

AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA DESLIGNIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DA CASCA DE ACÁCIA-NEGRA (*ACACIA MEARNsii DE WILD.*)

PEDROSO, P. C.¹; RODRIGUES, T. L.²; MORAIS, M. M.¹; ROSA, G. S.²;

ALMEIDA, A. R. F.²

¹ Engenharia Química, Universidade Federal do Pampa;

² Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pampa

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo a respeito de diferentes metodologias aplicadas no pré-tratamento dos resíduos da casca de acácia-negra, provenientes da indústria extrativa de taninos, tendo o pré-tratamento como intuito de que promover o fracionamento dos componentes lignocelulósicos. Desta forma, foram avaliadas as metodologias: alcalina (MET1), *acetosolv* (MET2) e *organosolv* (MET3), analisando como respostas o percentual de remoção de lignina *klason* e rendimento em massa. Assim, obteve-se uma remoção de lignina e rendimento correspondente a, respectivamente, 100% e 7% (MET1), 40% e 23% (MET2) e 26,66 e 28% (MET3). Ao fim do presente trabalho foi possível perceber que, apesar do baixo rendimento, a MET1 foi a que permitiu a obtenção do melhor resultado em decorrência da sua alvura elevada e à alta taxa de remoção de lignina *klason* presente na biomassa, permitindo o seu emprego em futuros estudos que requerem o uso de materiais altamente purificados.

Palavras-chave: Lignina; Pré-tratamento; Alcalino; *Acetosolv*; *Organosolv*.

INTRODUÇÃO

A acácia-negra (*Acácia mearnsii de Wild.*) consiste em uma árvore nativa da Austrália a qual pode ser encontrada em diversas regiões do planeta, inclusive no Brasil. De acordo com o Instituto Brasileiro de Árvores (2017), a acácia-negra é considerada a quarta espécie mais cultivada em solo brasileiro para fins comerciais. Sua principal aplicação está relacionada à extração de taninos presentes em sua casca, os quais podem ser obtidos de forma abundante e com elevada qualidade (LEMMENS; WULIJARNI-SOETJIPTO, 1991; NASCIMENTO, 2020; SCHUMACHER, 2019).

O processo de extração de taninos em escala industrial é responsável pela geração de resíduos da casca de acácia-negra, o qual compreende aproximadamente 70% dos resíduos produzidos pela atividade, onde no ano de 2016 foram geradas cerca de 40.000 toneladas de biomassa residual (SCHULTZ, 2016). Desta forma, diversas pesquisas têm sido realizadas relacionadas ao reaproveitamento deste resíduo agroindustrial, em que algumas envolvem o desenvolvimento de materiais adsorventes (DALLACCUA, *et al.*, 2020; MATOS, 2014),

geração de biogás (LEHKONEN, 2016), produção de nanocelulose (TAFLICK, 2017), entre outras.

Algumas das aplicações supracitadas requerem o emprego de pré-tratamentos que promovam o fracionamento dos componentes lignocelulósicos, bem como a remoção de impurezas como ceras, gorduras, entre outras (OGEDA; PETRI, 2010; WEGENER, 1983; KOMURA, 2015). Assim, diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação das metodologias do tipo alcalino (MET1), *organosolv* (MET2) e *acetosolv* (MET3) no pré-tratamento dos resíduos da casca de acácia-negra, analisando o efeito de cada procedimento no percentual de remoção de lignina *klason* e rendimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os resíduos de casca de acácia-negra foram doados pela Empresa SETA (Sociedade Extrativa de Tanino de Acácia Ltda.), localizada no município de Estância Velha/RS. O material foi moído em moinho de facas e peneirado em jogo de peneiras, onde selecionou-se as partículas com diâmetro inferior a 1 mm. Na etapa subsequente, realizou-se a remoção dos extrativos contidos na matéria-prima através de extração sequencial com hexano/etanol/água em *Soxhlet* durante 6 h. Como etapa final de preparo o material foi seco em estufa a 80 °C por aproximadamente 18 h, conforme metodologia proposta por Taflick (2017), obtendo assim a casca de acácia-negra sem extrativos (CAcSE).

Conforme mencionado anteriormente, foram avaliadas três metodologias a fim de promover a redução no teor de lignina *klason* dos materiais. Na MET1, a CAcSE foi mantida em contato com uma solução aquosa de hidróxido de sódio 2% (m/v) durante 4 h a 100 °C sob agitação mecânica. Com o término dessa etapa, realizou-se uma filtração do material seguido de neutralização e secagem em estufa a 50 °C durante 12 h. O material foi encaminhado para a etapa de branqueamento, usando solução composta por tampão acetato (27 g de NaOH e 75 mL de ácido acético glacial diluídos em 1L de água destilada) e clorito de sódio aquoso (NaClO₂ em água a 1,7% m/m) na proporção de 1:100 (m:v). O procedimento foi conduzido a 80 °C por 4 h e a findar deste período realizou-se uma filtração seguida de neutralização e secagem em estufa a 50 °C por 12 h, de acordo com a metodologia adotada por Flauzilino Neto (2012).

Na MET2, a CAcSE foi posta em um sistema de refluxo com uma solução contendo 93% (v/v) de ácido acético e 0,3% (v/v) de ácido clorídrico. O sistema de refluxo foi mantido por 3 h, seguido de filtração a vácuo, lavagem, neutralização e secagem em estufa a 50 °C durante 18 h. O branqueamento foi realizado com solução de peróxido de hidrogênio 5% (v/v) e uma solução de NaOH 4% (m/v) em um balão durante 90 min a 50 °C sob agitação constante. Na etapa subsequente, o material foi filtrado a vácuo e neutralizado, mantido em refluxo com solução de KOH 6% (m/v) a 90 °C durante 2 h. Ao final do processo reacional, realizou-se uma filtração a vácuo, seguida de neutralização e secagem em estufa a 50 °C por 18 h, de acordo com metodologia de Nascimento (2014).

Na MET3 a CAcSE foi posta em contato com uma solução de ácido nítrico/etanol (20:80 v/v) na proporção de 1:10 (g:mL), sendo mantido em um sistema de refluxo durante 3 h a 80

°C. A cada hora de reação, ocorreu, filtração, adição de uma nova porção de solvente e retomou-se ao refluxo. Ao findar a reação, realizou-se uma filtração a vácuo e junto de aproximadamente 250 mL de solução de NaOH 4% (m/v), a porção sólida foi mantido em repouso durante 24h. Após, o material foi filtrado, neutralizado com ácido acético 10% (v/v) e encaminhado para secagem em estufa a 100°C por 3h, conforme metodologia adotada por Rodrigues (2021).

As metodologias estudadas no presente trabalho foram avaliadas de acordo com o rendimento (Equação 1) e percentual de remoção de lignina *klason* obtido, onde o teor de lignina *klason* do material antes e após cada procedimento foi determinado através da metodologia indicada pela norma TAPPI T222 om-98 (TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, 2006) e o teor de cinzas pela norma TAPPI T211 om-22 (TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, 2007).

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Massa final}}{\text{Massa inicial}} \times 100 \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de teor de lignina *klason* e rendimento obtidos através das metodologias avaliadas são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Avaliação de pré-tratamento da casca de acácia-negra

Teor (%)	CAcSE	CAcBr		
		MET1	MET2	MET3
Lignina <i>klason</i>	30%	0%	18%	22%
Rendimento	-	7%	23%	28%

É possível perceber que ao empregar a MET1 ocorreu uma remoção de lignina *klason* de forma eficiente. Tal resultado pôde ser observado também nos estudos realizados por Chan *et al.* (2012) e Johar, *et al.*, (2012), os quais avaliaram os efeitos do pré-tratamento em kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) e casca de arroz, respectivamente. Chan *et al.* (2012) e Johar, *et al.*, (2012) relataram uma redução no teor de lignina *klason* em cerca de 99,86% e 100%. O procedimento alcalino apresenta uma série de efeitos positivos em relação à redução no teor de lignina *klason*, onde, de acordo com Fengel e Wegener (1989), esta metodologia é considerada efetiva ao ser empregada no tratamento de materiais herbáceos, tais como gramíneas e resíduos agrícolas. Sendo assim, os dados obtidos são coerentes com o indicado na literatura.

É importante ressaltar que fatores como concentração da solução de NaOH, temperatura e tempo de reação apresentaram efeitos significativos na eficiência de remoção da lignina *klason*, bem como na sua interação com os outros constituintes lignocelulósicos. A aplicação de soluções alcalinas com elevada concentração (>6%), por exemplo, podem promover

alterações tanto estruturais quanto morfológicas na celulose, produção de produto inibitório em decorrência da degradação da lignina *klason* e a decomposição da hemicelulose solubilizada. Desta forma, considerando que a concentração da solução alcalina empregada no presente trabalho foi correspondente a 2% (m/v), é possível supor que o procedimento adotado não afetou a estrutura celulósica (RAMBABU *et al.*, 2016; FENGEL E WEGENER, 1989).

Observa-se que na MET2 foi possível reduzir o teor de lignina *klason* em cerca de 40%, estando abaixo do relatado por outros autores, tais como Benar (1992) que removeu 82,06% da lignina *klason* contida na cana-de-açúcar e 77,36% da lignina *klason* presente na madeira de *Eucalyptus grandis*, e Rodrigues *et al.* (2021) que conseguiu reduzir este teor em aproximadamente 95,5% ao avaliar o pré-tratamento de resíduos de casca de acácia-negra. A respeito do rendimento, foi possível perceber que o mesmo se encontra dentro da faixa de valores observada na literatura, a qual compreende um amplo espectro localizado entre 11,2 e 91,8% (BENAR, 1992; SOUZA, 2018; LIGERO, *et al.*, 2005; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2016). A diferença entre os valores citados pode ser associada ao fato de que as biomassas estudadas são de diferentes origens e, portanto, comportam-se diferentemente frente ao pré-tratamento (RODRIGUES, 2021).

Conforme citado por Wansrosli *et al.* (2011), em um estudo sobre a influência das condições experimentais da metodologia *acetosolv* na estrutura das fibras de palma, este procedimento foi capaz de fracionar a estrutura celulósica em celulose, lignina *klason* e monossacarídeos, sendo a concentração de ácido acético o principal fator responsável pelo processo de deslignificação. Além da concentração de ácido acético, o processo de protonação, hidrólise, condensação, solubilização da lignina *klason*, e consequente desprendimento da celulose, foi favorecido pelo emprego de altas temperaturas (160°C) no caso de alguns materiais. Tal afirmação sugere que, caso houvesse a realização de um processo de otimização das condições experimentais empregadas, tanto o rendimento quanto a redução no teor de lignina *klason* poderiam ser elevados (BENAR, 1992; BOTARO, 1996 *apud* SILVA, 2019; WANSROLI *et al.*, 2011).

Através dos dados informados, observa-se que o efeito da MET3 no processo de deslignificação não foi eficiente, visto que a mesma removeu apenas 26,66% do componente presente na biomassa. Observa-se que o percentual de remoção de lignina *klason* foi inferior ao obtido por outros autores, tais como Rodrigues (2021), Ribeiro (2012) e Cruz (2010), que alcançaram um percentual de redução de lignina *klason* correspondente a 75,89% (caroço de azeitona), 98,22% (bagaço de cana-de-açúcar) e 99,25% (caroço de manga), respectivamente.

De acordo com Vaidya *et al.* (2022), a metodologia *organosolv* promove uma remoção das hemiceluloses de forma mais eficiente do que da lignina *klason*. Tal informação, associada ao fato de que a lignina *klason* por vezes acaba por ser precipitada sob as fibras celulósicas, justifica o fato da remoção da lignina *klason* não ter sido tão intensa (PINTO, 2019). A discrepância entre os valores reportados na literatura e o obtido no presente estudo pode ser também associada ao emprego de biomassas com diferentes características.

A Figura 1 ilustra a alteração na coloração da biomassa após cada um dos pré-tratamentos avaliados, na qual, observando da esquerda para a direita, é possível ver MET1, MET2 e MET3. Observa-se que a MET1 permitiu a obtenção de um material com alvura mais evidente, quando comparada às outras metodologias. Este comportamento também foi observado por Machado (2011), Nascimento (2014) e Hernández-Hernández *et al.* (2016) ao aplicarem a metodologia *acetosolv* no tratamento de resíduos de coco e de folha de agave, respectivamente. Tal alteração está diretamente relacionada com o processo de remoção de grupos cromóforos, os quais são responsáveis pela coloração do material e podem ser associados à presença de lignina *klason* remanescente e resíduos de hemicelulose (CRUZ, 2010; SOARES, 2019; SOUZA, 2018).

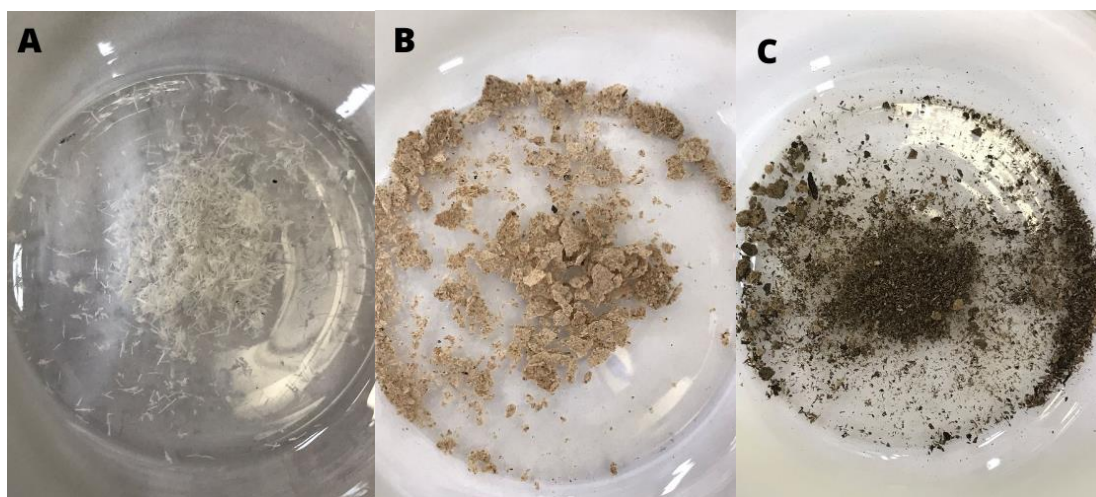


Figura 1: Alteração na cor da biomassa (A: MET1, B: MET2 e C: MET3).

Ao comparar o percentual de remoção de lignina *klason* e o respectivo rendimento obtido através de cada metodologia, é possível perceber que o aumento no rendimento está diretamente relacionado com a menor redução no teor de lignina *klason*. Segundo Taflick (2017) o alto teor de lignina *klason* na casca de acácia pode ocasionar uma rigidez quando comparada a outras fibras, o que poderia limitar a aplicação dos materiais obtidos através das MET2 e MET3.

As Figuras 2 e 3 apresentam a análise termogravimétrica das amostras obtidas por meio dos diferentes métodos avaliados no presente estudo.

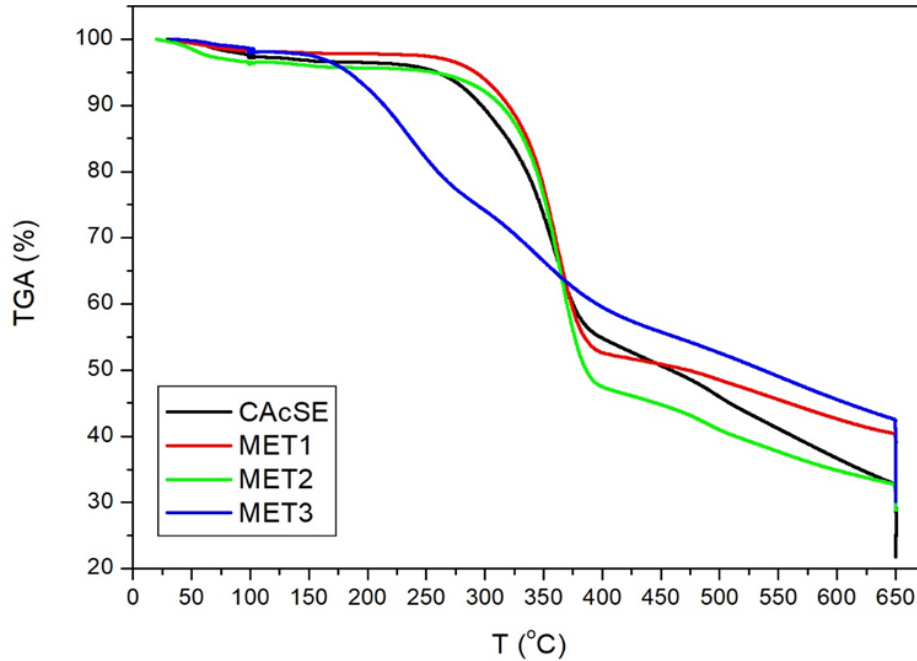


Figura 2: Análise de TGA.

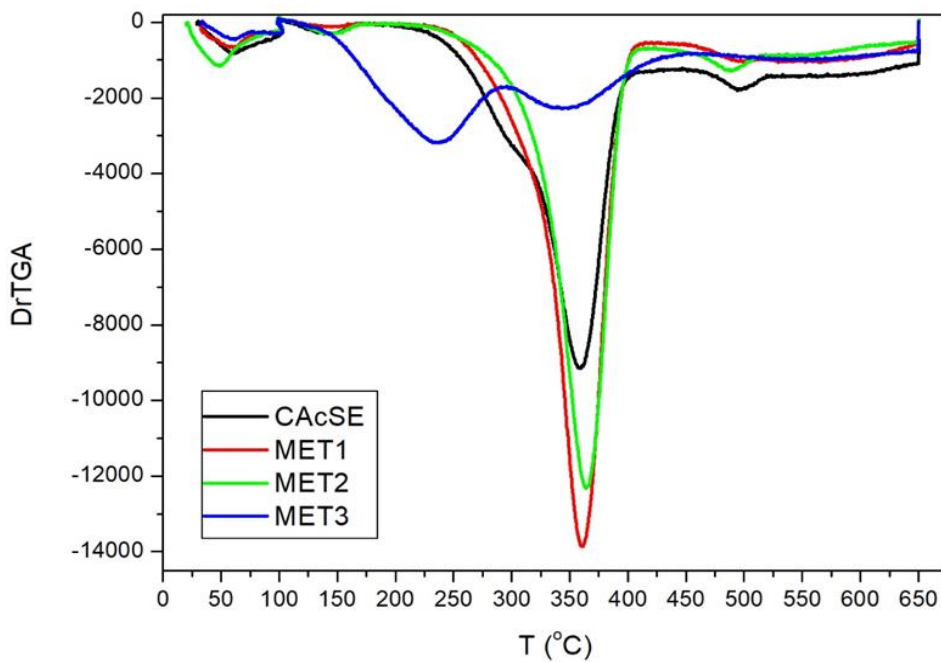


Figura 3: Análise de DrTGA

Através das curvas das Figuras 2 e 3 é possível observar uma perda de massa abaixo de 100°C, a qual pode ser associada à perda de umidade (TZVETKOV *et al.*, 2016; ROVANI *et*

al., 2016). A faixa de degradação de compostos lignocelulósicos está localizada entre 315 e 900°C, em que as faixas de 315-400°C, 220-315°C e 150-900°C podem ser associadas, respectivamente, à degradação de celulose, hemicelulose e lignina (REFFAS *et al.*, 2010; TZVETKOV *et al.*, 2016; YANG *et al.*, 2007).

É possível perceber que apenas as amostras CAcSE e MET3 apresentam perda de massa em cerca de 290°C, com baixa intensidade, podendo ser atribuída à despolimerização da hemicelulose (PONTES, 2017; TAFLICK, 2017). Tal observação sugere que apenas os pré-tratamentos via NaOH e *acetosolv* foram eficientes na remoção de hemicelulose. Também ao analisar as curvas termogravimétricas das amostras MET1 e MET2 é possível perceber que há apenas um pico localizado em aproximadamente de 350°C, o que, de acordo com Pontes (2017) e Taflick (2017), sugere que os procedimentos aplicados foram eficientes na remoção de hemicelulose e lignina. Esse resultado vai de encontro com o percentual de remoção de lignina apresentado anteriormente. É possível ainda observar que após o emprego da MET1 ocorreu um leve deslocamento do pico para a esquerda, o que pode ser associado a um aumento na cristalinidade da celulose (DITZEL, 2017; TAFLICK, 2017).

CONCLUSÕES

Ao fim deste trabalho, foi possível concluir que o pré-tratamento que forneceu os melhores resultados foi o tratamento alcalino seguido de branqueamento com clorito de sódio (MET1), que apesar de apresentar o menor rendimento permitiu a remoção completa da lignina *klason* presente em sua composição. Tal resultado sugere que ao purificar os resíduos de casca de acácia-negra através desta metodologia é possível utilizá-la como material precursor em procedimentos que necessitam do uso de materiais com elevada pureza, tais como nanocompósitos e materiais poliméricos.

REFERÊNCIAS

BENAR, P. Polpação acetosolv de bagaço de cana e madeira de eucalipto. Tese de mestrado apresentada à Universidade Estadual de Campinas - Área de concentração: Química Inorgânica. Linha de Pesquisa: Polpação. Orientador: Prof. Dr. Ulf F. Schuchardt- SP. 1992.

CHAN, C. H. et al., Production and Characterisation of Cellulose and Nano-Crystalline Cellulose from Kenaf Core Wood, v.8, n.1, p.787-792, 2013.

CRUZ, A. C. Síntese de caracterização de partículas de acetato de celulose, a partir do caroço da manga, para a produção de matrizes de liberação controlada de drogas. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em química como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Química. Área de concentração: Química. Linha de pesquisa: Físico Química. Orientador: Prof. Dr. Rosana Maria Nascimento de Assunção. Uberlândia-MG. 2010.

DALLACUUA, N, et al., Caracterização do resíduo da casca da Acácia-negra moída e impregnada com NaOH utilizada em processos adsorptivos. In: SALÃO DE ENSINO,

PESQUISA E EXTENSÃO DA UNIPAMPA, 12., 2020, Santana do Livramento. Anais [...] Santana do Livramento: Unipampa, 2020.

DITZEL, F. I. et al. CARACTERIZAÇÃO DA NANOCELULOSE EXTRAÍDA A PARTIR DA FARINHA DE MADEIRA DE PINUS. O 50º ABTCP Congresso Internacional de Celulose e Papel. n.10, p. 8-9, 2017.

FENGEL, D; WEGENER, G. WOOD: Chemistry, ultrastructure, reactions. 10 Ed. New York: Walter de Gruyter % Co, 1989. 617 p.

FLAUZILINO NETO, W. P. Extração e caracterização de nanocristais de celulose a partir de casca de soja, e sua aplicação como agente de reforço em nanocompósitos poliméricos utilizando carboximetilcelulose como matriz. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

George **Tzvetkov**, Simona Mihaylova, Katerina Stoitchkova, Peter Tzvetkov, Tony Spassov, Mechanochemical and chemical activation of lignocellulosic material to prepare powdered activated carbons for adsorption applications, Powder Technology (2016), doi: 10.1016/j.powtec.2016.05.033.

HERNÁNDEZ, H. M. et al. Acetosolv treatment of fibers from waste agave leaves: Influence of process variables and microstructural study. v.1, n.86, p.163-172, 2016.

Indústria Brasileira de Árvores- IBÁ, Relatório 2017, <https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 05 de Abril de 2022. 2017.

JOHAR, N, et al,. Extraction, preparation and characterization of cellulose fibres and nanocrystals from rice husk. v.1, p.93-99, 2012.

KOMURA, R. K. Investigação dos métodos de separação, uso e aplicação da lignina proveniente da biomassa lignocelulósica. 2015. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de São Paulo, Guaratinguetá, 2015.

LEHKONEN, K. Utilization of by-products of Acacia processing for biogas production. 51 f. 2016. Tese (Doutorado em Biotecnologia e Engenharia de Alimentos) - Universidade Häme de Ciências Aplicadas, Hämeenlinna, 2016.

LEMMENS, R. H. M. J.; WULIJARNI-SOETJIPTO, N. Plant Resources of South-East Asia. Wageningen: Pudoc; 1991. v.1 3 ed.

LIGERO, P.; VEGA, A.; BAO, M. Acetosolv delignification of Miscanthus sinensis bark Influence of process variables. v.1, n. 21, p.235-240, 2005.

Machado, B. A. S. et al. OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE DA FIBRA DE COCO VERDE E INCORPORAÇÃO EM FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO PLASTIFICADOS COM GLICEROL. **Quim. Nova**, v. 37, n. 8, p. 1275-1281, 2014.

MATOS, T. T. S. Avaliação de biocarvões obtidos da acácia negra (*Acacia mearnsii* de Wildemann) como adsorventes na remoção de pesticidas em água. 59 f. 2014. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

NASCIMENTO, D. M. COMPARAÇÃO AMBIENTAL E TECNOLÓGICA DE NANOESTRUTURAS DE CELULOSE OBTIDAS DA FIBRA DE COCO. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Química da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química. Área de concentração: Química. Orientador: Prof.a Dr.a Morsyleide de Freitas Rosa. Fortaleza-CE. 2014.

NASCIMENTO, P. A. Acácia negra no pódio das mais demandadas. Revista Campo & Negócios, [S. l.], Uberlândia, p. 27-33, 2020.

OGEDA, T. L.; PETRI, D. F. S. Hidrólise enzimática de biomassa. Química Nova, [S. l.], v. 33, n. 7, p. 1549-1558, 2010.

PINTO, L. O. PRODUÇÃO DE NANOCELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E SUA APLICAÇÃO EM FILMES. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Química na área de Físico-Química. Área de concentração: Físico Química. Orientador: Profa. Dra. Camila Alves de Rezende. Campinas-SP. 2019.

PONTES, S. M. A. OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE A PARTIR DO CAROÇO DE MANGA. Monografia apresentada ao curso de Química Industrial do Departamento de Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Química Industrial. Área de concentração: Química. Orientadores: Dr^a. Morsyleide de Freitas Rosa Prof. Dr. Pierre Basílio Almeida Fachine. Fortaleza-CE. 2017

RAMBABU, N. et al. Production of nanocellulose fibers from pinecone biomass: Evaluations and optimization of chemical and mechanical treatment conditions on mechanical properties of nanocellulose films. Industrial Crops and Products, v. 83, p. 746-754, 2016.

REFFAS, A. et al. Carbons prepared from coffee grounds by H₃PO₄ activation: Characterization and adsorption of methylene blue and Nylosan Red N-2RBL. **Journal of Hazardous Materials**, v. 175, n. 10, p. 779–787, 2010.

RIBEIRO, S. D. Síntese de caracterização de membranas de triacetato de celulose a partir do aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar para a liberação controlada de drogas. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em química como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Química. Área de concentração: Química. Linha de pesquisa: Físico Química de macromoléculas e colóides. Orientador: Prof. Dr. Guimes Rodrigues Filho. Uberlândia-MG. 2012.

RODRIGUES, T. L. Acetilação de compostos lignocelulósicos oriundos do reaproveitamento de resíduo da olivicultura. 2021. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021.

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

SCHULTZ, J. Obtenção de carvão ativado a partir de biomassa residual para a adsorção de poluentes. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SCHUMACHER, M. V. et al. SILVICULTURA APLICADA: PARTE I. 3. Ed. Santa Maria: UFSM, 2016. 104 p.

SILVA, J. O. OBTENÇÃO DE ACETATO DE CELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ANÁLISE DE DEGRADAÇÃO *IN VITRO*. Defesa de dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos para a obtenção do título de mestre em ciência dos materiais- Área de concentração: ciência dos materiais. Linha de pesquisa: Análise de degradação *in vitro*. Orientador: Prof. Dr. Vagner Roberto Botaro-SP, 2019.

SOARES, B. M. PRÉ-TRATAMENTOS AQUOSOS DO BAGAÇO E CAROÇO DE AZEITONA PARA OBTENÇÃO DE COMPOSTOS DE VALOR ACRESCENTADO. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Orientadores: Doutora Maria Suzana Leitão Ferreira Dias Vicente e Doutora Isabel Maria Silva Sanches de Miranda. Universidade de Lisboa. 2019.

SOUZA, N, F. Aplicação conjunta de processos para melhoria técnica e ambiental da obtenção de nanoceluloses a partir das fibras de dendê. Tese apresentada à Universidade Federal do Ceará para obtenção do título de Doutor em Engenharia Química. Área de Concentração: Processos Biotecnológicos. Orientadora: Dra. Morsyleide de Freitas Rosa- CE. 2018.

TAFELICK, T. Obtenção e caracterização de nanocompósitos de poli (ácido láctico) com nanocristais de celulose obtidos da casca de acácia. 115 f. 2017. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry – TAPPI. TAPPI 222: Acid-insoluble lignin in wood and pulp; 2006.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry – TAPPI. TAPPI 211: Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C; 2007.

VAIDYA, A. A. et al. A review on organosolv pretreatment of softwood with a focus on enzymatic hydrolysis of cellulose. **Springer**, *Biomass Conversion and Biorefinery* <<https://doi.org/10.1007/s13399-022-02373-9>>, n. 16, 2022.

WANROSLI, W. D. et al. Influence of the operating variables of acetosolv pulping on pulp properties of oil palm frond fibres. v. 2, n.13, p. 193-202, 2011.

YANG, H. et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*, [S. I.], v. 86, p. 1781-1788, 2007.