

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA OLIVICULTURA COMO MATÉRIA-PRIMA NA PRODUÇÃO DE MATERIAIS COM POTENCIAL TECNOLÓGICO

Tereza Longaray Rodrigues¹, Marco Antônio da Fonseca Sobrinho²,
Isabela Vilanova Barcellos², Marcilio Machado Morais²,
André Ricardo Felkl de Almeida^{1,2} e Gabriela Silveira da Rosa^{1,2}

1*- Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

2*- Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA,
andrealmeida@unipampa.edu.br

EMPLOYMENT OF OLIVE RESIDUES AS RAW MATERIAL FOR TECHNOLOGICAL APPLICATIONS

Resumo: A azeitona é amplamente utilizada como matéria-prima para produção de azeite de oliva, em que no Brasil essa produção ocorre majoritariamente no Rio Grande do Sul, sendo responsável por elevados volumes de resíduos. O principal resíduo formado é o bagaço de azeitona (BAz), sendo composto por caroço (CAz) e polpa de azeitona (PAz). O presente trabalho teve como objetivo a obtenção e caracterização de uma fração rica em caroço de azeitona, a partir dos resíduos do bagaço de azeitona da indústria do azeite de oliva, visando o emprego como matéria-prima na obtenção de celulose, e posterior aplicação na produção de outros materiais. Para isso, realizou-se emprego do separador do tipo leito de jorro, obtendo uma fração rica em polpa (PAz) e outra em caroço de azeitona (CAz). Os materiais, antes e após a separação (bagaço e caroço de azeitona), foram caracterizados por meio das técnicas de análise granulométrica, massa específica real e *bulk*, porosidade do leito de partículas e análise termogravimétrica, sendo esta última apenas para o caroço de azeitona. Após a separação do caroço da polpa, foi possível observar através da análise granulométrica aumento no tamanho médio das partículas de 0,753 mm para 1,376 mm, sendo este comportamento associado ao arraste de partículas menores pelo fluxo ascendente de ar no leito de jorro. Também se observou aumento nas massas específicas real ($\rho_{real,BAz} = 1376,6 \text{ kg.m}^{-3}$; e $\rho_{real,CAz} = 1399,2 \text{ kg.m}^{-3}$) e *bulk* ($\rho_{bulk,BAz} = 398,60 \text{ kg.m}^{-3}$; e $\rho_{bulk,CAz} = 701,42 \text{ kg.m}^{-3}$) e redução da porosidade do leito ($\epsilon_{BAz} = 0,7116$; e $\epsilon_{CAz} = 0,4987$), podendo ser associado com a remoção da polpa. Foi possível observar através da análise termogravimétrica (TGA) da fração rica em caroço de azeitona, que ocorreram picos característicos pela presença de lignina, hemicelulose e celulose, conforme abordado pela literatura. Portanto, os resultados se mostraram satisfatórios, concluindo que a separação realizada no leito de jorro ocasionou diferença nas características físicas das amostras. Além disso, foi possível se confirmar que o CAz é uma biomassa lignocelulósica, como demonstra a literatura.

Palavras-chave: Biomassa; Lignocelulose; Celulose; Leito de jorro

Abstract: Olive is widely used as raw material for olive oil production, which is concentrated in the Southern Brazil, being responsible for several volumes of residues. The primary residue produced is the olive pomace (OPo), consisting of olive stones (OS)

and olive Pulp (OPu). The present paper aimed to obtain and characterize a fraction rich in olive stones from olive pomace waste in the olive oil industry, for use as a raw material in cellulose production and subsequent application in the production of other materials. To achieve this, a spouted bed separator was used to obtain a fraction rich in olive stones (OS) and another in olive pulp (OPu). The material, before and after the separation (pomace and olive stones), were characterized using techniques such as particle size analysis, real and bulk densities, particle bed porosity and thermogravimetric analysis, the latter specifically for olive stones. After the separation of the stones from the pulp, an increase in the average particles size from 0.753 mm to 1.376 mm was observed through particle size analysis, attributed to the entrainment of smaller particles by the upward air flow promoted by the spouted bed. An increase in real density ($\rho_{real, OPo} = 1376,6 \text{ kg.m}^{-3}$; and $\rho_{real, OS} = 1399,2 \text{ kg.m}^{-3}$) and bulk density ($\rho_{bulk, OPo} = 398,60 \text{ kg.m}^{-3}$; and $\rho_{bulk, OS} = 701,42 \text{ kg.m}^{-3}$) was also noted, along with a reduction in bed porosity ($\epsilon_{OPo} = 0,7116$; and $\epsilon_{OS} = 0,4987$), which may be related to olive pulp removal. Thermogravimetric analysis (TGA) of olive stones-rich fraction revealed characteristic peaks attributed to the presence of lignin, hemicellulose and cellulose, as supported by existing literature. Therefore, the results were satisfactory, confirming that the separation promoted by the spouted bed led to differences in physical characteristics of the samples. Furthermore, it was established that olive stones (OS) is a lignocellulosic biomass, consistent with literature findings.

Keyword: Biomass; Lignocellulose; Cellulose; Spouted bed.

INTRODUÇÃO

A oliveira (*Olea europea* L.) é uma árvore pertencente à família Oleaceae, sendo originária na região da Palestina e Síria, há cerca de 5000 anos a. C. (Hardwood e Aparicio, 2000; Kapellakis et al., 2008). A *Olea europea* L. apresenta grande importância comercial até os dias atuais, tendo seu fruto extensivamente comercializado tanto na forma de conserva como servindo de matéria-prima para produção de azeite de oliva (Brake et al., 2014).

De acordo com Rodrigues e Correia (2009), a azeitona é composta por endocarpo, mesocarpo e exocarpo, comumente conhecidos como caroço, polpa e epiderme, respectivamente. Conforme publicado pelo Anuário brasileiro das oliveiras 2019, o Brasil produziu aproximadamente 260 mil litros de azeite, sendo

aproximadamente 77% dessa produção no Estado do Rio Grande do Sul. Vale ressaltar que o seu processo de produção envolve a geração de elevada quantidade de resíduo, composta por caroço e polpa de azeitona (Fernández-Bolaños et al., 1999).

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de explorar o potencial reaproveitamento do bagaço da azeitona em diversas áreas de atuação diferentes, tais como extração de compostos fenólicos (Martiny et al., 2020), avaliação antioxidante e antimicrobiana (Zhao et al., 2023), produção de bio adsorvente de CO₂ (Kielbasa et al., 2022) e uso como fertilizante (Innangi et al., 2017). Recentemente, o caroço presente no bagaço da azeitona, tem despertado interesse devido à sua composição, a qual é dada majoritariamente por celulose, hemicelulose e lignina, sendo considerado um material lignocelulósico (Fernández-Bolaños et al., 1999; Lee et al., 2014; Baruah et al., 2018). Vários estudos a respeito do seu emprego na forma de matéria-prima na produção de combustíveis, acetato de celulose, carvão ativado, além de obtenção de celulose microcristalina e nanocelulose e remoção de metais em soluções aquosas (Fernández-Bolaños et al., 1999; Mata-Sánchez et al., 2014; Corral-Bobadilla et al., 2021; Hasanin et al., 2021; Agarwal et al., 2022).

Assim, o presente estudo propõe separar o caroço, presente no bagaço de azeitona, utilizando-se o separador tipo leite de jorro, além de caracterizar o bagaço e a fração rica em caroço, obtida após a separação, visando o seu emprego na obtenção de celulose, e posterior aplicação na produção de outros materiais.

METODOLOGIA

O bagaço de azeitona (BAz) utilizado no presente trabalho foi doado pela empresa Azeites do Pampa, localizada no município de Bagé, Rio Grande do Sul. O material foi seco em estufa com convecção forçada a 60°C por 48 h. A amostra foi então macerada com a finalidade de reduzir os aglomerados presentes na mesma. Uma vez seco, o material foi processado em um separador

do tipo leito de jorro, para que o caroço pudesse ser separado da polpa (PAz), visando a obtenção de uma fração rica em caroços de azeitona (CAz), seguindo a metodologia proposta por Rodrigues (2021) e Almeida (2022).

A Figura 1 apresenta o leito de jorro utilizado no processo de separação do caroço. O módulo é composto por (A) Soprador centrífugo; (B) Manômetros de tubo em “U”, conectados a uma placa de orifício e ao leito de jorro, para medir a velocidade do ar e a queda de pressão, respectivamente; (C) Ciclone tipo *Lapple* para coleta da polpa.



Figura 1: Módulo de leito de jorro

O bagaço e o caroço foram caracterizados através da determinação da massa específica real (ρ_{real}) por picnometria com gás hélio (Ultrapyc 1200e, Quantachrome), massa específica *bulk* (ρ_{bulk}) pela relação entre massa e volume aparente usando o método da proveta.

A porosidade (ε) do BAz e do CAz foi determinada através da relação entre a massa específica real (ρ_{real}) e *bulk* (ρ_{bulk}), como descrito na Equação 1.

$$\varepsilon = \left[1 - \left(\frac{\rho_{bulk}}{\rho_{real}} \right) \right] * 100\% \quad (1)$$

A caracterização granulométrica foi conduzida por meio do processo de peneiramento com agitação mecânica utilizando um conjunto de peneiras do tipo *mesh* (Bertel). Essa análise teve como finalidade a determinação do diâmetro

médio de partículas (d_p), conforme definido por *Sauter* e descrito por Cremasco (2012).

A análise termogravimétrica foi realizada através do Analisador Térmico (TGA-50, SHIMADZU). Inicialmente utilizou-se entre 4,5 e 5,0 mg de caroço moído em atmosfera inerte de nitrogênio. Com o objetivo de remover a umidade presente no material, foi mantida uma temperatura de 100°C por cerca de 30 minutos. Ao final desse tempo, ocorreu o aumento gradativo da temperatura, a uma taxa de aproximadamente 15°C.min⁻¹, até atingir a temperatura de 650°C, a qual se manteve por cerca de 30 minutos. A perda de massa (TGA) e a derivada da perda de massa (DrTGA) foram fornecidos pelo equipamento durante análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 representa a o bagaço da azeitona (BAz) seco e a fração rica em caroço de azeitona (CAz), obtida após o processamento do bagaço no separador leito de jorro.



Figura 2: (A) Bagaço de azeitona (BAz) seco; (B) Fração rica em caroço de azeitona (CAz)

A Figura 3 mostra as curvas das análises granulométricas realizadas para o bagaço (BAz) e caroço (CAz).

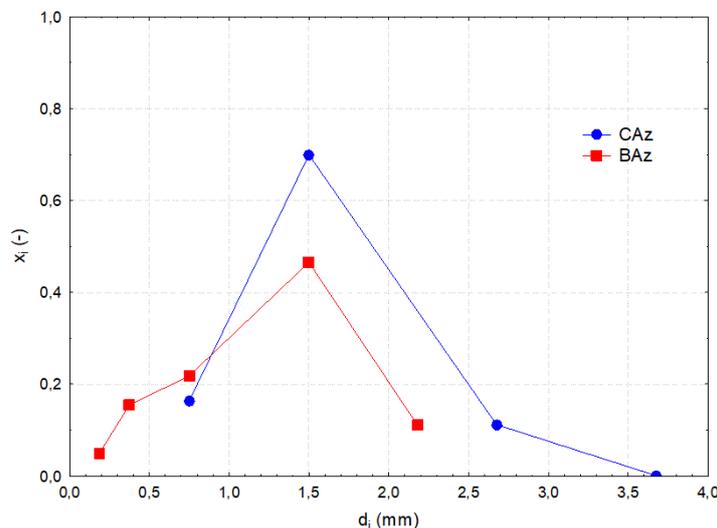


Figura 3: Distribuição granulométrica do CAz (azul) e BAz (Vermelho)

Através da análise granulométrica (Figura 3), percebe-se que o BAz apresenta uma faixa granulométrica maior quando comparado ao CAz. O comportamento apresentado pelo bagaço pode ser justificado pelo processo de produção do azeite de oliva envolver o emprego de diversas etapas, entre elas a prensagem das azeitonas, ocasião em que ocorre a extração do azeite, bem como a quebra dos caroços de azeitona (Romaniello et al., 2017). Desta forma, o bagaço gerado apresenta um aspecto bastante heterogêneo, sendo composto por partículas com diferentes tamanhos, em que, de acordo com García Martín et al. (2020) e Rodríguez et al. (2008), 20% do mesmo é dado por fragmentos de caroço.

Observa-se que o emprego do separador do tipo leito de jorro, na obtenção de uma fração rica em caroço, promoveu um aumento no diâmetro médio de *Sauter* (Tabela 1). Esse aumento pode ser justificado pelo modo como o separador do leito de jorro opera. Quando a velocidade do ar promovida pelo soprador foi suficiente para romper o leito contendo bagaço (BAz), foi formado uma fonte de caroço (CAz) e polpa (PAz). Conforme a velocidade do ar aumentava, era provocado um aumento no tamanho dessa fonte, onde a polpa

e pequenos caroços puderam ser separadas dos caroços maiores e mais pesados (Mathur e Epstein, 1974; Cremasco, 2012), formando a fração rica em caroços de azeitona (Figura 2) e ocasionando o aumento do diâmetro médio das partículas. A Figura 3 demonstra o efeito da separação, onde nos diâmetros maiores ocorreu uma maior retenção das partículas no CAz quando comparados ao BAz, especialmente nas regiões com diâmetro superiores a 1 mm. Segundo Mathur e Epstein (1974), esse resultado se justifica pelo fato de o leito de jorro ser mais funcional quando as partículas apresentam diâmetros acima de 1 mm. No entanto, é possível perceber que o caroço de azeitona mantém uma ampla faixa granulométrica, conforme também observado por Castells et al. (2023), os quais indicaram que este comportamento é característico do caroço de azeitona proveniente da indústria de azeites.

Tabela 1: Caracterização física do BAz e CAz

Amostra	d_p (mm)	ρ_{real} (kg.m ⁻³)	ρ_{bulk} (kg.m ⁻³)	ε (-)
BAz	0,753	1376,6±0,6	398,60±15	0,712±0,012
CAz	1,376	1399,2±2,8	701,42±12	0,499±0,009

Fonte: Autores (2023)

Os resultados obtidos por Al-Ghouti e Dib (2020) para a massa específica real (ρ_{real}) do caroço de azeitona demonstram grande proximidade com o valor apresentado na Tabela 1. Os valores encontrados pelos referidos autores foram de 1428 kg.m⁻³ e 1250 kg.m⁻³ para caroços de azeitona verde e preta, respectivamente. Valor próximo foi observado por Soares (2021), que obteve o valor de 1329,5 kg.m⁻³.

A análise dos resultados presentes na Tabela 1 revela coerência entre a massa específica *bulk* (ρ_{bulk}) do caroço (CAz) em relação aos valores observados por outros autores. Os achados de Mata-Sánchez et al. (2014) e Cuevas et al. (2019), reportaram valores de 693,0±54,9 kg.m⁻³ e 721,6±12,7 kg.m⁻³, respectivamente, os quais corroboram com os valores obtidos no presente estudo. Outro estudo que corrobora esse resultado, é o apresentado por Soares

(2021), que reportou massa específica *bulk* de $649,9 \text{ kg.m}^{-3}$ para o caroço de azeitona. Soares (2021) também apresentou a porosidade de seu material sendo de 0,511, valor próximo ao apresentado no presente estudo (Tabela 1).

A massa específica *bulk* (ρ_{bulk}) do bagaço (BAz) analisada é inferior se comparada com o caroço, enquanto a porosidade do leito foi maior. Essa diferença é esperada, uma vez que o bagaço é uma mistura heterogênea entre o caroço e a polpa (Romaniello et al., 2017; García Martín et al., 2020), com uma faixa ampla de tamanho de partículas (Figura 3). Efeito semelhante foi observado por Silva et al. (2018) ao analisar mistura entre bagaço de cana-de-açúcar (BCA) (menor ρ_{bulk}) e polipropileno (PP) (maior ρ_{bulk}), em diferentes proporções e tamanhos de partícula de PP. Os referidos autores observaram que quanto maior a quantidade de BCA, mais diminuía sua massa específica *bulk* e maior era a porosidade, efeito também observado no presente estudo (Tabela 1), pois uma vez que as massas específicas real e *bulk* foram maiores para a fração rica em caroço (CAz) em comparação com os valores do bagaço (BAz), significa que as massas específicas real e *bulk* da polpa (PAz) são inferiores ao do caroço, onde Silva (2021) reportou uma massa específica real para o caroço de azeitona de 1266 kg.m^{-3} , o que corrobora o aumento das massas específicas real e *bulk* do caroço (CAz) no presente trabalho (Tabela 1).

A Figura 4 representa a derivada da perda de massa (DrTGA) realizada com o caroço (CAz).

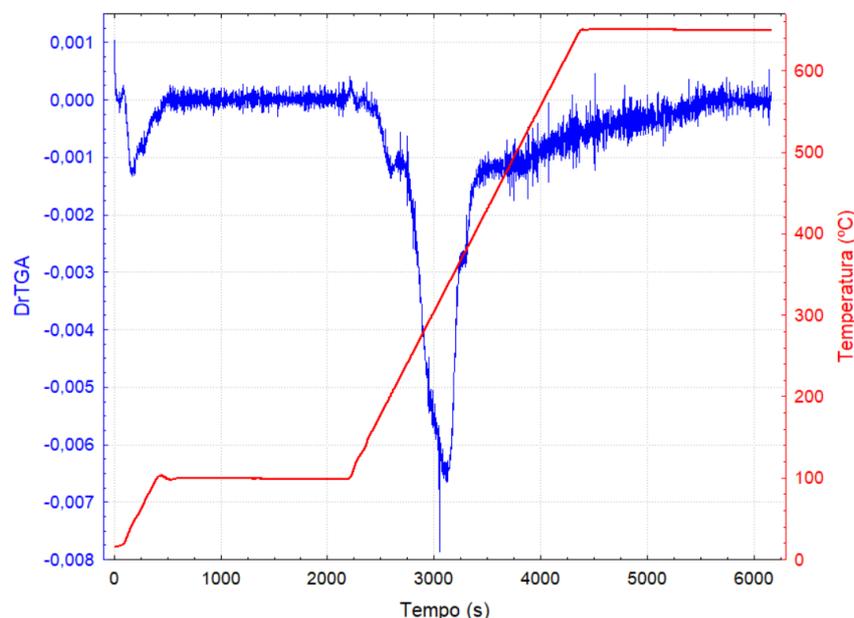


Figura 4: Análise térmica do caroço de azeitona (CAz)

O perfil de degradação dos compostos presentes no caroço de azeitona está de acordo com o observado por outros autores, tais como Rodrigues et al. (2021a) e Asimakidou e Chrissafis (2022). O caroço de azeitona consiste em um material lignocelulósico, sendo composto principalmente por celulose, hemicelulose e lignina. A presença de três picos de decomposição característicos também foi observada por outros autores (Sanginés et al., 2015; García Martín et al., 2020; Castells et al., 2023; El-Sheikh e Newman, 2023). Observa-se uma perda de massa abaixo de 100°C, inferior a 10%, atribuída à umidade e volatilização de compostos com baixa massa molecular (Biron, 2016; Rovani et al., 2016). Em cerca de 280°C há um pico associado à degradação de hemicelulose, sendo este também observado por Sanginés et al. (2015), Biron (2016) e El-Sheikh e Newman (2023), ao analisar o mesmo material. Com relação ao pico localizado em cerca de 350°C, este pode ser associado à presença de celulose. Acima de 400°C é possível observar a perda de massa relativa à presença de lignina, a qual persiste até cerca de 600°C (Sanginés et al., 2015).

CONCLUSÃO

Ao fim do presente trabalho foi possível obter uma fração rica em caroço de azeitona (CAz) a partir do bagaço (BAz) por meio do separador do tipo leito de jorro. Observou-se que, após a separação da fração rica em caroço, ocorreu um aumento no diâmetro médio de *Sauter* de 0,753 para 1,376 mm, além de um aumento nas massas específicas real e *bulk*, podendo ser associado à remoção de partículas menores pelo fluxo ascendente de ar do leito de jorro. A respeito da porosidade do leito de partículas ocorreu uma redução deste parâmetro após o emprego do leito de jorro, podendo ser atribuída à remoção das partículas de polpa, presente no bagaço. A respeito da análise termogravimétrica, foi possível identificar a presença de picos característicos de biomassa lignocelulósica, sendo este comportamento esperado tendo em vista a natureza do material. Uma vez comprovado que a biomassa apresenta compostos lignocelulósicos em sua composição, é possível considerar o seu emprego na sintetização de nanocelulose a fim de aplicá-la como reforço mecânico de matrizes poliméricas.

AGRADECIMENTOS

Às instituições CNPq, FAPERGS e CAPES pelo aporte financeiro, à UNIPAMPA pela infraestrutura e ao Grupo de Pesquisa Engenharia de Processos em Sistemas Particulados (GPEPSP) pela oportunidade.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, A. et al. Simulation studies of Cu(II) removal from aqueous solution using olive stone. **Cleaner Materials**, v. 5, 1 set. 2022.

AL-GHOUTI, M. A.; DIB, S. S. Utilization of nano-olive stones in environmental remediation of methylene blue from water. 2020.

ALMEIDA, M. S. F. DE. **Obtenção de lignina a partir do caroço do bagaço da azeitona oriundo da extração do azeite**. Trabalho de Conclusão de Curso—Bagé: Universidade Federal do Pampa, 16 mar. 2022.

Anuário brasileiro das oliveiras 2019. 2019 Santa Cruz do Sul Editora Gazeta, 2019. Disponível em: <www.editoragazeta.com.br>

ASIMAKIDOU, T.; CHRISAFIS, K. Thermal behavior and pyrolysis kinetics of olive stone residue. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 147, n. 16, p. 9045–9054, 22 ago. 2022.

BARUAH, J. et al. Recent trends in the pretreatment of lignocellulosic biomass for value-added products. **Frontiers in Energy Research** Frontiers Media S.A., 18 dez. 2018.

BIRON, C. **Caroço de azeitona (*Olea europea* L.): Preparação, caracterização e sua aplicação como bioissorvente na remoção do corante violeta de metila de solução aquosa.** Mestrado—Bagé: UNIPAMPA, 21 dez. 2016.

BRAKE, M. et al. Characterization of Jordanian olive cultivars (*Olea europaea* L.) using RAPD and ISSR molecular markers. **Scientia Horticulturae**, v. 176, p. 282–289, 11 set. 2014.

CASTELLS, B. et al. Ignition and explosion characteristics of olive-derived biomasses. **Powder Technology**, v. 420, p. 118386, abr. 2023.

CORRAL-BOBADILLA, M. et al. Effective use of activated carbon from olive stone waste in the biosorption removal of Fe(III) ions from aqueous solutions. **Journal of Cleaner Production**, v. 294, 20 abr. 2021.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidodinâmicos.** 5. ed. São Paulo: Blücher, 2012.

CUEVAS, M. et al. Drying kinetics and effective water diffusivities in olive stone and olive-tree pruning. **Renewable Energy**, v. 132, p. 911–920, 1 mar. 2019.

EL-SHEIKH, A. H.; NEWMAN, A. P. Partially pyrolyzed-non-activated olive stones: Characterization and utilization of olive stones partially-pyrolyzed at various temperatures for 2-chlorophenol removal from water. **Emerging Contaminants**, v. 9, n. 2, p. 100209, 1 jun. 2023.

FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J. et al. Characterization of the lignin obtained by alkaline delignification and of the cellulose residue from steam-exploded olive stones. **Bioresource Technology**, v. 68, n. 2, p. 121–132, maio 1999.

GARCÍA MARTÍN, J. F. et al. Energetic Valorisation of Olive Biomass: Olive-Tree Pruning, Olive Stones and Pomaces. **Processes**, v. 8, n. 5, p. 511, 26 abr. 2020.

HARWOOD, J.; APARICIO, R. **Handbook of olive oil: analysis and properties**. Boston, MA: Springer US, 2000.

HASANIN, M. S.; KASSEM, N.; HASSAN, M. L. Preparation and characterization of microcrystalline cellulose from olive stones. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 13, n. 6, p. 5015–5022, 11 abr. 2021.

INNANGI, M. et al. Effects of olive pomace amendment on soil enzyme activities. **Applied Soil Ecology**, v. 119, p. 242–249, 1 out. 2017.

KAPELLAKIS, I. E.; TSAGARAKIS, K. P.; CROWTHER, J. C. Olive oil history, production and by-product management. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 7, n. 1, p. 1–26, 17 jan. 2008.

KIEŁBASA, K. et al. Thermochemical conversion of lignocellulosic biomass - olive pomace - into activated biocarbon for CO₂ adsorption. **Industrial Crops and Products**, v. 187, 1 nov. 2022.

LEE, H. V.; HAMID, S. B. A.; ZAIN, S. K. Conversion of lignocellulosic biomass to nanocellulose: Structure and chemical process. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

MARTINY, T. R. et al. A novel biodegradable film based on κ-carrageenan activated with olive leaves extract. **Food Science and Nutrition**, v. 8, n. 7, p. 3147–3156, 1 jul. 2020.

MATA-SÁNCHEZ, J. et al. Development of olive stone quality system based on biofuel energetic parameters study. **Renewable Energy**, v. 66, p. 251–256, jun. 2014a.

MATA-SÁNCHEZ, J. et al. Development of olive stone quality system based on biofuel energetic parameters study. **Renewable Energy**, v. 66, p. 251–256, jun. 2014b.

MATHUR, K. B.; EPSTEIN, N. **Spouted beds**. [s.l.] Academic Press, 1974.

RODRIGUES, M. A. R.; CORREIA, C. M. **Manual da safra e contra safra do olival**. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2009.

RODRIGUES, T. L. et al. Avaliação do pré-tratamento da casca de acácia-negra e caroço de azeitona via polpação acetosolv e branqueamento. **Congrega Urcamp**, v. 17, p. 17, 2021.

RODRIGUES, T. L. **Acetilação de compostos lignocelulósicos oriundos do reaproveitamento de resíduo da olivicultura.** Trabalho de Conclusão de Curso—Bagé: Universidade Federal do Pampa, 13 maio 2021.

RODRÍGUEZ, G. et al. **Olive stone an attractive source of bioactive and valuable compounds.** *Bioresource Technology*, set. 2008.

ROMANIELLO, R.; LEONE, A.; TAMBORRINO, A. Specification of a new de-stoner machine: evaluation of machining effects on olive paste's rheology and olive oil yield and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 97, n. 1, p. 115–121, 15 jan. 2017.

ROVANI, S. et al. Synthesis and characterisation of activated carbon from agroindustrial waste - Preliminary study of 17 β -estradiol removal from aqueous solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 2, p. 2128–2137, 1 jun. 2016.

SANGINÉS, P. et al. Slow pyrolysis of olive stones in a rotary kiln: Chemical and energy characterization of solid, gas, and condensable products. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 7, n. 4, 1 jul. 2015.

SILVA, B. R. DOS S. et al. Estudo experimental da fluidodinâmica em leito de jorro de misturas binárias de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e de inertes. *Scientia Plena*, v. 14, n. 6, 23 jul. 2018.

SILVA, L. H. DA. **Secagem do bagaço de azeitona (*Olea europea* L.) para obtenção e caracterização de farinha.** Trabalho de Conclusão de Curso—Bagé: Universidade Federal do Pampa, 7 out. 2021.

SOARES, G. M. L. **Reaproveitamento e integração do bagaço de azeitona na produção de sabonete com potencial para esfoliação do tipo física.** Trabalho de Conclusão de Curso—Bagé: Universidade Federal do Pampa, 5 out. 2021.

ZHAO, H. et al. Characterization of California olive pomace fractions and their in vitro antioxidant and antimicrobial activities. *LWT*, v. 180, 15 abr. 2023.