

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DO BAGAÇO DE UVA: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

BIOGAS PRODUCTION FROM GRAPE POMACE: BIBLIOMETRIC ANALYSIS

DOI: <https://doi.org/10.31692/2764-3425.v4i1.496>

¹GUILHERME GOMES DE SOUSA MAGALHÃES
Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, guilhermegomesdesousa123@gmail.com

²LEONARDO CÉSAR DA SILVA
Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, leonardo.cesarsilva@ufrpe.br

³LILIANA ANDRÉA DOS SANTOS
Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, liliana.andrea.santos@gmail.com

⁴TATIANA SOUZA PORTO
Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, tatiana.porto@ufrpe.br

⁵ANDRÉ FELIPE DE MELO SALES SANTOS
Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, andre.felipesantos@ufrpe.br

RESUMO

A uva é uma fruta cujo cultivo, adaptável a diferentes climas, solos e manejos, remonta a milênios, sendo consumida in natura ou processada de diversas formas. A indústria do vinho e suco de uva é uma das mais importantes dentre as da tipologia indústria de bebidas, com amplo e crescente consumo mundial. No Brasil a produção se concentra no Vale do São Francisco e Rio Grande do Sul, com uvas e vinhos de excelente qualidade. Em média, são necessários 1,3 kg de uvas para cada litro de vinho produzido, sendo que cerca de 20 a 30% da uva bruta resulta em resíduo, o bagaço de uva. Em 2021, a indústria vinícola gerou entre 6,82 e 10,23 milhões de toneladas de bagaço de uva. A utilização destes resíduos para geração de energia pode ser uma opção para a sua destinação, dentre as atuais utilizadas. Neste trabalho, foi feito um levantamento bibliométrico na plataforma SCOPUS, utilizando palavras-chave (ANAEROBIC DIGESTION; GRAPE POMACE/MARC) e operadores booleanos (AND/OR), a fim de identificar a produção científica e o estado da arte da geração de biogás e metano a partir do bagaço da uva. A análise bibliométrica utilizou o software Vosviewer, considerando um recorte temporal de 12 anos, entre os anos 2010 e 2022, resultando em um total de 33 artigos sobre o tema. Observou-se uma relação entre os principais produtores mundiais e a produção científica. O interesse crescente na temática da produção do biogás proveniente dos resíduos de uva esteve direcionado principalmente para seu uso nas próprias vinícolas, tendo em vistas as vantagens de geração de energia, calor e biofertilizante, agregando valor ao ciclo produtivo.

Palavras-Chave: Vinho; Bagaço de Uva; Produção de Biogás; Resíduos Agroindustriais; Potencial Bioquímico de Metano.

ABSTRACT

Grapes are a fruit whose cultivation, adaptable to different climates, soils, and management practices, dates back millennia, being consumed fresh or processed in various ways. The wine and grape juice industry is one of the most important among beverage industries, with a broad and growing global consumption. In Brazil, production is concentrated in the São Francisco Valley and Rio Grande do Sul, with grapes and wines of excellent quality. On average, 1.3 kg of grapes are needed for every liter of wine produced, and approximately 20 to 30% of the raw grapes result in residue, grape pomace. In 2021, the wine industry generated between 6.82 and 10.23 million tons of grape pomace. Using these residues for energy generation may be an option for their disposal, among the current ones used. In this study, a bibliometric survey was conducted on the

SCOPUS platform using keywords (ANAEROBIC DIGESTION; GRAPE POMACE/MARC) and Boolean operators (AND/OR) to identify the scientific production and state of the art in biogas and methane generation from grape pomace. The bibliometric analysis used Vosviewer software, considering a time frame of 12 years, from 2010 to 2022, resulting in a total of 33 articles on the subject. There was a relationship observed between the main world producers and scientific production. The increasing interest in the theme of biogas production from grape residues was mainly directed towards its use in wineries, considering the advantages of energy generation, heat, and biofertilizer, adding value to the production cycle.

Keywords: Wine; Grape Pomace; Biogas Production; Agro-industrial Waste; Biochemical Methane Potencial

INTRODUÇÃO

As frutas são alguns dos alimentos mais antigos conhecidos pela humanidade, consumidos há milênios em todos os continentes, sendo fonte de alimento para muitas culturas até os dias de atuais. Dentre as frutas mais conhecidas, as uvas têm seu espaço, originárias do oriente médio, as uvas conquistaram a Europa, local mundialmente reconhecido pelos vinhedos, durante a conquista do Oriente Médio pelo império Romano (PHILLIPS, 2000). A grande capacidade de adaptação ao clima e ao solo dessa fruta as tornou a fruta mais produzida no mundo, chegando ao Brasil logo após o descobrimento em 1532 (LEÃO, 2010; SILVA, et al., 2018). A posição de destaque das uvas no cenário global e em diferentes regiões do planeta levou ao desenvolvimento de diversos produtos, como passas, sucos, doces, vinagre, geleias e licores, além do consumo in natura. No entanto, a indústria do vinho é, talvez, a que mais depende das uvas, de acordo com dados da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV).

O Vinho é uma bebida alcoólica conhecida há centenas de anos, desde os primeiros assentamentos humanos e a criação de videiras, entre 9.000 e 4.000 a.C. Não há um consenso quanto à origem da bebida, havendo muitas variações com embasamentos, desde indícios do seu surgimento a 7.000 anos na região do Levante, entre a Síria, Fenícia (Atual Líbano) e Jordânia, até fabulas persas e passagens bíblicas. O vinho chegou à Europa através dos Egípcios e espalhou-se pela Grécia, França, Itália e Espanha (STANDAGE, 2005; SILVA et al., 2021).

De todo modo, o vinho é uma bebida antiga, originária do processo de fermentação alcoólica, que resulta no álcool presente na bebida (BORTOLETTO; HUNOFF; ALCARDE, 2021). O vinho está presente em muitas festividades, seja como um símbolo ou como um entretenimento casual. Está tão intimamente ligado à cultura humana que atualmente é a 6ª bebida mais consumida no mundo, sendo a 2ª entre as alcoólicas, atrás apenas da Cerveja. Essa paixão pela bebida foi responsável pela criação de uma enorme indústria vinícola, responsável por atender os anseios de seus consumidores ao redor do mundo.

O apresso pelo vinho torna-o um produto bastante valioso, com marcas exóticas e caras e muitos consumidores fiéis. No entanto, o consumo em grande escala traz consigo um problema a ser enfrentado: a questão dos resíduos gerados pelas indústrias vinícolas. A produção do vinho, assim como a de outros produtos derivados da uva, exige a extração do mosto, deixando para trás o bagaço, que muitas vezes é apenas descartado. No entanto, este poderia ser mais bem aproveitado em outros processos produtivos, como na indústria de bioativos (cosmética e farmacêutica) ou reintroduzido no próprio ciclo produtivo da indústria do vinho para geração de energia, calor e biofertilizantes, utilizando alternativamente a digestão anaeróbia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

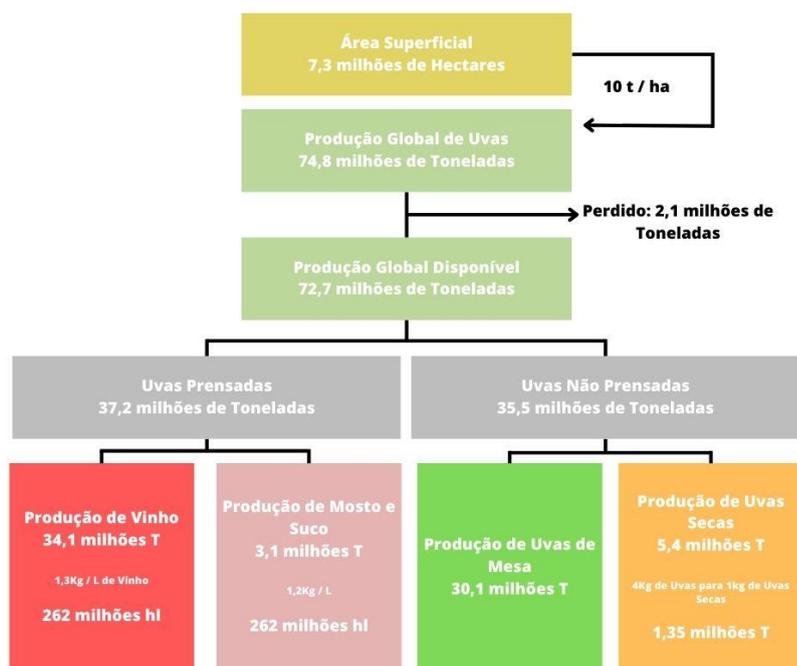
Indústria do vinho e da uva

A indústria vinícola é uma área bastante lucrativa encontrada em todos os continentes pela capacidade de adaptação das uvas, que permitiu que essa indústria surgisse ao redor do mundo, o que tornou o vinho uma bebida com muitas variações de preços e qualidade, tornandoa uma bebida bastante difundida por todos os estratos sociais da sociedade, mesmo sendo considerada muitas vezes como uma bebida elitizada.

Produção global e destinação

A OIV, avaliou em 2021, que os vinhedos cobriam uma área superficial de 7,3 milhões de hectares, produzindo um total de 74,8 milhões de toneladas de uvas frescas, correspondendo a uma produtividade de cerca de 10,2 toneladas por hectare (Figura 1).

Figura 1. Balanço mundial da produção de uvas em 2021



Fonte: Adaptado de Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector (OIV) (2022)

Parte dessa produção, cerca de 2,8%, foi perdida por diferentes fatores, o restante produzido foi destinado à diferentes finalidades, divididos em duas categorias: uvas prensadas e não prensadas. Cerca de 37,2 milhões de toneladas (52%) das uvas foram destinadas à prensagem, necessário para a produção de derivados da fruta. A maior parte destas, cerca de 34,1 milhões de toneladas (46,9%) foram destinados à produção de vinho, sendo este o produto mais comum produzido com as uvas do mundo, gerando cerca de 262 milhões de hectolitros. O restante das uvas prensadas (4,2% do total) foi destinado à produção de mostos e sucos, as

quais produziram cerca de 26 milhões de hectolitros (1,2 kg uva/L vinho).

Segundo a INVINIC, para cada 1 litro de vinho são necessários 1,3 kg de uvas. Segundo a Embrapa, o bagaço da uva compreende entre 20% e 30% do peso de toda uva processada. Dessa forma, para cada 1 litro de vinho são gerados entre 260 e 390g de bagaço de uva. Em 2021, a indústria vinícola produziu cerca de 262 milhões de hectolitros, com consumo de 34,1 milhões de toneladas de uvas, gerando entre 6,82 e 10,23 milhões de toneladas de bagaço de uva.

A outra parcela das uvas produzidas, cerca de 35,5 milhões de toneladas foram destinadas para a não prensagem, onde foram usadas em duas modalidades: uvas para consumo direto (“uvas de mesa”), representando a maior parcela destas uvas (41,4% do total) e o restante destinado à secagem (onde para 1kg de uvas secas são necessários 4kg de uvas).

Produção mundial e nacional de uvas

No ano de 2021 os vinhedos ocuparam cerca de 7,3 milhões de hectares, área pouco menor que em 2020. Desde 2003, quando o auge de 7,8 milhões de hectares foi atingido, a área ocupada por vinhedos vem caindo, estando relativamente estável desde 2017. Essas terras produtivas estão divididas entre vários países. Na Tabela 1, são apresentados os 10 países com as maiores áreas produtivas em nível mundial.

Tabela 1. Áreas destinadas para produção de uvas do mundo

País	2020 (Mil Hectares)	2021 (Mil Hectares)	Participação no Total em 2021 (%)
Espanha	961	964	13,1
França	796	798	10,9
China	783	783	10,7
Itália	719	718	9,8
Turquia	431	419	5,7
EUA	402	393	5,3
Argentina	215	211	2,9
Chile	207	210	2,9
Portugal	195	194	2,7
Romenia	190	189	2,6
Total	7.349	7.320	100

Fonte: Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector (OIV) (2022)

Pelos dados apresentados da Tabela 1, a Europa e Américas são os continentes com mais campos para produção de uvas. Na Europa os países com mais campos são: Espanha, França e Itália, e nas Américas os EUA, Argentina e Chile, estando entre os três primeiros. Um único país asiático, a China, se destaca entre os 10 países com as maiores áreas produtivas, contudo, ter mais áreas de vinhedos não significa necessariamente uma maior produção.

Os maiores produtores de uvas são apresentados na Tabela 2. Diferentemente do que vem ocorrendo com as áreas de produção (diminuição), a produção em si teve um aumento no período de 2001 até 2018, mas sofrendo uma pequena queda na produção, estando, desde 2019, relativamente “estável”. Esse fato teve relação provavelmente ao aumento da produtividade por hectare, devido ao uso de novas tecnologias e manejos da cultura. Na produção de uvas, a China lidera com ampla vantagem, com mais que o dobro da produção do segundo maior produtor, a Itália, e com os EUA (6° país com mais campos) ocupando a 3° posição. As diferenças de produção podem ter relação à diversos fatores, como cultura, clima e tecnologias usadas.

Tabela 2. Maiores produtores mundiais de uvas

País	2020 (Milhões de Toneladas)	2021 (Milhões de Toneladas)	Participação no Total em 2021 (%)
China	14,8	14,8	19,6
Itália	6,4	6,4	8,4
EUA	5,4	6,1	8
Espanha	5,9	5,7	7,5
França	5,9	4,5	5,9
Turquia	4,2	3,7	4,9
Índia	3,4	3,5	4,6
Chile	2,4	2,9	3,8
Argentina	2,1	2,4	3,2
Austrália	1,7	2,2	2,9
Total	75,7	75,5	100

Fonte: Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector (OIV) (2022)

As uvas produzidas serão destinadas a diferentes finalidades, o que influencia no ranqueamento quanto aos maiores produtores de vinhos. A China, maior produtor de uva, tem a maior parte de sua produção destinada para o consumo direto da fruta. A Turquia (6° maior produtor) e a Índia (7° maior produtor), destinam pequenas porcentagens à secagem e porcentagens ainda menores à produção de vinho. Na Europa, por outro lado, a maior parcela das uvas é destinada para a produção de vinho, assim como nas Américas e Oceania.

Dessa forma é possível observar que a Ásia destina suas produções para o consumo direto, enquanto no resto do mundo a maior parte da produção é destinada para a produção de vinhos. No mundo as exportações vêm aumentando nos últimos anos, assim como seu valor de mercado. Os países que exportam são Chile (12% das exportações mundiais), Peru (10%), Itália (9%), Países Baixos (7%) e África do Sul (7%). Enquanto os maiores importadores são EUA, Países Baixos, Rússia, Alemanha e Reino Unido.

O Brasil, segundo o anuário Brasileiro de Horti e Fruti, possuía uma área de cultivo de vinhedos de cerca de 74,7 mil hectares, em 2020, reduzindo em 2021 a 74,3 mil hectares e

chegando a 74,5 mil hectares, em 2022. A produtividade geral dos campos brasileiros se situava em torno de 19 toneladas por hectare (em 2020), superior à média global. Em 2021 a produtividade subiu para 22,9 toneladas por hectare, mostrando que, mesmo com a diminuição dos campos produtivos, a produção brasileira aumentou. Em 2020 o Brasil produziu 1,4 milhões de toneladas e 1,7 milhões de toneladas em 2021 e 1,6 milhões de toneladas em 2022, correspondendo, entretanto, em porcentagem a somente 1,8% e 2,2% da produção mundial.

No Brasil, os maiores produtores são os estados do Rio Grande do Sul, Pernambuco, São Paulo, Bahia e Santa Catarina, com grande destaque para os vinhedos Gaúchos (735 mil toneladas em 2020, 951 mil toneladas em 2021, 882 mil toneladas em 2022).

As uvas produzidas do Rio Grande do Sul são, em maior parte, destinadas à produção de vinhos, espumantes e sucos. As uvas do Vale do São Francisco, na divisa entre Bahia e Pernambuco, principalmente em Pernambuco (349 mil toneladas em 2020, 395 mil toneladas em 2021, 398 mil toneladas em 2022) são comumente destinadas para o mercado externo. As uvas produzidas no país já ganharam prêmios e reconhecidamente possuem boa qualidade.

Produção mundial e nacional de vinho

O processo de produção do vinho consiste na fermentação natural do mosto de uvas, a qual ocorre por intermédio de leveduras, que atuam transformando os açúcares fermentescíveis em álcool e gás carbônico. Após a fermentação, ocorre o processo de prensagem do vinho e um estágio de repouso, onde o vinho obtém suas características organolépticas particulares. Somente após este período de repouso o vinho é engarrafado.

A produção do vinho não consome água diretamente, mas o cultivo da uva sim. Até que este seja engarrafado, as uvas utilizadas consomem, isto é, cerca de 610 litros por quilo de uva, o que corresponde à cerca de 870 litros de água por litro de vinho produzido. A produção de vinho no mundo foi estimada em cerca de 261,7 milhões de hectolitros em 2021. Os países com as maiores produções são apresentados na Tabela 3. A produção nos últimos anos tem variado bastante, estando em baixa desde o ano de 2018.

Tabela 3. Produção mundial de vinho

País	2020 (Milhões de Hectolitros)	2021 (Milhões de Hectolitros)	Participação no Total em 2021 (%)
Itália	49,1	54,8	20,9
França	46,7	48,6	18,5
Espanha	40,9	44,4	16,9
EUA	22,8	23,9	9,1
Austrália	10,9	14,5	5,5
Chile	10,3	12,9	4,9
Argentina	10,8	12,9	4,9

África do Sul	10,4	10,3	3,9
Alemanha	8,4	9,5	3,6
Portugal	6,4	9,1	3,4
Outros Países	46,1	20,9	7,9
Total	262,8	261,7	100

Fonte: Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector (OIV) (2022)

Como visto nas tabelas anteriores, a China se destacou como a maior produtora de uvas, mas a maior parte de sua produção era destinada ao consumo interno de uvas, características comuns aos países Asiáticos. Enquanto os países Ocidentais produzem em menor quantidade mas, em sua maioria, essa produção é destinada à produção de vinho, o que explica o ranqueamento dos países: dos 10 maiores produtores 5 são europeus, 3 Americanos, além da Austrália e África do Sul.

O consumo de vinho no mundo, assim com a produção apresenta comportamento variado desde de 2007, variando até o ano de 2017, quando então o consumo caiu vertiginosamente até 2020, e desde então um pequeno aumento.

Assim como na produção, os países Europeus e Americanos lideram o ranqueamento dos maiores consumidores, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4. Consumo mundial de vinho

País	2020 (Milhões de Hectolitros)	2021 (Milhões de Hectolitros)	Participação no Total em 2021 (%)
EUA	32,9	33,1	14
França	23,2	25,2	10,7
Itália	24,2	24,2	10,2
Alemanha	19,8	19,8	8,4
Reino Unido	13,4	13,4	5,6
Espanha	9,6	10,5	4,4
China	12,4	10,5	4,4
Rússia	10,3	10,5	4,4
Argentina	9,4	8,4	3,5
Austrália	6	5,7	2,4
Outros Países	72,7	74,1	31,4
Total	233,8	235,3	100

Fonte: Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector (OIV) (2022)

Se comparado com a produção, os maiores consumidores de vinho se mantêm na Europa e América, porém, os EUA ficaram no topo como país produtor, o que mostra que os EUA têm importado cada vez mais vinhos. A China, mesmo não figurando entre os maiores produtores de vinho e estando entre os maiores produtores de uvas, consome, apesar disso, grandes quantidades de vinho, o que também mostra que o país vem importando mais.

Os dados de exportação de vinho vêm crescendo nos últimos anos, assim como seu valor agregado. Os países que mais exportam são Espanha, Itália e França, países conhecidos pela

qualidade dos vinhos. Estes três países correspondem à 53% das exportações de vinhos no mundo, 20%, 20% e 13%, respectivamente. Quanto às importações, os maiores importadores também são europeus, sendo três maiores a Alemanha, EUA e Reino Unido, além da China que aparece em 6°, como previsto. Os três maiores importadores correspondem à 38% das importações, 13%, 13% e 12%, respectivamente. A produção Brasileira de vinhos se concentra nas regiões Sul, Nordeste e Sudeste, principalmente nos Campos Gaúchos e no Vale do São Francisco, em especial no Rio Grande do Sul, internamente foram comercializados 270 mil hectolitros em 2021, com as exportações chegando a um número inferior de 8 mil hectolitros.

Caracterização do bagaço de uva

O bagaço da uva é o principal resíduo do processo de fabricação de vinhos e outros produtos que passam pelo processo de prensagem, correspondendo de 20% a 30% do peso seco das uvas e podem se tornar um problema pela quantidade gerada. Geralmente as destinações adotadas envolvem destinação a compostagem, incorporação a ração animal, comercialização para indústria de bioativos.

O resíduo é uma das frações sólidas da uva a serem descartadas nos processos de produção, assim como a polpa e as sementes, estes também podem ser gerados em outros produtos como o suco de polpa. Sendo o bagaço o principal deles, e foco central deste estudo, suas características são apresentadas na Tabela 5 (EL ACHKAR et al., 2016).

Tabela 5. Parâmetros de caracterização físico-química do bagaço de uva

Parâmetros	Bagaço de Uva
pH (100g de matéria sólida/L)	3,94
Sólidos Totais (Matéria Seca) (g. kg ⁻¹)	434 ± 5
Sólidos Voláteis (g. kg ⁻¹)	371 ± 5
DQO (g O ₂ . kg ⁻¹)	610 ± 30
Nitrogênio Total (g N. kg ⁻¹)	7,0 ± 0,2
Fósforo Total (g P. kg ⁻¹)	2,2

Fonte: Adaptado El Achkar et al. (2016)

Como observa-se na Tabela 5, a maior parte da matéria presente no bagaço de uva é de natureza orgânica (carbonácea), sendo passível de utilização como fonte de biomassa na produção de biogás, por exemplo. O bagaço também apresenta as características de biomassa lignocelulósicas: presença de celulose (7,5%), hemicelulose (6,7%) e lignina (11,1%) na sua composição, mas sendo composto majoritariamente por água (56,6%) (EL ACHKAR et al., 2016).

A hemicelulose, presente na composição do bagaço é positiva para a digestão anaeróbia, uma vez que é mais facilmente degradável e representa a principal fonte de carbono para os microrganismos. A celulose e a lignina, por outro lado, têm efeito negativo sobre a digestão

anaeróbia. A lignina é a mais refratária dos polissacarídeos estruturais, sendo insolúvel em água e resistente à degradação e oxidação microbiana. A celulose precisa de maiores potenciais energéticos para ser digerida devido a sua formação cristalina que impede a penetração de microrganismos (ACHKAR et al., 2016).

Digestão anaeróbia

O processo de digestão anaeróbia (DA) consiste no processo de digestão da matéria orgânica por microrganismos anaeróbios, isto é, realizam a degradação do material carbonáceo na ausência de oxigênio, sendo um processo natural e amplamente empregado em sistemas de tratamento cujo teor de matéria orgânica é elevado.

O processo de digestão tem por finalidade reduzir a fração orgânica de efluentes e resíduos às suas formas mais simples (mineralização). O resultado final gera dois subprodutos de grande valor agregado. O lodo ou digestato, material rico em matéria orgânica, pode ser usado para adubação ou como inóculo para outros reatores, e o Biogás, gás derivado do processo de digestão. Este é constituído majoritariamente de CO₂ (dióxido de carbono) e CH₄ (metano), o qual tem grande potencial para geração de energia via a queima deste em moto geradores gás ou para queima direta em caldeiras, gerando calor.

O processo de DA passou é uma das formas de mitigação da fração orgânica de efluentes e resíduos, por sua eficiência e capacidade de geração de outros produtos cuja utilização é mais sustentável. O uso da DA para resíduos lignocelulósicos, como os bagaços de frutas, pode ser uma alternativa bastante atraente para certos setores da indústria, em especial o setor agrícola, responsável pela geração de grandes volumes de resíduos orgânicos que podem assim ser melhor valorizados. A depender do Potencial Bioquímico de Metano (BMP), teremos uma noção dos ganhos da valorização energética desses resíduos. O BMP tem por função analisar o potencial de geração de biogás de determinado substrato, a partir da quantidade e da porcentagem de metano presente no biogás.

Biogás com altos teores de metano são melhores que aqueles mais ricos em dióxido de carbono, desta forma, determinar a geração, bem como a porcentagem de metano presente no biogás é a primeira etapa para se determinar se os resíduos de certa cultura ou indústria são apropriados para a geração de biogás e se esta rota de destinação final é economicamente viável.

Biogás da uva

Determinar a geração de biogás e metano por certos resíduos orgânicos ajuda a visualizar possibilidades de tratamento e destinação para estes resíduos. Essa geração pode variar a depender das características dos próprios resíduos. No estudo de Kumar e Ramanathan

(2019) das frutas analisadas, a uva é aquela que apresentou a maior porcentagem de carbono e a menor de oxigênio, enquanto a laranja apresentou a menor porcentagem de carbono e a maior de oxigênio.

No estudo, Kumar e Ramanathan (2019) também calcularam a geração teórica de biogás, bem como a geração real, de várias frutas, e com relação a geração, a uva obteve a maior produção, tanto teórica (0,59 L CH₄ g.VS-1), quanto real (0,42 L CH₄ g.VS-1), mostrando uma relação entre a porcentagem de carbono e oxigênio do bagaço, uma vez que a laranja, fruto cujo bagaço apresentou a menor porcentagem de carbono e maior de oxigênio, obteve a menor geração teórica e experimental. A produção de biogás do bagaço uva, quando comparada com alguns outros resíduos de frutas, se mostra uma cultura bastante atrativa. Outros autores analisaram a geração de biogás a partir das diferentes partes da uva, em especial, o bagaço. Através de um estudo BMP, El Achkar et al. (2018) teve um rendimento de 0,1305 Nm³ CH₄.kg.COD⁻¹ para o bagaço de uva bruto, porém essa geração pode ser potencializada a partir de pré-tratamentos. Outro fator relevante para a geração de biogás observada pelos autores são as frações lignocelulósicas do bagaço, as quais representam 49,5% dos Sólidos Voláteis da biomassa, que podem interferir muito na geração do biogás (ACHKAR et al., 2018).

METODOLOGIA

Levantamento bibliométrico e bibliográfico

A análise bibliométrica é uma metodologia na qual se pode analisar grandes quantidades de publicações sobre um determinado tema, de modo a retirar relações de interesse e melhor entender o estado da arte de determinado tema num cenário determinado, em um determinado período de tempo, suas tendências e perspectivas. Sendo muito utilizada para identificar a evolução das pesquisas sobre certo tema, de modo a identificar novos avanços tecnológicos e entender de modo geral para quais setores da sociedade este tema tem sido mais desenvolvido. Este tipo de estudo facilita o alinhamento de novas pesquisas a temas de interesse e consegue visualizar melhor possíveis tendências de subtemas e interesses correlacionados entre estes.

No presente trabalho, foram levantados dados de publicações científicas internacionais, utilizando a plataforma CapesCafe, que dá acesso a universidades brasileiras às principais bases de dados. Destas, a SCOPUS foi escolhida por apresentar melhores resultados quando comparada com aos obtidos nas demais plataformas. As buscas foram realizadas a partir de palavras-chave que representassem bem o tema, de modo a encontrar publicações que se enquadrassem na temática do projeto de pesquisa a ser desenvolvido, “Produção de biogás a partir do bagaço de uva”, se tratando de um tema específico e bastante recente, as buscas

resultaram em documentos recentes, com um espaço de 12 anos, de 2010 a 2022.

Foram definidos buscadores que facilitassem a assertividade do objeto da busca, retornando publicações relevantes. Para isso, os buscadores “Anaerobic Digestion”, a qual ligada pelo operador booleano “AND”, e “Grape Pomace/Marc”, “Grape” foi relacionado à outras duas palavras (“Pomace” e “Marc”), pelo operador booleano “AND”. Foi notado, durante revisões bibliográficas iniciais, que muitos artigos se referiam ao bagaço de uva, vezes por “Grape Pomace” vezes por “Grape Marc”, dessa forma, o operador booleano “OR” foi empregado entre ambas as palavras, para que os resultados de “Grape Pomace” e “Grape Marc” fossem ambos incluídos nas buscas, sem que estes entrassem em “conflito”. A língua inglesa foi a escolhida para os buscadores, por ser considerada a “Língua da Ciência” uma vez que é uma linguagem conhecida e compreendida por todo o mundo, dessa forma, usando esta linguagem, é possível obter resultados de todas as partes do globo.

Para análise e interpretação dos dados obtidos nas buscas, foram usados alguns programas externos, além das ferramentas próprias oferecidas pela SCOPUS. Estes foram programas mundialmente conhecidos que possibilitaram uma análise mais eficaz dos dados. Os dados foram inicialmente exportados para o VOSviewer®, o qual compilou os dados e os organizou, de modo a facilitar uma análise sistemática dos dados, e transformação destes em esquemas ilustrativos de fácil compreensão, tais como gráficos e tabelas. Como complemento, outros programas como Excel® e MapChart®, foram utilizados para elaboração de gráficos e tabelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantificação e classificação da produção científica

A busca feita na plataforma SCOPUS forneceu uma base de dados composta por um total de 44 artigos, estes, foram submetidos a uma fase de análise individual muito criteriosa do conteúdo apresentado, a fim de identificar aqueles que não condiziam exatamente aos interesses da pesquisa. O Critério adotado foi, o artigo deve estar dentro da temática abordada pelo projeto, isto é, artigos que abordem a produção de biogás a partir do bagaço de uva, seja de forma primária, como objetivo principal, ou como objetivo secundário. Após a fase de revisão, dos 44 artigos inicialmente obtidos, 33 (75%) foram considerados adequados para o estudo, sendo esta uma boa quantidade, o que demonstrou que os operadores utilizados na prospecção foram adequados para o tema.

O interesse pelo tema foi percebido desde o ano onde a pesquisa foi iniciada, 2010, com

pesquisas mais relacionadas à produção de biogás a partir de resíduos da Agroindústria, a partir deste ano. Em 2012 estudos quanto ao potencial de geração de energia a partir dos resíduos gerados em vinícola e focados na digestão anaeróbia do bagaço de uva, destacam-se. Na Figura 2 apresenta-se a evolução do número de publicações ao longo dos anos no período pesquisado, assim como a produção acumulada.

Figura 2. Número de publicações por ano



Fonte: Própria (2022)

Foi possível observar, o interesse pelo tema teve crescimento lento, este padrão se deu na primeira metade do período (2010-2015), um recorte de 6 anos, o qual representou 21,2% do total de artigos, com uma média de 1,1 artigos por ano. Na segunda metade do período, houve aumento significativo das publicações na área, em especial em vinícolas e na indústria alimentícia em geral, de 2015 para 2016. O aumento foi de 300%, logo em seguida uma queda de igual valor em 2017, e a partir de 2018 as publicações se mantêm constantes, sendo o período como mais publicações, representando 78,8%, num recorte de 7 anos (2016-2022), com uma média de 3,7 artigos por ano, com maiores picos de publicações nos anos de 2018 e 2022.

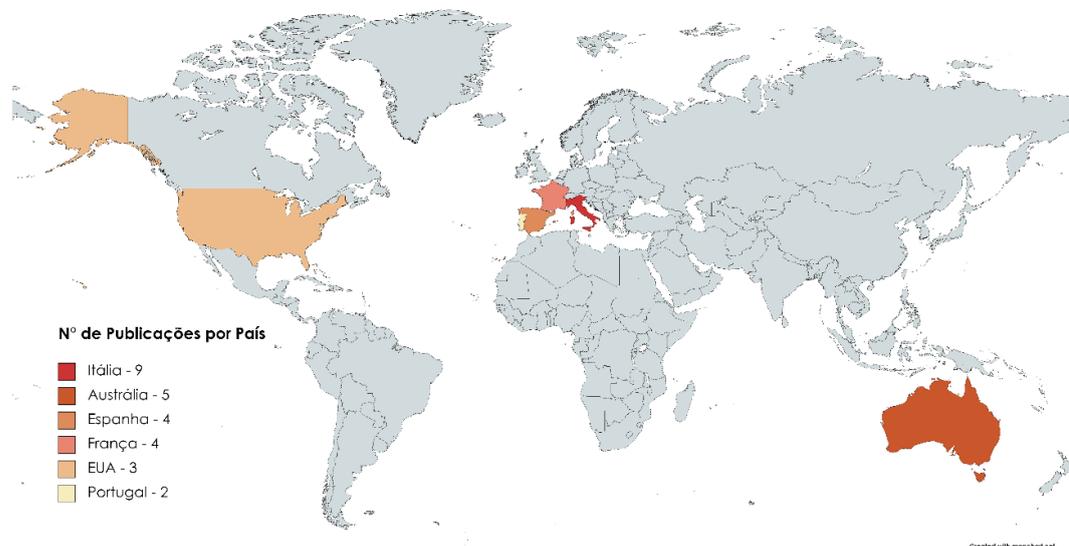
O primeiro período, entre os anos de 2010 a 2015, foi o período inicial, onde a temática do bagaço de uva muitas vezes se misturava com outros resíduos da indústria agrícola, o que fez com que o período fosse caracterizado por estudos mais relacionados a viabilidade e projetos quanto a geração de energia a partir desses resíduos, vindos principalmente do setor agrícola e vinícolas. Foi um período liderado pela Itália, o país com mais publicações no período, e também em todo o estudo (5 publicações), junto com Argentina (1 publicação) e EUA (1 publicação).

O segundo período, entre os anos de 2016 a 2022, foi onde se encontravam a maioria dos artigos encontrados, mostrando o avanço das pesquisas sobre o tema nos últimos anos, sendo o período mais recente. As publicações tiveram interesses mais diversos e inovadores,

mas sempre com os mesmos princípios centrais, a geração de energia a partir do bagaço de uva, vindos principalmente da indústria alimentícia. Neste período, estudos quanto à viabilidade não foram priorizados, mas sim estudos descrevendo métodos para potencializar a geração de gás, a partir de métodos de pré-tratamento do bagaço, e também a extração de outros produtos de alto valor agregado (bioativos), sem impactar na geração de biogás, além do desenvolvimento de técnicas para previsão da geração de gás e níveis de metano. Neste período, o tema se popularizou no mundo, com artigos mais distribuídos pelo globo. O segundo período possui mais artigos demonstrando que a discussão do tema é bastante recente e também que vem se desenvolvendo com mais força nos últimos anos, sendo considerado um tema emergente de grande interesse para muitas indústrias.

A distribuição global das publicações (Figura 3) observadas, segue um padrão claro. Países conhecidos pela produção de uvas são aqueles com mais publicações: Itália, França e Espanha, na Europa e a Austrália na Oceania. Apenas países considerados ricos tiveram mais de 1 publicação durante todo o período, em especial na Europa, onde o consumo e produção de vinho é bastante significativo.

Figura 3. Número de publicações por país



Fonte: Própria (2022)

Pode-se notar que a temática da pesquisa é relevante a nível mundial, pois os 33 documentos publicados, estão distribuídos em 17 países, com pelo menos, um documento publicado. As publicações por países mostram grande interesse pelo assunto em países produtores e consumidores de vinho, sendo os três maiores produtores de vinho aparecendo entre os cinco países com mais estudos na área: Itália, Espanha e França. A presença destes países era esperada, devido a suas grandes produções e investimentos no setor da tecnologia.

Países como China e Índia, com grandes produções de uvas, mas com produções prioritariamente destinadas ao consumo direto, não aparecem como muitos documentos, o que pode mostrar que o interesse pelo tema vem majoritariamente da indústria vinícola, que gera resíduos de forma periódica, constante e grandes quantidades e vê potenciais de valorização e aproveitamento.

Durante todo o período avaliado, as publicações foram feitas por vários pesquisadores e diferentes instituições acadêmicas, com a Itália sendo o país com o maior número de artigos publicados, por diferentes pesquisadores. Por outro lado, na França e Austrália, foi notado a existência de dois grupos de pesquisadores, estes sendo os autores com mais artigos publicados dentro da temática pesquisada. Destacaram-se pesquisadores com mais artigos publicados na área, os Franceses, Libaneses e Australianos, todos com 4 artigos.

Quadro 1. Autores com mais publicações

Autores	Nº de Documentos	País	Instituição
El Achkar J. H.	4	França	Universidade Sul da Bretanha
Hobaika Z.	4	Líbano	Universidade São José de Beirute
Lanoisellé J. L.	4	França	Universidade Sul da Bretanha
Lendormi T.	4	França	Universidade Sul da Bretanha
Louka N.	4	Líbano	Universidade São José de Beirute
Maroun R. G.	4	Líbano	Universidade São José de Beirute
Salameh D.	4	Líbano	Universidade São José de Beirute
Ball A. S.	4	Austrália	Instituto Real de Tecnologia
Kassongo J.	4	Austrália	Instituto Real de Tecnologia
Shahsavari E.	4	Austrália	Instituto Real de Tecnologia

Fonte: Própria (2022)

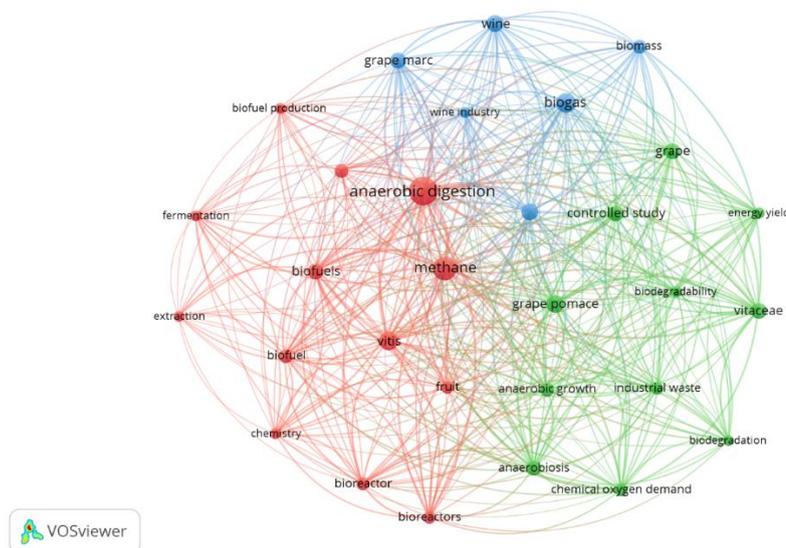
Os artigos franceses também podem ser considerados de origem libanesa, uma vez que pesquisadores da Universidade de Beirute participaram dos 4 artigos franceses, mesmo que como coautores.

O grupo de pesquisa de 7 pesquisados Franco-Libaneses realizou pesquisas entre os anos de 2016 a 2018, abordando a temática, inicialmente, com relação ao potencial bioquímico de metano (BMP) do bagaço de uma variedade uva, depois com relação outras variedades de uvas, afim de identificar possíveis variações, a influência do tempo de detenção hidráulica na produção do biogás e por fim, o pré-tratamento da fração de lignocelulose e seus efeitos sobre o biogás gerado pelo bagaço. O grupo Australiano, fez suas pesquisas mais recentemente, entre o ano de 2020 e 2022, no Instituto Real de Tecnologia, em Melbourne, sendo artigos que abordam situação mais específicas. Este grupo vem estudando a co-digestão do bagaço de uva e resíduos de queijo, o efeito da regulamentação operacional sobre a produção de metano (CH₄) e a influência da razão Inoculo/Substrato na co-digestão do bagaço de uva e queijo.

Frequência de palavras-chave

Para facilitar o encontro de artigos similares, os operadores utilizados foram a principal ferramenta, mas estas palavras também podem ser utilizadas para criar uma conexão entre diferentes documentos, relacionando-os uns aos outros nos chamados “clusters”. Estes, são grupos que compartilham alguma semelhança, dessa forma é possível identificar as principais palavras-chave e entender o caminho que as pesquisas vêm tomando com base nos assuntos que os artigos têm abordado com mais frequência. As conexões entre os assuntos e temas pesquisados podem ser mais facilmente observadas a partir de “nuvens de palavras” (Figura 4) onde é possível diferenciar os clusters por cores e as palavras mais importantes por tamanho e formato do cluster no qual se encontram.

Figura 4. Nuvem de palavras



Fonte: Própria (2022)

Das 33 publicações, foram obtidas 567 palavras-chave, destas, 32 palavras ocorreram no mínimo cinco vezes, o que significa uma prevalência de 5,64%. Na Figura 4 é possível identificar 3 (três) clusters distintos, diferenciados por cores, o Vermelho, Verde e Azul. Cada um dos clusters relaciona as palavras-chave de vários artigos que tem conexão entre si, dessa forma, é possível observar que o Cluster Vermelho, possui a palavras com a maior ocorrência (30), “*Anaerobic Digestion*” sendo a maior das palavras com mais conexões (257) e aquela que interliga todos os clusters diretamente e também “*Methane*” com 21 ocorrências, a segunda com mais força (217). O Cluster vermelho, é dedicado a área dos biocombustíveis, como é possível ver pela presença de palavras como “*Biofuel, Methane e Bioreactor*”, além dos biocombustíveis, nesse cluster também se encontram os métodos para sua geração, como “*Anaerobic Digestion e Fermentation*”, caracterizando o cluster dedicado a energia derivada de

biocombustíveis provenientes de processos biológicos. O Cluster Verde, o segundo com maior força, onde se encontra a palavra “*Grape Pomace*” com 12 ocorrências, sendo a principal palavra-chave que interligar os cluster verde com os demais.

O Cluster Verde, pareceu ter uma relação aos resíduos agroindustriais, e outros resíduos industriais biodegradáveis, pela presença de palavras como “*Biodegradation, Grape Pomace e Industrial Waste*”, caracterizando o segundo cluster mais poderoso dos Resíduos Biodegradáveis. O Cluster Azul, o menor dos três, apresenta características de um cluster intermediário, apresentando características dos clusters Vermelho e Verde, Biocombustíveis e Resíduos Biodegradáveis, sendo o “cluster resultante”, onde se encontra o produto final de maior interesse para este estudo, o Biogás, o qual é suas palavras mais forte, que interliga o Cluster Azul com os demais. O Cluster Azul apresenta palavras relacionadas a geração de biogás a partir de biomassa, também onde se destaca o principal tipo de indústria para o qual a maioria dos estudos fora dedicada, as Vinícolas, essas características são visíveis pela presença de palavras como “*Biogas, Biomass, Grape Marc e Wine Industry*”, caracterizando o Cluster do Biogás. Foi possível identificar pela nuvem de palavras que a maioria dos artigos da base de dados tem relação com a produção de biogás a partir de bagaço de uva, principalmente vindos de vinícolas.

Os focos portanto, estiveram na própria natureza do processo de DA (cluster vermelho), nas tecnologias ligadas aos processos e resíduos agroindustriais (cluster verde) e na produção do biogás (cluster azul). Esta tendência demonstra que há um crescente interesse no uso da alternativa da DA de resíduos de uva, sendo ainda os desafios focados no processo e na natureza dos resíduos. A produção de biogás é uma consequência tendo em vistas os ganhos energéticos para o próprio ciclo produtivo (calor/energia/biofertilizante), mas os desafios ainda encontramse relacionados as tecnologias e natureza desafiadora da degradação de resíduos lignocelulósicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A uva é uma fruta bastante cultivada na Europa, Ásia e América. Há uma correlação entre os países que mais pesquisam sobre o tema com aqueles que mais a produzem. A utilização do bagaço em vinícolas, pelo uso da digestão anaeróbia (DA) para produção de biogás vem crescendo nos últimos anos e se mostrando promissora para este tipo de resíduo, tendo em vistas os ganhos para o próprio ciclo produtivo (calor/energia/biofertilizante). As pesquisas recentes destacam também que o emprego de pré-tratamentos podem melhorar o rendimento da DA devido à natureza lignocelulósica dos resíduos. De modo geral, a DA é uma alternativa que

pode aliar o desenvolvimento econômico ao sustentável. O interesse crescente na temática mostra também um alinhamento do setor industrial a questões de valorização energética de resíduos com consequentes ganhos econômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS

- BORLETTO, A. M.; HONOFF, T. S.; ALCARDE, A. R. Processos de vinificação para a obtenção de vinhos de qualidade no Brasil. *Revista de Visão Agrícola*. n. 14, 2021.
- EL ACHKAR, J. H.; LENDORMI, T.; HOBAIKA, Z.; SALAMEH, D.; LOUKA, N.; MAROUN, R. G.; LANOISELLÉ, J. L. Anaerobic digestion of grape pomace: Biochemical characterization of the fractions and methane production in batch and continuous digesters. *Waste Management*. v. 50, p. 275-282, 2016.
- EL ACHKAR, J. H.; LENDORMIA, T.; SALAMEH, D.; LOUKA, N.; MAROUN, R. G.; LANOISELLÉ, J. L.; HOBAIKA, Z. Influence of pretreatment conditions on lignocellulosic fractions and methane production from grape pomace. *Bioresource Technology*. v. 247, p. 881-889, 2018.
- INVINIC – The Wine of Life. How many grapes does it take to make a bottle of wine? INVINC, Espanha. Disponível em: <https://blog.invinic.com/en/>. Acesso em: 04/12/2022.
- KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. Anuário Brasileiro de Horti&Fruit 2022. Santa Cruz: Editora Gazeta, 2022. p. 100; Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2022/>. Acesso em: 18/01/2023.
- KUMAR, A.; RAMANATHAN, A. Theoretical analysis involved in the prediction of biomethane production from fruit wastes through anaerobic digestion. *Materials Today: Proceedings*. v. 46, n. 19, p. 9788-9793. 2021.
- LEÃO, P. C. P. BREVE HISTÓRICO DA VITIVINICULTURA E A SUA EVOLUÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, Recife, vol. 7, p.81-85, 2010.
- OIV – Internacional Organisation of Vine and Wine. OIV Statistics Database. OIV. Dijon/França. Disponível em: <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics>. Acesso em: 14/11/2022.
- PHILLIPS, R. Uma Breve História do Vinho. 1a ed. Reino Unido: Penguin Books Ltd, 20 p. 474. SILLS, D. L.; GOSSET, J. M. Assessment of commercial hemicellulases for saccharification of alkaline pretreated perennial biomass. *Bioresource Technology*. v. 102, n. 2, p. 1389-1398, 2021.
- SILVA, J. D.; SILVA, A. L.; MELO, R. L.; MENEZES, L. F. S.; BEZERRA, S. A. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB SISTEMA DE CULTIVO DA UVA, PASTAGEM E MATA NATIVA, NO MUNICÍPIO DE SÃO VICENTE FERRER-PE. III Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER – PDVAGRO 2018. 2018.
- SILVA, L. H.; MAGALHÃES, P.; PINHEIRO, B. C. S. O VINHO NO EGITO ANTIGO: UMA DOSE DE HISTÓRIA DA QUÍMICA. *REDEQUIM – Revista Debates em Ensino de Química*. v. 2, n. 2, 2021.
- STANDAGE, T. História do Mundo em 6 Copos. 1a ed. Nova Iorque: Zahar, 2005. p. 215. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=LRL7zhrPXDkC&oi=fnd&pg=PA9&dq=O+Vinho+é+uma+bebida+alcoólica+conhecida+há+centenas+de+anos,+desde+os+primeiros+assentamentos+humanos+e+a+criação+de+videiras,+há+cerca+de+10.000+anos.+&ots=4UY0mhUXH6&sig=ilrKczoJ6gxuqCQMMilHIS8W6sY#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 05/11/2022.

Submetido em: 10/08/2024

Aceito em: 26/08/2024

Publicado em: 31/10/2024

Avaliado pelo sistema *double blind* review