Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Osório

Osório/RS

Desenvolvimento de celulose bacteriana produzida a partir dos resíduos do processamento de uva

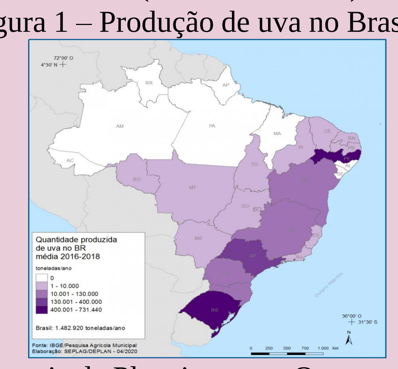
Autora: Amanda Ribeiro Machado   Orientadora: Flávia Twardowski

INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2013), a geração de resíduos agroindustriais, em escala mundial, deve atingir 1,3 bilhões de toneladas anualmente, sendo que, um terço dos alimentos produzidos que possuem potencial para consumo humano são desperdiçados, seja na forma de resíduos, seja a partir do processamento ou então desperdiçados na cadeia produtiva.

O Rio Grande do Sul é responsável por 50% da produção nacional de uva e por 90% da geração de suco e vinho, tornando-se o maior produtor do Brasil (Figura 1) (Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2019). No estado são geradas mais de 100.000 toneladas do resíduo (Figura 2) proveniente do processamento da uva (VARIANI, 2019) e somente 3% do resíduo passa pelo processo de aproveitamento (TONON et al., 2018).

Figura 1 – Produção de uva no Brasil



Fonte: Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão do Rio Grande do Sul, 2019.

Figura 2 – Resíduos agroindustriais da uva

Fonte: Jornal da USP, 2017.

HÍPÓTESE

A hipótese que baseou esta pesquisa foi se seria possível a biossíntese de uma biomembrana polimérica utilizando o subproduto agroindustrial do processamento de suco de uva e vinho.

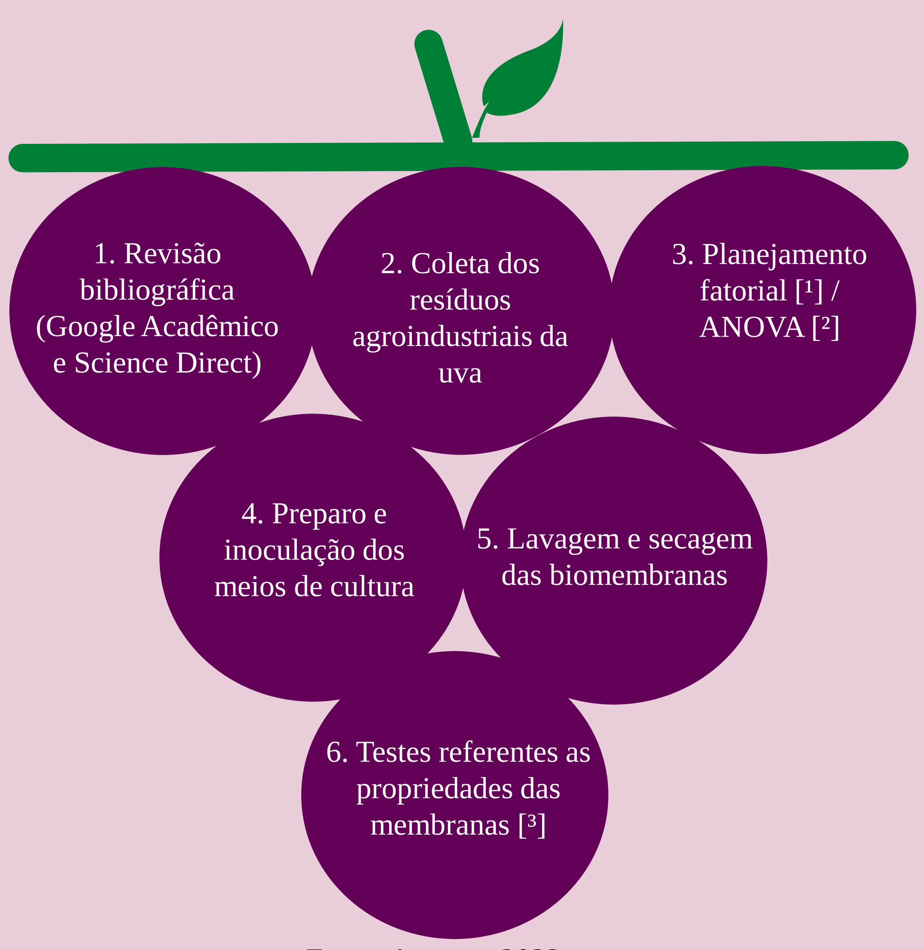
PROBLEMA

O problema desta pesquisa foi: “É possível utilizar o resíduo do processamento de uvas para a síntese de uma biomembrana polimérica?”

METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho seguiu uma pesquisa científica e aplicada (Figura 3). O Planejamento Fatorial pode ser observado na Tabela 1.

Figura 3 - Metodologia



Fonte: Autoras, 2022.

Tabela 1 – Planejamento Fatorial

Ensaios	Níveis Codificados		
	x_1	x_2	x_3
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	-1	-1	1
5	1	1	-1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0

X_1* = concentração de resíduo da uva [g/L]; X_2* = concentração de sacarose [g/L]; X_3* = concentração de glicose [g/L].

Fonte: Autoras, 2022.

RESULTADOS

A figura 4 mostra o resíduo agroindustrial da uva obtida a partir do processamento de suco e vinho coletado na cidade de Bento Gonçalves no Rio Grande do Sul:

Figura 4 – Resíduo agroindustrial coletado

Fonte: Twardowski, 2020.

A partir dos testes preliminares foi possível comprovar a hipótese da pesquisa, pois em todos os meios de culturas foi possível observar o crescimento de celulose bacteriana, comprovando que o resíduo agroindustrial da uva é um potencial substrato para produção de membranas bacterianas (Figura 5 a 15).

Figura 5 – Biomembrana 1

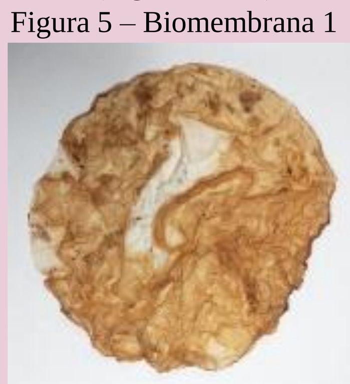


Figura 6 – Biomembrana 2

Figura 7 – Biomembrana 3

Figura 8 – Bioembrana 4

Figura 9 – Biomembrana 5

Figura 10 – Biomembrana 6

Figura 11 – Biomembrana 7

Figura 12 – Biomembrana 8

Figura 13 – Biomembrana 10

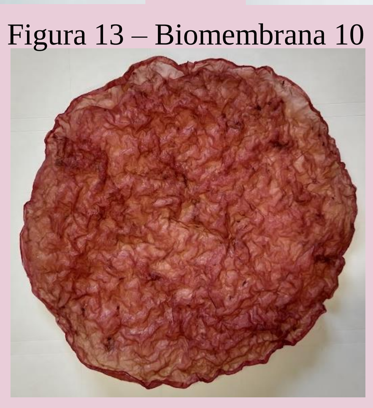
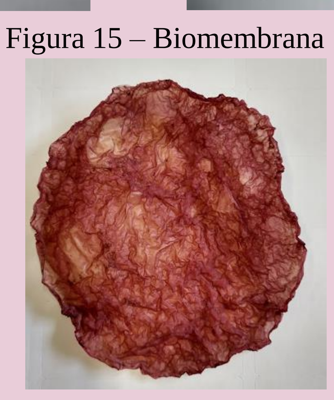


Figura 14 – Biomembrana 11

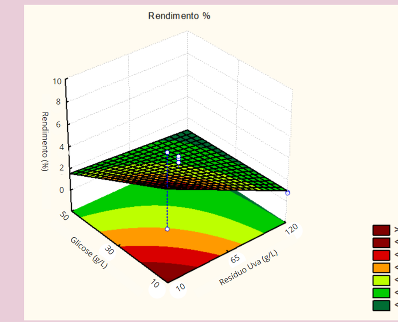
Figura 15 – Biomembrana 12



Fonte: Autoras, 2022.

A Figura 16 mostra a superfície de contorno para o rendimento. Maiores rendimentos podem ser obtidos utilizando-se menores quantidades dos carboidratos. A equação 1 mostra o modelo matemático para o percentual de rendimento das biomembranas.

Figura 16 – Superfície de contorno



Fonte: Autoras, 2022.

Equação 1 – Modelo matemático para o percentual de rendimento das biomembranas

$$Y = 2{,}41 - 1{,}53x_1 - 0{,}92x_2 - 1{,}24x_3 + 0{,}87x_1x_2 + 1{,}14x_1x_3 + 0{,}73x_2x_3 \quad \text{Eq. (5)}$$

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes às biomembranas obtidas a partir do planejamento fatorial 2³.

Tabela 2 – Resultados dos testes referentes às propriedades das biomembranas

ENSAIO	RENDIMENTO [%]	UMIDADE [%]	ESPESSURA [mm]	SOLUBILIDADE [%]	BIODEGRADABILIDADE [%]
1	9,42 ± 0,17ᶜ	2,8 ± 0,11	0,77 ± 0,25	138,0	43,11 ± 17,62
2	0,83 ± 0,00ᵃ	3,5 ± 0,19	0,08 ± 0,001	12,0	40,81 ± 14,17
3	2,87 ± 0,08ᵇ	5,9 ± 0,03	0,15 ± 0,02	39,0	80,24 ± 13,78
4	1,69 ± 0,27ᵃ	9,5 ± 0,54	0,76 ± 0,078	23,0	80,05 ± 0,59
5	0,75 ± 0,00ᵃ	10,3 ± 2,41	0,09 ± 0,01	50,0	56,38 ± 5,63
6	0,67 ± 0,05ᵃ	9,9 ± 1,33	0,09 ± 0,008	69,0	74,40 ± 13,38
7	1,05 ± 0,11ᵃ	14,7 ± 2,13	0,09 ± 0,003	4,0	154,23 ± 17,16
8	0,53 ± 0,67ᵃ	9,2 ± 0,51	0,11 ± 0,01	28,0	97,39 ± 2,85
9	0,96 ± 0,12ᵃ	9,1 ± 0,79	0,11 ± 0,01	28,0	247,14 ± 145,73
10	3,46 ± 0,67ᵇ	6,2 ± 0,16	0,20 ± 0,04	46,0	0,75 ± 7,23
11	3,60 ± 0,33ᵇ	6,7 ± 0,29	0,22 ± 0,001	12,0	0,62 ± 1,05
12	3,11 ± 0,01ᵇ	8,9 ± 0,05	0,73 ± 0,004	15,0	0,73 ± 1,71

Fonte: Autoras, 2022.

Os pontos centrais do planejamento (Figuras 13 e 14) resultaram em biomembranas com maior flexibilidade e resistência, com o Módulo de Young inferior a 40, estando esses valores em consonância aos encontrados na literatura (CAMPÊLO, 2017). Os índices de degradação nos testes de biodegradabilidade e solubilidade foram menores também, abaixo dos índices encontrados em Iahnke (2015). A Tabela 3 mostra esses resultados.

Tabela 3 – Resistência à tração das biomembranas

Ensaio	Tensão de ruptura (MPa)	Deformação de ruptura (%)	Módulo de Young (MPa)
10	15,10 ± 2,18	22,01 ± 3,54	39,30 ± 3,69
11	15,58 ± 4, 52	29,54 ± 3,77	28,28 ± 2,19
12	3,94 ± 1,64	15,22 ± 4,67	23,71 ± 7,08
3V	14,88 ± 1,28	29,02 ± 4,00	27,84 ± 1,35
K	6,28 ± 0,61	20,07 ± 3,59	43,35 ± 8,01

Fonte: Autoras, 2022.

As biomembranas desenvolvidas com o resíduo agroindustrial proveniente da produção de vinho possuem índices de rendimento superiores às biomembranas produzidas a partir do resíduo oriundo da produção de suco, como pode ser visto na tabela 4. Ressalta-se que algumas amostras apresentaram resultados 10% maiores. Além disso, as biomembranas apresentaram maior espessura e maior flexibilidade. As biomembranas desenvolvidas com tal resíduo podem ser vistas abaixo:

Figura 17 – Biomembrana 1V

Figura 18 – Biomembrana 2V

Figura 19 – Biomembrana 3V

Figura 20 – Biomembrana 4V

Figura 21 – Biomembrana 5V

Figura 22 – Biomembrana 6V

Figura 23 – Biomembrana 7V

Tabela 4 – Resultados dos testes referentes ás propriedades das biomembranas produzidas com o resíduo do vinho

Ensaio	Rendimento	Espessura
1V	4,2 ± 0,68	0,11 ± 0,06
2V	1,92 ± 0,16	0,31 ± 0,09
3V	8,96 ± 1,43	0,32 ± 0,08
4V	8,16 ± 6,24	0,40 ± 0,20
5V	2,43 ± 0,74	0,20 ± 0,07
6V	2,98 ± 0,72	0,26 ± 0,08
7V	8,75 ± 1,03	0,47 ± 0,14

Fonte: Autoras, 2022.

APLICABILIDADE

A partir das análises realizadas foi possível verificar que as celuloses bacterianas desenvolvidas possuem potencial para serem membranas de troca de prótons não fluoradas.

A partir disso, foram realizados os testes de capacidade de absorção de água e capacidade de troca iônica. As biomembranas apresentaram excelentes índices nos testes de capacidade de absorção de água, já que os índices foram superiores ao encontrado na literatura, como em Remor (2020). Enquanto nos testes referentes a capacidade de troca iônica também foram obtidos resultados interessantes, já que os índices encontrados na literatura pesquisada é próximo a 0. As comparações podem ser vistas nas tabelas abaixo:

Tabela 5 – Capacidade de absorção de água das biomembranas puras

Ensaio	Absorção de água (%)
10	520,77
11	529,27
12	437,37
Remor (2020)	188

Tabela 6 – Capacidade de troca iônica das biomembranas puras

Ensaio	Troca iônica (%)
10	0,27
11	0,14
12	0,22
Arrruda (2020)	0,085

Fonte: Autoras, 2022.

A fim de elevar sua condutividade iônica, as biomembranas foram funcionalizadas em três concentrações com o corante azoico índigo carmim (Adaptado de Remor, 2020). As Figuras 24 – 26 e a Tabela 7 mostram os resultados.

Tabela 7 – Capacidade de troca iônica das biomembranas funcionalizadas

Ensaio	Troca iônica (%)
10 (5g/L)	0,23
10 (10g/L)	0,42
10 (20g/L)	0,22
Remor (2020) – (5g/L)	1,226
Remor (2020) – (10g/L)	0,585
Remor (2020) – (20g/L)	0,236

Figura 24 – Amostra 10 (5g/L)

Figura 25 – Amostra 10 (10g/L)

Figura 26 – Amostra 10 (20g/L)

Fonte: Autoras, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho atingiu seu objetivo com êxito, comprovando cientificamente que é possível obter celulose bacteriana utilizando o resíduo agroindustrial como substrato. Além disso, testou a aplicabilidade das biomembranas desenvolvidos em células combustíveis, mostrando resultados promissores quando funcionalizadas. Dessa forma, o trabalho agrega relevância social, ambiental, científica e tecnológica ao desenvolver uma alternativa aos resíduos agroindustriais da uva descartados e aos plásticos. Além de atender ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da ONU, de número 12, de Consumo e Produção responsáveis.

REFERÊNCIAS

[3] Official Methods of Anal y sis of AOAC INTERNATIONAL (2005) 18th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 2005.08
CÂMPELO, Jaqueline de Morais. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Química) **Universidade Federal de Pernambuco**, programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Produção de celulose bacteriana em meio de glicerol. Pernanbuco, 2017. Disponível em: < https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29670 > Acesso em: 23 de maio 2021.
Food and Agriculture Organization of The United Nations. O desperdício alimentar tem consequências ao nível do clima, da água, da terra e da biodiversidade – novo estudo da FAO. Roma, 2013. Disponível em: < https://www.fao.org/news/story/pt/item/204029/icode/ >. Acesso em: 10 de novembro de 2021.
IAHNKE, Aline Oliveira e Silva. (Dissertação – Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Filmes biodegradáveis com propriedades funcionais produzidos a partir de resíduos agroindustriais, 2015. Disponível em: < http://hdl.handle.net/10183/129775 >. Acesso em: 16 de mar. 2021.
[2] Montgomery, D. C. (1991). Design and analysis of experiments (3rd ed.). New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
[1] NETO, Benício de Barros; SCARMINIO, Ieda Spacino; BRUNS, Roy Edward. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e a indústria**. 2ª Edição. Campinas, 2001.
Uva e Maçã. **Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão do Rio Grande do Sul**. 4 ed. Rio Grande do Sul, 15 de fev. de 2019. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/uva-e-maca#:~:text=O%20Rio%20Grande%20do%20Sul,de%20forma%20artesanal%20e%20industrial. >. Acesso em: 10 jun. 2020.
TONON, Renata Valeriano; SILVA, Caroline Melinger; GALDEANO, Melicia Cintia; SANTOS, Karina Maria Olbrich dos. Tecnologias para o aproveitamento integral dos resíduos da indústria vitivinícola. Embrapa Indústria de Alimentos. Rio de Janeiro, 2018. Documentos 132. Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1105247/tecnologias-para-o-aproveitamento-integral-dos-residuos-da-industria-vitivinicola >. Acesso em: 07 out. 2020.
VARIANI, Carla(Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS) **Universidade Estadual do Rio Grande do Sul**. Análise da produção industrial e dos resíduos em uma vinícola na serra gaúcha, 2019. Disponível em: < https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1563/26451_analise_da_producao_industrial_e_dos_residuos_em_uma_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y >. Acesso em: 20 de dez. 2021.

APOIO