamento da glicerina são apresentados no Quadro 1. No entanto, vale destacar que a maioria destes estudos está sendo realizado em laboratório e com o composto bruto (não com o composto em processo de fabricação de biodiesel). A glicerina sofre variações de propriedade física e química conforme processada e alguns desses resultados obtidos podem ser mais distantes das necessidades reais (MORITA, 2011).

#### Quadro 1 - Pesquisa sobre utilizações da Glicerina

Local	Pesquisas
EUA	Uso da glicerina bruta como suprimento na ração de galinhas, galetos e porcos.
Alemanha	Processo de obtenção de acroleína. Serve como gás teste para máscaras de gás. Em altas concentrações tem uso militar
EUA	Preparo de 1,3propanodiol a partir da glicerina por via microbiológica
Portugal	Produção de aditivos químicos para gasolina, transformando glicerina em éter.
Curitiba	Produção de aditivos plásticos a partir da glicerina pura.
Bahia	Biogás a partir da glicerina bruta na presença de microrganismos em ambiente anaeróbico.
Rio de Janeiro	Produção de aditivos para gasolina a partir da transformação da glicerina em etanol
	Transformação da glicerina em propeno para uso em plásticos, substituindo aditivos de petróleo.

**Fonte:** Adaptado de Morita (2011).

Pinheiro et al (2010), fizeram um levantamento tecnológico sobre o estado da arte da glicerina, neste trabalho, recolheram diversos dados de artigos e fontes relacionadas ao Biodiesel e fizeram uma tabela de distribuição de aplicações da glicerina entre os artigos e patentes pesquisados por eles. Na Tabela 7, pode-se observar as principais aplicações.

**Tabela 7- Aplicações da glicerina de artigo e patentes**

Aplicações	Total	%
Desenvolvimento de outros compostos químicos a partir da glicerina	36	25%
Produção de aditivos para gasolina e novos combustíveis	23	16%
Purificação de glicerina	18	13%
Controle de poeira e anticongelante	12	8%
Produção de Biogás	10	7%
Utilização como plastificante	9	6%
Extração de petróleo	6	4%
Uso da glicerina bruta como suprimento na ração de animais	6	4%
Combustão da glicerina como fonte energética em plantas de biodiesel	5	4%
Utilização da glicerina para produção de compostos polímeros	5	4%
Outros	3	2%
Utilização da glicerina na compostagem	3	2%
Comparação entre o glicerol puro e derivado de biodiesel	2	1%
Pelotização de minérios de ferro	2	1%
Identificação tecnológica para glicerina	1	1%
Produção de antioxidantes	1	1%
<b>Total</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>

Fonte: Adaptado de Pinheiro et al (2010).

O Quadro 2 apresenta um resumo das principais aplicações da glicerina.

**Quadro 2. Resultados das aplicações da glicerina**

Análise base	Resultados a partir da Glicerina
Biogás	Adição de 5 a 6% de glicerina ao substrato bovino incrementou o potencial do biogás em 206,07%, mais que isso, inviabiliza seu uso. (Konrad et al,2012).
Indústria Alimentícia	Pesquisa com cães que a inclusão de glicerina aumenta a utilização da energia da dieta, demonstrando ser altamente metabolizável por cães (4190,8 kcal kg <sup>-1</sup> ). E fez 3% menos resistentes (Lima et Al, 2014).

Indústria Farmacêutica	Valores da concentração de glicerol que foram observados nos testes preliminares bem como os espectros UV das amostras analisadas com diferentes quantidades de carvão ativado demonstraram que ele é adsorvente de escolha em relação a argila esmectítica. O teor final obtido foi de 97,88% em massa de glicerol, com rendimento em relação à massa de óleo utilizada de 2,87%. Esse teor obtido do glicerol, bem como baixo teor de sódio na forma de sais de 0,011% e possibilita sua classificação como glicerina grau técnico segundo a classificação de mercado (GERPEN, 2004; SENA, 2008).
Uso da glicerina bruta como suprimento na ração de galinhas, galetos e porcos.	Não foram observados sintomas de intoxicação (cegueira, vômito, depressão do sistema nervoso e alteração motora) nos animais que consumiram glicerina. Diferentes pesquisas realizadas anteriormente (KERR et al, 2009; LAMMERS et al, 2008b; SCHIECK et al, 2010a; SHIELDS et al, 2011; BERENCHTEIN et al, 2010; GALLEGO, 2012) também não relataram lesões relacionadas à toxicidade do metanol nos diferentes órgãos dos suínos (olhos, rins, fígado) (HUEPA, 2013).
Preparo de 1,3 propanodiol a partir da glicerina por via microbiológica	Esses resultados demonstram que as produtividades alcançadas pela espécie <i>Citrobacter freundii</i> são inferiores às das demais espécies capazes de produzir 1,3-PDO a partir de glicerol. Isso se deve principalmente à sua lenta metabolização de glicerol. Sendo assim, apesar da conversão de glicerol em 1,3-PDO ser elevada, essa conversão é lenta necessitando de um longo período para acontecer, o que acaba por reduzir muito a produtividade (FERREIRA, 2014). Os benefícios da conversão do glicerol são vários, como a diminuição do impacto ambiental, pois o glicerol não pode simplesmente ser descartado no meio ambiente; a possibilidade de melhorar os combustíveis fósseis, pois, os éteres de glicerol são bons aditivos para estes combustíveis, pelo fato de melhorarem as suas propriedades; os éteres de glicerol também podem ser usados para melhorar as propriedades do próprio biodiesel deixando-o um combustível cada vez mais limpo (SOUZA, 2015).
Produção de aditivos químicos para gasolina, transformando glicerina em éter.	O ácido fórmico tem aplicação na indústria do couro e têxtil, como agente de tingimento, na indústria de pesticidas na produção do triadimefon, na indústria química como formamida ou dimetilformamida, antioxidante, na indústria médica na produção de aminoácidos t, cafeína, vitamina B1 e ainda na indústria da borracha com a coagulação do látex (TCHE QUIMICA, 2006; PEITER et al, 2016).
Produção de aditivos plásticos a partir da glicerina pura.	
Biogás a partir da glicerina bruta na presença de microrganismos em ambiente anaeróbico.	A Adição de 4% (m/m) resultou numa produção de biogás significativamente maior, embora a eficiência na remoção de matéria orgânica tenha sido seriamente comprometida. Se o objetivo for somente a produção de biogás, sem dar a importância à qualidade do efluente gerado, essa concentração que é a que melhor atende esse requisito. Deve-se observar, entretanto, que a adição de 6% de glicerina, causou instabilidade no processo, decorrente do provável acúmulo de ácidos graxos voláteis, criando algum ambiente tóxico para as metanogênicas. (SIQUEIRA, 2012)
Produção de aditivos para gasolina a partir da transformação da glicerina em etanol	A eterificação do glicerol produz compostos de menor polaridade e viscosidade, conseqüentemente de maior volatilidade e afinidade com hidrocarbonetos. Isto faz com que os éteres do glicerol tenham inúmeras aplicações, sobretudo como aditivos para combustíveis e solventes. A reação de metilação do glicerol com cloreto e sulfato de metila, foi otimizada para o preparo do 1,2,3-trimetoxi-propano. O procedimento geral consistiu em reagir o glicerol com solução alcalina para remover os prótons ácidos ligados à hidroxila e, na seqüência, foi adicionado cloreto e/ou sulfato de metila, usando-se quantidades

	<p>molares para trimetilação. O uso da glicerina bruta, vinda da produção de biodiesel e sem qualquer tratamento prévio, levou a bons resultados, levando a formação de 1,2,3- trimetoxi-propano em cerca de 20 minutos de reação (MOTA,2017).</p>
Transformação da glicerina em propeno para uso em plásticos, substituindo aditivos de petróleo.	<p>A glicerina pode ser transformada em propeno, através de uma reação de hidrogenólise sobre catalisadores específicos. A produção de propeno inicia-se com a glicerina purificada (glicerina bidestilada) por um processo de adição de hidrogênio. A conversão é completa e o propeno é formado com seletividade de cerca de 90% (OLIVEIRA, 2008; PEITER et al, 2016).</p>
Poli glicerina	<p>Do ponto de vista de utilização efetiva para síntese de materiais poliméricos de interesse industrial, geralmente os éteres de glicerol são modificados através de reações de esterificação com ácidos carboxílicos, originando ésteres de oligogliceróis. Tais ésteres são largamente empregados na síntese de poliésteres de glicerol, materiais poliméricos atrativos por apresentarem como principais características, boa biodegradabilidade, elevada estabilidade térmica e excelente transparência. (UMPIERRE et. al, 2013).</p>
Resinas Alquílicas	<p>Resinas alquílicas podem ser obtidas de reações de policondensação entre polialcoóis e ácidos polibásicos ou ácidos graxos insaturados. Esta classe de resinas poliméricas é largamente empregada como tintas e revestimentos. Não é incomum também a preparação de resinas alquílicas via reações oxidativas, provenientes da substituição parcial de ácidos polibásicos por ácidos graxos como, por exemplo, o ácido linolênico (UMPIERRE et. al, 2013).</p>

---

**Fonte:** Autores.

Observando as Tabelas 7 e 8, é possível identificar que existem várias aplicações da glicerina sendo estudadas e que pouco se utiliza a glicerina em sua forma bruta nestes processos, pois ela precisa de purificação. Nota-se também que para a produção de biogás, em algumas pesquisas já se mantem o valor fixo de 6% de glicerina. Pode-se ver que os maiores índices de aplicações são para: desenvolvimento de outros compostos químicos a partir da glicerina; para a produção de aditivos para gasolina e novos combustíveis, e para a purificação de glicerina.

E existe um potencial para produção de energia renovável, mas ainda é uma aplicação pouco explorada devido a rentabilidade de aplicações mais exploradas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A glicerina nos setores de biogás e fármaco, já estão sendo estudadas novas viabilizações, ainda, pouco se tem pesquisas no setor alimentício animal. Pode-se ver também que a purificação da glicerina bruta no setor farmacêutico se torna inviável, por ser um processo caro e ainda não atingir o grau de pureza exigida pelo setor.

Há muita pesquisa sendo feita com a glicerina, o que ampliará as possibilidades de uso. O setor fármaco é o que tem dado a melhor remuneração, por tanto, ainda tem preferência na destinação da glicerina.

O potencial energético encontrado neste trabalho foi positivo, viabilizando o uso da glicerina o uso da glicerina no Biogás, na indústria farmacêutica e com grande potencial na alimentação de animais, potencial para a produção de energia renovável. E benefício para a conservação de peças anatômicas no setor médico.

## REFERÊNCIAS

BEATRIZ, A. ARAÚJO, Y. J. K; LIMA, D. P. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estéreo seletivas. *Química Nova*, v. 34, n. 2, p. 306-319; 2010. Disponível em: [http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol34No2\\_306\\_24-RV10298.pdf](http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol34No2_306_24-RV10298.pdf). Acesso em: 16 nov. 2021.

BERTOZZO, Fernanda. *CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE BOVINOS E DOIS TIPOS DE GLICERINA BRUTA*. 2013. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101810/000751281.pdf;jsessionid=9C39615AAAD5844A068A95B50363599B?sequence=1>. Acesso em: 16 nov. 2021.

LOPES, A. P.; CANESIN, E. A.; SUZUKI, R. M; TONIN, L. T. D; PALIOTO, G. F; SEIXAS, F. L. Purificação de Glicerina Residual Obtida na Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Residuais. *Revista Virtual Química*, Maringá, ano 6, v. 6, n. 6, p. 1564-1582, 3 out. 2014. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v6n6a04.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2021.

CARVALHO Y. K., Zavarize K. C., Medeiros L. S. & Bombonato P. P. 2013. Avaliação do uso da glicerina proveniente da produção de biodiesel na conservação de peças anatômicas. *Pesq. Vet. Bras.* 33(1):115-118. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pvb/a/bs3PGJtvGrGhvW9TpjShd3N/?lang=pt&format=pdf> 06 dez. 2021.

DALMASO, Ana Carolina; FERREIRA, Veronica Bandeira; MOUSQUER, Claudio Jonasson; CASTRO, Wanderson José Rodrigues de; FILHO, Amorésio Souza Silva; SIMIONI, Tiago Adriano; HOFFMAN, Alvair; FERNANDES; Geferson Antonio. Glicerina Bruta de Biodiesel na alimentação de ruminantes. *PUBVET*, Cuiabá, ano 261, v. 8, n. 12, p. 1733, 1 jun. 2014.

EMBRAPA Agroenergia estuda transformação de glicerina em químicos. Embrapa: Biodieselbr, 20 maio 2013. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/glicerina/embrapa-agroenergia-transformacao-glicerina-quimicos-200513>. Acesso em 14 set. 2021.

FERREIRA, Tatiana Felix. *PRODUÇÃO DE 1,3-PROPANODIOL A PARTIR DE GLICERINA POR VIA BIOTECNOLÓGICA*. 2014. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://tpqb.eq.ufrj.br/download/biossintese-de-1-3-propanodiol-a-partir-de-glicerina-por-via-biotecnologica.pdf> Acesso em 12 nov. 2021.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 42-64

*Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético*

SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos; MAZZONETTO, Alexandre Witier

GERPEN, Jon Van. Business Management for Biodiesel Producers. Separata de: CIENCIA Rural. -. ed. rev. Iowa State University: *National Renewable Energy Laboratory*, 2005. v. 4-, cap. 2, p. 29-97. Disponível em: <https://afdc.energy.gov/files/pdfs/36242.pdf> Acesso em 02 nov. 2021.

GLICERINA- sub-produto do Biodiesel. Embrapa: Biodieselbr, 29 jan. 2006. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/glicerina/biodiesel-glicerina> Acesso em 14 set. 2021.

GLICERINA- Tudo sobre Glicerina.Gotaquimica, dez. 2021. Disponível em: <https://gotaquimica.com.br/noticias/tudo-sobre-glicerina/> Acesso em 06 dez. 2021.

HAMMER N.; LÖFFLER S.; FEJA C.; SANDROCK M.; SCHMIDT W.; BECHMANN I. & STEINKE H. 2012. Ethanol-glycerin fixation with thymol conservation: A potential alternative to formaldehyde and phenol embalming. *Anat.Sci. Educ.* 5:225-233.

HUEPA, Laura Marcela Diaz et al. *GLICERINA SEMIPURIFICADA NEUTRALIZADA NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE PRÉ-INICIAL (6 a 15 Kg)*. 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

KARAM, Rafael Garcia; CURY, Fabio Sergio; AMBRÓSIO, Carlos Eduardo; MANÇANARES, Celina Almeida Furlanetto. Uso da glicerina para a substituição do formaldeído na conservação de peças anatômicas. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 36, n. 7, p. 671-675, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2016000700019>. DOI: 10.1590/S0100-736X2016000700019. Acesso em: 16 nov. 2021.

KONRAD, Odorico; HEBERLE, Alan Nelson Arenhart; CASARIL; KAUFFMANN, Gustavo Vinicius; LUMI, Marluce; DALL' OGLIO, Michel; SCHMITZ, Michele. Avaliação da produção de biogás e geração de metano a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes e glicerina residual. *Revista Destaques Acadêmicos*, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 49-55, jul. 2010. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/89/0>. Acesso em 29 set. 2021.

KONRAD, Odorico; MACHADO, Cesar Augusto; BRIETZKE; Débora Tairini; SECCHI, Fabio Junior; NICHEL, Luana; MARDER, Munique. Avaliação da utilização de dejetos bovinos com e sem uso de glicerina em biodigestores operados em batelada. *Revista Destaques Acadêmicos*, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 59-65, jul. 2012. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/244> Acesso em: 16 nov. 2021.

LIMA, Daniele Cristina de; NETTO, Marina Vonlanski; FELIX, Ananda Portella; BORTOLO, Marcelino; OLIVEIRA, Simone Gisele de; MAIORKA, Alex. Digestibilidade e energia metabolizável da glicerina em cães. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1452-1456, 1 jun. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/GQPGNNvTc9jByrC5XNXHRtS/?lang=pt> Acesso em 29 set. 2021.

LINS, L. P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M. COMPOSIÇÃO MÉDIA DO BIOGÁS DE DIFERENTES TIPOS DE BIOMASSA. *IV Simpósio Internacional Sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais*, [s. l], v. 1, n. 1, p. 1-4, maio 2015. Disponível em: [http://www.sbera.org.br/4sigera/files/4.28\\_JessicaYukiLimaMito.pdf](http://www.sbera.org.br/4sigera/files/4.28_JessicaYukiLimaMito.pdf) Acesso em 29 set. 2021.

MATURANA, Aymer Yeferson. *Estudo da Combustão direta de Glicerina bruta e loira como alternativa de aproveitamento energético sustentável*. 2011. 270 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em:

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 42-64

*Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético*

SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos; MAZZONETTO, Alexandre Witier

<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-21122011-191948/fr.php> Acesso em 21 dez. 2021.

MENDES, Danylo Bezerra; SERRA, Juan Carlos Valdes. Glicerina: uma abordagem sobre a produção e o tratamento. *Revista Liberato*, Palmas, v. 13, n. 20, p. 01-134, dez. 2012. Disponível em: <http://www.revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/186> Acesso em 29 set. 2021.

MENTEN, J. F. M.; MIYADA, V. S.; BERENCHTEIN, B. Glicerol na alimentação animal. In: Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos, 2008, Campinas, SP. *Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos*. Campinas, SP: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2008. p. 101-114. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/downloads/glicerol\\_2009-03-13.pdf](https://www.agrolink.com.br/downloads/glicerol_2009-03-13.pdf) Acesso em 16 out. 2021.

MOTA, C. J. A; SILVA, C. X. A; GONÇALVES, V. L. C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 639-648, mar./2009. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300008&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300008&script=sci_arttext) . Acesso em: 17 set. 2021.

MOTA, C. J. A; PINTO, P. B. Transformações Catalíticas do Glicerol para Inovação na Indústria Química. *Revista Virtual Química*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 135-149, 6 dez. 2016. Disponível em: <http://rvq.s bq.org.br>. Acesso em: 16 nov. 2021.

MUÑETÓN GÓMEZ, C. A. & ORTIZ, J. A. 2013. Preparación en glicerina: una técnica para la conservación prolongada de cuerpos en anatomía veterinaria. *Rev. Med. Vet.* 26:115-122.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/291100585\\_Preparacion\\_en\\_glicerina\\_una\\_tecnica\\_para\\_la\\_conservacion\\_prolongada\\_de\\_cuerpos\\_en\\_anatomia\\_veterinaria](https://www.researchgate.net/publication/291100585_Preparacion_en_glicerina_una_tecnica_para_la_conservacion_prolongada_de_cuerpos_en_anatomia_veterinaria) Acesso em: 16 nov. 2021.

NASCIMENTO, F. A; VICENTE, P. N. A; NINK, R. A. *GLICEROL RESIDUAL DA USINA PILOTO DE BODIESEL DO IFBA – CAMPUS PAULO AFONSO: ANÁLISE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO MEDIANTE CONVERSÃO EM BIOGÁS E ETANOL*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, [s. l], v. 1, n. 1, p. 1-14, out. 2015. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=pt-BR&user=jRYYfBMAAAAJ&citation\\_for\\_view=jRYYfBMAAAAJ:d1gkVwhDpl0C](https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=jRYYfBMAAAAJ&citation_for_view=jRYYfBMAAAAJ:d1gkVwhDpl0C) Acesso em: 16 nov. 2021.

PEITER, Gabrielle Caroline, ALVES, Helton José; SEQUINEL, Rodrigo; BAUTITZ, Ivone Rossi. ALTERNATIVAS PARA O USO DO GLICEROL PRODUZIDO A PARTIR DO BODIESEL. *Revista Brasileira de Energia Renováveis*, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 519-537, nov. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/46501> Acesso em 16 out. 2021.

PINHEIRO, Rafael Sanaiotte; CÉSAR, Aldara da Silva; BATALHA, Mário Otávio, LEVANTAMENTO TECNOLÓGICO SOBRE O ESTADO DA ARTE DA GLICERINA: UM CO-PRODUTO DO BODIESEL. *Enegep*, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 1-14, out. 2010. Disponível em: <https://docplayer.com.br/41866981-Levantamento-tecnologico-sobre-o-estado-da-arte-da-glicerina-um-co-produto-do-biodiesel.html> Acesso em 16 out. 2021.

POSADA-DUQUE, John Alexander; CARDONA-ALZATE, Carlos Ariel Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiesel. Universidad de

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 42-64

*Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético*

SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos; MAZZONETTO, Alexandre Witier

Bogotá, Bogotá, v. 1, n. 14, p. 9-27, jun. 2010. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47715438001> Acesso em 16 out. 2021.

RAMOS, L. P. Silva, F. R.; Mangrich, A. S.; Cordeiro, C. S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. *Revista Virtual de Química*, Curitiba, v. 3, n. 5, p. 385-405, out./2011. Disponível em:

<https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1285870/52/Tecnologiasdeproducaodebiodiesel.pdf>. Acesso em: 16 set. 2021.

SANTOS, Kenia Gabriela dos; ROSSI, Eduardo de; KUGELMEIER, Cristie Luis;

CREMONEZ, Paulo André; TIETZ, Caroline Monique. Glicerina: Utilidades e destinações. *Acta Iguazu*, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 109-119, maio 2013. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/314104677\\_Glicerina\\_Utilidades\\_e\\_destinacoes](https://www.researchgate.net/publication/314104677_Glicerina_Utilidades_e_destinacoes)  
Acesso em 24 out. 2021.

SANTOS FILHO, D. A.; OLIVERIRA, L. R. G.; SHIRMER, W. N.; SOBRINHO, M. A. M.; JUCÁ, J. F. T.; VASCONSELOS, T. L. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E GLICERINA RESIDUAL. *UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ BIOFIX Scientific Journal* [s. l], v. 3, n. 2, p. 260-266, jun. 2018. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/59938> Acesso em 11 out. 2021.

SENA, Rosemary Dantas de. *Purificação adsortiva da glicerina proveniente da produção de Biodiesel*. Orientador: Cesar Augusto Moraes de Abreu. 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

SIQUEIRA, Jessé. *Co-Digestão de Glicerina Bruta Associada a esterco bovino na produção de Biogás*. 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioenergia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2012.

SOUZA, Lucas Monteiro Galotti de. *APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE SUBPRODUTOS DAS INDÚSTRIAS DE ETANOL E BIODIESEL PARA A PRODUÇÃO DE METANO E HIDROGÊNIO EM SISTEMA DE DUAS ETAPAS*. 2020. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento de Sistemas Energéticos., Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

SOUZA, Marcel Galdino de. *Levantamento teórico sobre a esterificação do glicerol*. 2015. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Química do Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

VIEIRA, T. M. F. S. & D'ARCE, M. A. B. R. Novos usos agregam valor à glicerina residual do biodiesel. *Visão Agrícola*, Piracicaba, v. 1, n. 8, p. 63-65, jun. 2008. Disponível em:

<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA08-qualidade03.pdf> Acesso em 11 set. 2021.

1 SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos. Possui graduação em Tecnologia em Biocombustíveis pela FATEC Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza” – CEETEPS.

2 MAZZONETTO, Alexandre Witier. Possui Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas - FEAGRI/UNICAMP. Mestrado em Engenharia Agrônoma - Máquinas Agrícolas/Biomassa - Colheita Integral de Cana Crua, pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP. Doutorando pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas - Departamento de Energia - FEM/UNICAMP (Caracterização e potencial energético de biomassas residuais da região de Piracicaba - SP). Na Graduação envolveu-se em Pesquisa/Desenvolvimento de processos térmicos, desenvolvendo um secador rotativo de sementes e outro de leito fluidizado. Desde o Mestrado vem trabalhando com fontes renováveis de energia e biomassas residuais (tratamento e geração de energia); levando-o a cursar Química na Universidade Mackenzie (Bacharel, Licenciatura e Industrial). Processos térmicos para obtenção de biocombustíveis, gaseificação, pirólise e combustão/incineração, e combustíveis sustentáveis, gás de síntese (Syngas), produção e uso do biogás - biodigestão anaeróbia de diversas biomassas residuais. Professor na FATEC Piracicaba (Biocombustíveis e Gestão Empresarial).