

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANDRESSA MOSOLI

**DESENVOLVIMENTO DE RESINA POLIURETANA HIDROFÓBICA PARA
MADEIRA A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL DE FRANGO**

CAMPO MOURÃO

2021

ANDRESSA MOSOLI

**DESENVOLVIMENTO DE RESINA POLIURETANA HIDROFÓBICA PARA
MADEIRA A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL DE FRANGO**

**Development of hydrophobic polyurethane resin for wood from chicken waste
Oil**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Licenciado do Curso de Licenciatura em Química do Departamento Acadêmico de Química – DAQUI da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientadora: Profa. Dra. Letícia Ledo Marciniuk

Coorientadora: Profa. Dra. Regiane da Silva Gonzalez

CAMPO MOURÃO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ANDRESSA MOSOLI

**DESENVOLVIMENTO DE RESINA POLIURETANA HIDROFÓBICA PARA
MADEIRA A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL DE FRANGO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Licenciado do Curso de Licenciatura em Química
do Departamento Acadêmico de Química – DAQUI
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR).

Data de aprovação: 16/dezembro/2021

Jorge Luís Nunes de Góes
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Letícia Ledo Marciniuk
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Patrícia Appelt
Doutora
Universidade Estadual Centro-Oeste

Regiane da Silva Gonzalez
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2021

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por me conceder a oportunidade de cursar uma faculdade pública e de qualidade.

Aos meus pais Sergio Mosoli e Shirley Furlan que sempre me apoiaram durante meu percurso, nunca me deram as costas quando precisei e sempre tiveram a paciência e persistência em me proporcionar todo amparo necessário para minha formação.

Gostaria de agradecer à UTFPR, que representa um exemplo de Ensino Superior público e de excelência no qual sempre vou levar do lado esquerdo do peito.

A minha Orientadora Letícia Marciniuk e Coorientadora Regiane da Silva Gonzalez que se propuseram a me guiar nesta reta final, proporcionando todo conhecimento e paciência.

A todos envolvidos de alguma forma.

RESUMO

A produção de polímeros está fortemente atrelada ao uso do petróleo como matéria prima principal. Materiais poliméricos reticulados, a exemplo da poliuretana, apresentam grandes aplicações em diversos setores industriais, porém o elevado tempo de degradação deste polímero devido a matéria prima utilizada representa um grave problema ambiental. Somado a isso, os óleos provenientes do abate de frangos, principalmente de vísceras e peles, também vêm causando impactos ambientais devido ao seu descarte incorreto. Desta forma, este trabalho apresenta uma síntese inovadora de poliuretanas biodegradáveis a partir do óleo de frango residual. A obtenção da resina poliuretana foi identificada a partir das análises de espectroscopia no infravermelho, termogravimetria e calorimetria diferencial de varredura, nas quais foi possível observar grupos funcionais característicos desse tipo de polímero, além de propriedades impermeabilizantes. Diante disso, realizaram-se ensaios de aplicabilidade da resina sintetizada frente ao revestimento e proteção da madeira, como o envelhecimento acelerado e análises de ângulo de contato, evidenciando-se uma maior eficiência quando comparada a uma cera de abelha comercial.

Palavras-chave: poliuretanas; óleo de frango; síntese; madeira.

ABSTRACT

The production of polymers is strongly linked to the use of petroleum as the main raw material. Crosslinked polymeric materials, such as polyurethane, have great applications in various industrial sectors, but the high degradation time of this polymer due to the raw material used represents a serious environmental problem. Added to this, the oils from chicken slaughtering, mainly from offal and hides, have also been causing environmental impacts due to their incorrect disposal. Thus, this work presents an innovative synthesis of biodegradable polyurethanes from residual chicken oil. The obtaining of the polyurethane resin was identified from the analysis of infrared spectroscopy, thermogravimetry and differential scanning calorimetry, in which it was possible to observe functional groups characteristic of this type of polymer, besides waterproofing properties. In view of this, tests were conducted on the applicability of the synthesized resin for coating and protecting wood, such as accelerated aging and contact angle analysis, showing a greater efficiency. When compared to a commercial beeswax.

keywords: polyurethanes; chicken oil; synthesis, wood.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1	Propriedades físico-químicas dos óleos e gorduras	9
2.2	Processamento industrial do frango	10
2.3	Reaproveitamento do óleo residual de frango	12
2.4	Polímeros e poliuretanas	13
2.5	Isocianatos e álcoois	16
2.6	Produtos de acabamento para superfície de madeiras	17
3.	OBJETIVOS	21
3.1	Objetivo geral	21
3.2	Objetivos específicos	21
4.	METODOLOGIA	22
4.1	Extração e fracionamento do óleo residual de frango	22
4.2	Avaliação da peroxidação lipídica	22
4.3	Síntese do polímero	23
4.4	Caracterização e aplicação do polímero sintetizado	23
4.4.1	Espectroscopia no infravermelho com transformada de fourier	23
4.4.2	Análise termogravimétrica	24
4.4.3	Calorimetria diferencial de varredura	24
4.4.4	Ensaio de envelhecimento acelerado da resina em superfície de madeira	24
4.4.5	Avaliação da capacidade impermeabilizante da resina	25
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1	Extração e fracionamento do óleo residual de frango	26
5.2	Avaliação da peroxidação lipídica	26
5.3	Síntese do polímero	28
5.4	Caracterização e aplicação do polímero sintetizado	29
5.4.1	Espectroscopia no infravermelho com transformada de fourier	29
5.4.2	Análise termogravimétrica	33
5.4.3	Avaliação da capacidade impermeabilizante da resina	35
6.	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Atualmente sabemos que há uma grande variedade de produtos derivados de polímeros em nosso mercado atual, todavia, quando analisamos a composição destes produtos nos deparamos com matérias primas e aditivos que muitas vezes não condizem com materiais biodegradáveis. Isso acarreta na geração de uma grande quantidade de resíduos sólidos, ocasionada principalmente pelo aumento da população, elevado consumo de produtos industrializados e não reciclagem destes materiais (LUCHESE, 2017).

Dentre os diversos tipos de polímeros, tem-se a poliuretana (PU), proveniente do fracionamento do petróleo e amplamente utilizada na produção de espumas para colchões, travesseiros, isolantes térmicos de paredes e refrigeradores, produção de fibras, vedações, entre outros. No entanto, seu uso desenfreado e descarte incorreto podem ocasionar graves problemas ambientais, devido ao elevado tempo de degradação destes polímeros sintéticos (ROCHA, 2014).

Desta forma, as indústrias enfrentam um grande desafio: produção de materiais que gerem menor impacto ambiental, a fim de diminuir o tempo de degradação das PU's, substituindo o polímero sintético e produzindo um polímero biodegradável (HOWARD, 2002).

Uma alternativa é a substituição das fontes petroquímicas por fontes renováveis e biodegradáveis de matéria prima, como é o caso de óleos vegetais ou gorduras animais.

Em consonância com a necessidade das indústrias em produzir esses materiais biodegradáveis visando a sustentabilidade, encontra-se o descarte do óleo e gordura de vísceras e carcaças de frango provenientes do abate das aves pelas indústrias. A crescente expansão da produção de carne de frango no Brasil fez com que a indústria avícola aprimorasse a qualidade das carcaças colocadas à disposição dos consumidores, porém levando a geração de resíduos como a presença de óleo nas carcaças.

O grande problema seria qual o destino a ser dado a este material pelo abatedouro, já que a utilização de subprodutos de origem animal vem sendo cada vez mais proibida e retirada das dietas animais, gerando um potencial poluente (RODRIGUES *et al.*, 2005).

O trato inadequado dos resíduos industriais também contribui para o agravamento dos problemas ambientais, uma vez que os produtos que não podem ser transformados em ração ou farinha, por exemplo, são lançados nos rios. Por isso, é preciso minimizar os resíduos gerados, procurando uma forma de reaproveitamento, uma vez que a mesma pode ser economicamente viável, pois oferece uma possibilidade de economia de matéria prima, tendo em vista o controle ambiental e geração de produtos sustentáveis.

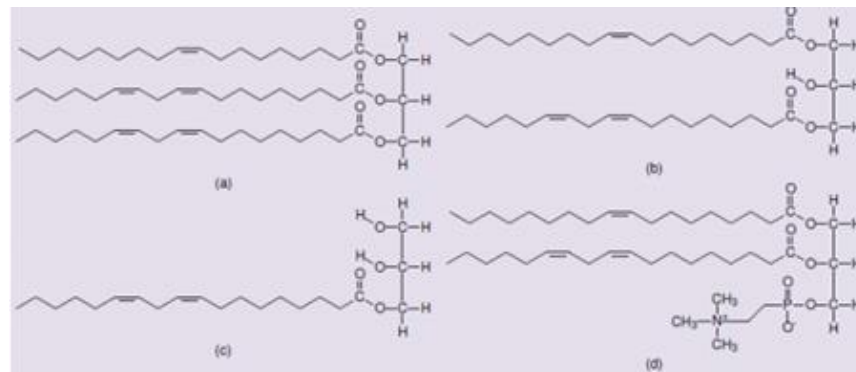
Por conseguinte, diante do descarte desses subprodutos e resíduos gerados pelas indústrias avícolas e da necessidade das indústrias de polímeros em utilizar matéria prima alternativa ao petróleo, o presente trabalho apresenta a utilização do óleo de vísceras e peles de frango na síntese de poliuretanas biodegradáveis, além de sua caracterização e estudo de aplicabilidade na conservação e acabamentos de madeira.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Propriedades físico-químicas dos óleos e gorduras

Os óleos e as gorduras podem ser oriundos de fontes vegetais ou animais. São compostos hidrofóbicos com característica apolar constituídos de ésteres contendo três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol (RAMALHO; SUAREZ, 2013), como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Representação de ésteres derivados da glicerina presentes em óleos e gorduras:(a)Triacilglicerídeo; (b) diacilglicerídeo; (c) monoacilglicerídeo; (d) lecitina.



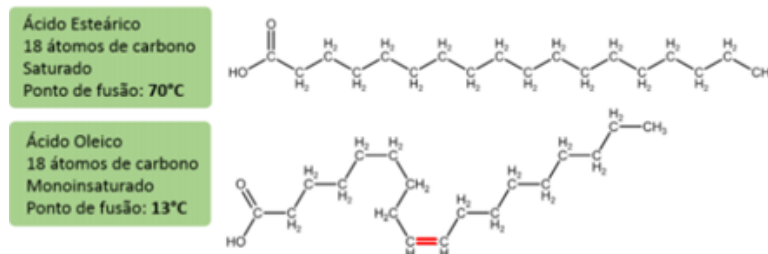
Fonte: RAMALHO; SUAREZ (2013, p.13)

À temperatura ambiente os ácidos graxos saturados de grande comprimento apresentam consistência cerosa, enquanto os de cadeia menor, insaturados se apresentam no estado líquido. Assim os óleos são triglicerídeos líquidos à temperatura ambiente e a gordura, por sua vez, é derivada de compostos sólidos ou pastosos à temperatura ambiente, na qual há predominância de ácidos graxos saturados.

As propriedades físicas dos ácidos graxos dependem de 2 fatores principais: comprimento da cadeia carbônica e grau de insaturação. Assim o ponto de fusão aumenta de acordo com o aumento das respectivas massas moleculares. Quando saturados, possuem apenas ligações simples entre os átomos de carbono e possuem pouca reatividade química. Já os ácidos graxos insaturados, contêm uma ou mais ligações duplas no seu esqueleto carbônico, sendo mais reativos e suscetíveis a termo oxidação. Além disso, como os ácidos graxos saturados apresentam moléculas mais próximas umas das outras, conseqüentemente seu

ponto de fusão é maior quando comparado aos insaturados, como mostra a Figura 2 (REDA; CARNEIRO, 2007).

Figura 2 - Cadeias carbônicas saturadas e insaturadas dos ácidos graxos.



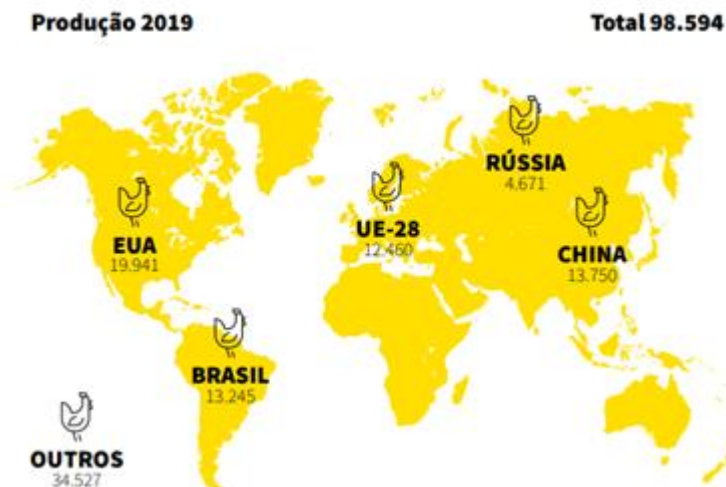
Fonte: CNPEM (2019, p. 20)

Os óleos vegetais e animais são constituídos, predominantemente, por ésteres de triacilgliceróis simples ou mistos e pequenas quantidades de mono e diacilgliceróis. Além dos glicerídeos, podem ser encontradas pequenas quantidades de outros componentes que podem ser removidos, parcial ou completamente, durante o refino dos óleos e gorduras, como os fosfatídeos (lecitinas, cefalinas, fosfatidil inositol); esteróis (estigmasterol); ceras (palmitato de cetila); hidrocarbonetos insolúveis (esqualeno); carotenóides; clorofila; tocoferóis (vitamina E); lactonas e metilcetonas, entre outros. Essas substâncias, ainda que em traços, podem influenciar nas características dos produtos devido a alguma propriedade peculiar, entre elas a ação pró ou antioxidante, odor, sabor e coloração (REDA; CARNEIRO, 2007).

2.2 Processamento industrial do frango

Em termos mundiais, a fonte de proteína animal (exceto leite) mais produzida e consumida é a carne suína, com 29,86%, seguida da carne de frango (22,97%), ovos de galinha (18,5%) e carne bovina (17,56%). O Brasil, em 2019, foi considerado o terceiro maior produtor de frangos de corte com 13.245 mil toneladas, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos, como apresentado na Figura 3 (KRABBE *et al.*, 2013; ABPA, 2020).

Figura 3 - Estatística da produção mundial de frango (em mil toneladas).



Fonte: ABPA (2020, p.31)

O abate e o processamento de carcaças de aves compreendem as atividades de controle desenvolvidas dentro do abatedouro, a partir do momento em que as aves chegam à plataforma de recepção até a obtenção do produto final, sendo imprescindíveis medidas higiênicas-sanitárias, de segurança dos alimentos e de conservação a frio, o que pode assegurar o controle de microrganismos patogênicos (FIGUEIREDO *et al.* 2007).

Segundo Tomiello (2014), o processamento industrial do frango está dividido nas seguintes etapas: recepção, atordoamento, sangria, escaldagem, depenagem, escaldagem de pés e remoção de cutículas, evisceração e lavagem final, resfriamento e gotejamento, embalagem e armazenamento.

Este processamento tem a finalidade de converter a carne em um produto comestível, eliminando toda parte indesejável, como: sangue, pernas vísceras, patas e cabeça. Embora esta parte descartada possa ser utilizada como matéria prima para outros produtos, essa perda pode ocasionar um impacto econômico e ambiental significativo para a indústria (SARCINELLI *et al.*, 2007).

Quando considerado o impacto ambiental, durante o processamento é produzida grande quantidade de efluentes de material orgânico, constituindo importante fonte de poluição industrial quando não tratado. Há três efluentes principais: sangue, penas e carcaça com vísceras não comestíveis. As vísceras não

comestíveis, juntamente com peças condenadas constituem matéria prima para a obtenção de graxas e farinhas (MORAES, 1999).

2.3 Reaproveitamento do óleo residual de frango

Devido ao fato de o óleo de frango apresentar baixos valores de ácido graxos saturados, quando comparado a outras fontes de origem animal, ele pode ser considerado como um semilíquido à temperatura ambiente, desta forma tanto a nomenclatura “óleo” como “gordura” podem ser utilizadas (CHIU; GRIMALDI; GIOIELLI, 2007).

Uma característica da gordura de frango é que a mesma pode ser separada em duas frações: oleína, que é totalmente líquida, devido à alta concentração de ácido oleico e a estearina, rica em ácidos graxos saturados, cristalizando-se à temperatura ambiente, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Composição em ácidos graxos, índices de iodo e saponificação da gordura de frango e de suas frações estearina e oleína obtidas pelo fracionamento a 20°C.

Ácidos Graxos (%)	Gordura de frango	Estearina	Oleína
C14:0 mirístico	0,6	0,8	0,8
C16:0 palmítico	24,7	34,2	24,5
C16:1 palmitoléico	7,1	6,3	7,8
C18:0 esteárico	6,0	9,1	3,5
C18:1 oléico	43,4	38,6	43,8
C18:2 linoléico	17,2	10,8	18,6
C18:3 α -linolênico	1,0	0,2	1,0
Σ Saturados	31,3	44,1	28,8
Σ Monoinsaturados	50,5	44,9	51,6
Σ Poliinsaturados	18,2	11,0	19,6
Índice de Iodo (g iodo/100 g)	76	59	80
Índice de Saponificação (mg KOH/g)	196	198	197

Fonte: CHIU; GRIMALDI; GIOIELLI (2007, p. 25)

Embora haja muitas etapas em seu processamento, o que em primeira vista acredita-se que o animal é aproveitado por completo, ainda há muitas sobras ao final do abate das aves, o que corresponde a 30% do peso do animal abatido, sendo 2 a 5% correspondente a gordura abdominal e 10% de peso em pele rica em gordura.

Devido a estas sobras possuírem grande parte de óleo, as indústrias avícolas sempre procuram um meio de reaproveitamento, como a aplicação do

mesmo na ração das próprias aves. Contudo, quando submetido a altas temperaturas, pode sofrer oxidação, prejudicando o crescimento das aves devido a grande quantidade de ácidos graxos insaturados presentes no mesmo (CENTENARO, *et al.*, 2008).

Além disso, tem-se aumentado as restrições do mercado consumidor com relação ao uso dos resíduos da indústria cárnea na produção de alimentos para os próprios animais, em decorrência do surgimento de enfermidades como a Encefalopatia Espongiforme bovina, ou “doença da vaca louca” (FIGUEIREDO *et al.*, 2007). No Brasil, a utilização destes óleos e gorduras de origem animal adicionados à alimentação de ruminantes é proibida (TOMIELLO, 2014).

Desta forma, uma das grandes preocupações e desafios da indústria avícola tem sido o processamento, tratamento e reaproveitamento adequado dos resíduos e efluentes provenientes dos abatedouros de uma maneira segura e economicamente viável (FIGUEIREDO, *et al.*, 2007).

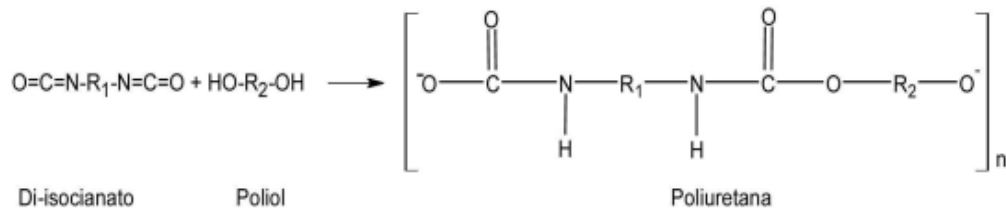
2.4 Polímeros e poliuretanas

Em termos gerais, os polímeros são macromoléculas formadas pela polimerização de unidades de repetição chamadas monômeros e exibem propriedades físicas e químicas distintas dos mesmos (HUANG, *et al.*, 2021). Podem ser naturais, como as proteínas, os polissacarídeos e o ácido desoxirribonucleico (DNA), presentes e indispensáveis para o funcionamento de nosso organismo; ou sintéticos, como os derivados do petróleo, por exemplo: poliestireno, náilon, polietileno, polipropileno, entre outros. Esses últimos representam um grande problema ambiental devido ao uso excessivo de fontes não renováveis para sua obtenção (CASTRO, *et al.*, 2019).

Segundo Soares (2012), polímero é um composto constituído de moléculas que se encontram em repetição de uma ou mais espécies de átomos ou grupo de átomos (monômeros) ligados a outros, formando uma macromolécula. Assim, cada macromolécula se liga formando uma rede e constituindo o polímero.

Atualmente, estão cada vez mais presentes em vários aspectos das tecnologias modernas, como na medicina e indústria automobilística, por exemplo, devido às suas propriedades singulares: baixo peso, resistência à corrosão,

Esquema 2 - Reação de síntese de poliuretano.



Fonte: PEREIRA (2010, p.20)

Outros reagentes podem ser utilizados durante a síntese, como: agentes de cura ou extensores de cadeia contendo dois ou mais grupos reativos; catalisadores; agentes de expansão; surfactantes; cargas; agentes antienvelhecimento, corantes, pigmentos, retardantes de chama, desmoldantes, entre outros (VILAR, 2004).

O desenvolvimento comercial das PU's começou na Alemanha no final da década de 1930, inicialmente com a fabricação de espumas rígidas, adesivos e tintas. No Brasil sua chegada foi entre 1961 e 1965, com as primeiras fábricas sendo instaladas na região sudeste, atendendo principalmente a indústria automotiva (VILAR, 2004).

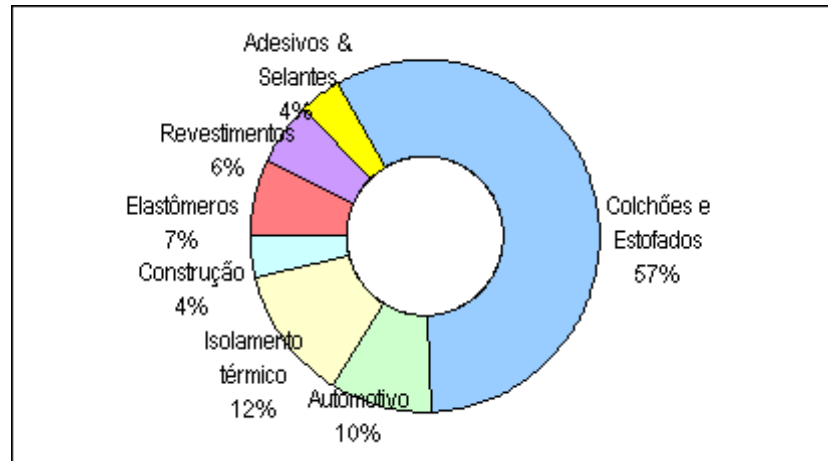
Durante a Segunda Guerra Mundial o desenvolvimento das PU's foi cessado, porém desde 1946 o seu mercado tem apresentado um crescimento enorme. A década de 1950 registrou o desenvolvimento comercial das PU's em espumas flexíveis. Durante os anos 60, o uso dos clorofluorcarbonos (CFC's) como agente de expansão das espumas rígidas resultou no grande emprego deste material em isolamento térmico. Na década de 1970 as espumas semi-flexíveis e semi-rígidas revestidas com materiais termoplásticos foram largamente usadas na indústria automotiva. Nos anos 80, o crescimento de importância comercial foi a moldagem por injeção e reação (RIM), dando ímpeto aos estudos das relações entre estrutura molecular e propriedades das PU's (VILAR, 2004).

A partir da década de 90, a crescente preocupação com meio ambiente acelerou as pesquisas voltadas ao desenvolvimento de PU's biodegradáveis e recicláveis, direcionados à substituição dos CFC's, considerados danosos à camada de ozônio, e ao desenvolvimento de sistemas que não possuem compostos orgânicos voláteis (KLOSS, 2007).

A flexibilidade de escolha dos reagentes possibilita a obtenção de uma ampla variedade de compostos com diferentes propriedades físicas e químicas, que

permitem aos poliuretanos ocupar um papel importante no mercado mundial de polímeros sintéticos de alto desempenho. Centenas de aplicações foram desenvolvidas para atender a diversos segmentos do mercado (STANKUS *et al.*, 2006; YEGANEH; TALEMI, 2007). Os principais materiais fabricados a partir dos PU's da América Latina são apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Consumo de poliuretano por segmento na América Latina.



Fonte: VILAR (2004, p.39)

2.5 Isocianatos e álcoois

A síntese de um poliuretano está baseada nas reações do grupo isocianato, altamente reativo podendo formar dímeros, trímeros ou até carbodiimidas. Os isocianatos podem ser representados pela fórmula geral $R(N=C=O)_n$ onde R poderá ser grupos aromáticos, alifáticos ou cíclicos e "n" representa a funcionalidade do isocianato, podendo variar de 2 (diisocianato) até 4 (poliisocianatos) (SOARES, 2012).

No mercado são encontrados diversos tipos de isocianatos, nos quais 95% são derivados do diisocianato de tolueno (TDI) devido a sua maior reatividade e baixo custo de obtenção (VILAR, 1993).

A maior procura pelo TDI no mercado é designada à produção de espumas flexíveis (85%), todavia, há uma parte direcionada também à indústria de revestimentos (10%) como resinas e de outras pequenas aplicações (5%) (PEREIRA, 2010).

Os polióis, por sua vez, utilizados na preparação de PU's juntamente com isocianatos, são compostos de relativa baixa massa molar, normalmente entre 500 a 8000, os quais possuem hidroxilas terminais. A característica mais importante desses compostos é a funcionalidade (número de hidroxilas terminais por molécula) que varia de 1,8 a 4,0, porém os valores mais comumente encontrados estão entre 2 (dióis) e 3 (trióis) (AGNELLI, 1983; VILAR, 2004).

Fundamentalmente, a estrutura química, a massa molar e a funcionalidade, são características que especificam as diferentes classes e séries de polióis. Vários estudos analisaram a influência das características desses materiais na estrutura e propriedades de vários PU's elastoméricos (AGNELLI, 1983; ZAWADZKI, 1983; ZAWADZKI, 1996).

Atualmente, isocianatos comerciais e polióis para síntese de espumas e outros materiais de poliuretanos são derivados de petróleo. A busca por componentes provindos de fontes renováveis tem gerado pesquisas em torno dos bio-polióis, materiais derivados de óleos naturais, açúcar ou lignina. Devido ao alto número de reticulações, as espumas rígidas, por exemplo, possuem alta resistência à biodegradação. Entretanto, o uso de polióis alternativos resulta em materiais que causam menor impacto ambiental. (SILVA, 2008; TAN *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2014).

Desta forma, além da tentativa de substituição de CFC's e de sistemas que possuem compostos orgânicos voláteis, um grande desafio das pesquisas atuais de desenvolvimento de PU's, é a utilização de matéria prima de origem vegetal ou animal, como o óleo de frango, por exemplo, para a substituição de derivados do petróleo, o que possibilita a biodegradação, contribuindo de forma positiva para o meio ambiente.

2.6 Produtos de acabamento para superfície de madeiras

A madeira é um recurso natural renovável de elevada resistência mecânica, facilmente manipulada e processada. Destaca-se entre os materiais de construção por sua versatilidade e aplicabilidade diversificada. No entanto, por ser composta de material orgânico é mais propensa ao ataque e decomposição por insetos, fungos e

bactérias, quando comparada a outros materiais (JESUS, 2000; MENDES *et al.*, 2016).

A maioria das espécies florestais são suscetíveis a ações do intemperismo, o que pode resultar na alteração de suas características naturais e até mesmo inviabilizar sua utilização. Pode se deteriorar pela atuação de diversos agentes de degradação, os quais podem apresentar mecanismos de ações físicas, químicas, biológicas ou ambientais que atuam sobre o material, como a umidade, radiação solar, atividade de organismos vivos, entre outros, como mostra a Figura 5 (DUARTE, 2004).

Figura 5 - Fatores ou agentes de degradação que influenciam a durabilidade de materiais de construção (baseado na norma ASTM E 632-82)



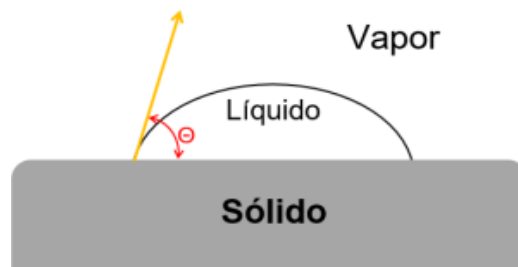
Fonte - Autoria própria (adaptado de BARRERO, 2015, p.58)

Segundo Barrero (2015), a água é um dos mais importantes agentes do intemperismo, uma vez que sua ação pode acontecer nos 3 estados físicos: líquido, na forma de chuvas, vapor na forma de umidade e sólido na forma de gelo, influenciando nas propriedades de diversos tipos de materiais utilizados na construção civil.

Quando ocorre o contato de um líquido com uma superfície sólida, o mesmo pode se espalhar ou contrair, formando um ângulo entre os dois que é chamado ângulo de contato. Com base no formato da gota é possível medir esse ângulo de

contato e assim determinar a molhabilidade da superfície, podendo ser determinado pela reta tangente ao ponto trifásico da gota sobre o material, como pode ser observado na Figura 6 (VEDOVATTO, 2020).

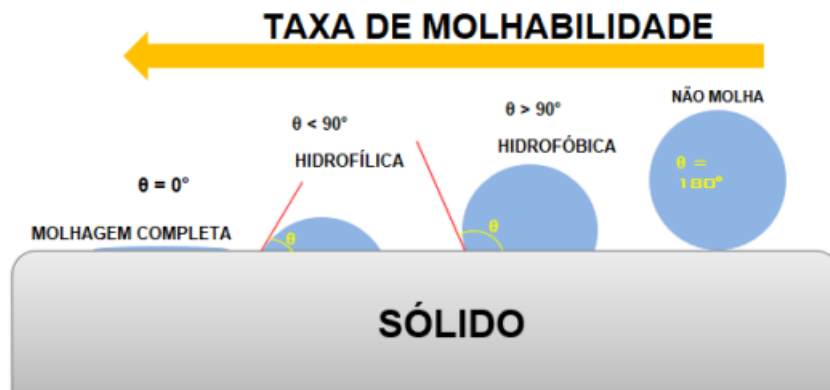
Figura 6 - Ilustração da determinação do ângulo de contato



Fonte: VEDOVATTO (2020, p.68)

Através desse ângulo é possível determinar o grau de hidroflicidade ou hidrofobicidade dos sólidos, ou seja, é possível saber se a água terá capacidade de permear ou não o sólido e assim determinar seu grau de molhabilidade, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Grau de molhabilidade



Fonte: VEDOVATTO (2020, p.73)

Se o ângulo formado entre o líquido e a superfície for inferior a 90° , o sólido é classificado como hidrofílico, já se o valor pertencer no intervalo de 90° a 150° , é classificado com hidrofóbico. Valores acima de 150° são chamados de superhidrofóbicos.

“Outros agentes de degradação importantes, tais como, temperatura e radiação solar (ultravioleta) podem ocasionar transformações físicas, químicas,

micro e macroestruturais no material” (BARRERO, 2015, pg 44). As características mais afetadas são a cor e textura, influenciando em sua qualidade, não-homogeneidade e menor valor agregado ao produto final (MENDES *et al.*, 2016).

Diante disso, é fundamental o uso de materiais de revestimento que tenham a função de proteger e preservar produtos feitos à base madeira, tornando-a mais agradável esteticamente. Esses produtos de revestimento podem ser de origem natural - ceras e óleos, como a cera de abelha, por exemplo, que podem ser aplicados à superfície da madeira, com a finalidade de proteger, conservar, lustrar e limpar - ou sintética, os quais os mais utilizados na indústria moveleira são as tintas, vernizes e seladores.

Dentre as mais diversas aplicações dos poliuretanos, pode-se destacar seu uso como materiais de revestimentos, protegendo e embelezando uma grande quantidade de substratos, como o aço, concreto, plásticos, metais, papel, couro e madeira (COUTINHO; DELPECH, 1999).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi o reaproveitamento do óleo de vísceras e peles de frango na síntese de uma poliuretana biodegradável, sua caracterização, assim como sua aplicabilidade como material de revestimento e acabamento de madeira.

3.2 Objetivos específicos

- Obter o óleo de vísceras e peles de frango por aquecimento;
- Fracionar a amostra em duas fases: oleína e estearina;
- Realizar a síntese de um polímero a partir da fase oleína do frango e diisocianato de tolueno;
- Caracterizar o produto da síntese por Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier; Calorimetria Diferencial de Varredura e Termogravimetria.
- Avaliar a aplicabilidade do produto sintetizado quanto ao seu uso como material de revestimento e proteção de madeiras por meio do ensaio de envelhecimento acelerado em luz ultravioleta e análise de ângulo de contato.

4. METODOLOGIA

Os materiais e reagentes utilizados no desenvolvimento do polímero foram: peles e vísceras de frango, ácido tiobarbitúrico (TBA) 46 mM em ácido acético glacial, hexano P.A. (Neon), acetona P.A. (Impex), diisocianato de tolueno (Aldrich) (TDI), água destilada, estufa, disco, pêra, becker, pincel chato, pipeta volumétrica de 2 mL.

4.1 Extração e fracionamento do óleo residual de frango

O fracionamento de óleos e gorduras é uma forma de processamento na qual os triglicerídeos são separados em frações de ponto de fusão e composições diferenciadas. Trata-se de um processo de modificação reversível que envolve uma cristalização parcial seguida da separação por filtração das frações sólidas e líquidas (CENTENARO *et al.*, 2008).

As peles e vísceras de frango utilizadas como matéria prima residual para a síntese do polímero foram provenientes de avicultores da cidade de Ubiratã, Paraná. Primeiramente foram aquecidas até fervura (por 10 min) com pequena quantidade de água, sendo a parte sólida filtrada e descartada. O óleo extraído foi mantido à temperatura de 15°C por 24 h e, posteriormente, colocado em estufa a 80°C por mais 24h, sendo então armazenado a temperatura ambiente para posterior uso.

4.2 Avaliação da peroxidação lipídica

O experimento foi baseado na metodologia proposta por Papastergiadis, *et al* (2012) com algumas modificações. Inicialmente foi preparado uma solução de ácido tiobarbitúrico (TBA) 46 mM em ácido acético glacial, e posterior mistura com o óleo extraído.

Para avaliar o processo de peroxidação lipídica ocorrido na extração do óleo foram utilizados 2 procedimentos de extração em diferentes temperaturas resultando em 4 amostras diferentes: (i) óleo extraído a frio utilizando hexano na proporção 50/50 (v/v) em relação a gordura obtida nas vísceras, (ii) óleo extraído através da mistura da gordura obtida nas vísceras em água na proporção de 50/50 (v/v)

mantendo a mistura em ebulição por 2 min e (iii) 10 min seguido de resfriamento em banho de gelo. Para a extração em 10 min, foi realizado também o resfriamento lento a temperatura ambiente (iv). Após esfriar, as amostras foram filtradas e separadas do hexano ou da água e conservadas em geladeira para posterior análise.

Cada amostra de óleo extraído (400 μ L) foi adicionada em tubos de ensaio, separadamente, seguido de igual volume da solução de TBA. A mistura foi deixada em banho térmico (água em ebulição) por 35 min, sendo posteriormente avaliada espectrofotometricamente em 532 nm. Para o cálculo da concentração foi utilizado uma curva de calibração com padrão interno.

4.3 Síntese do polímero

A síntese foi adaptada de Rosa (2020): inicialmente foi preparada uma solução de TDI 30% (v/v) em acetona, posteriormente foi colocado 0,5 mL da fração oleína do óleo de frango aquecido em um becker e então foram adicionados 150 mL de hexano. Esse becker foi colocado em um banho de gelo e posteriormente foi levado ao agitador Ultra Turrax por 1 min a 2000 rpm. Após o tempo de agitação foi adicionado 0,5 mL da solução de TDI e agitado por mais 5 min a 10000 rpm. Durante esta agitação final foi adicionado 1 gota de tween. Essa solução após o término de sua última agitação foi depositada em uma placa de petri de 100 mL e levada à estufa a 50°C por 24 h para a evaporação do solvente e a formação do polímero reticulado.

4.4 Caracterização e aplicação do polímero sintetizado

4.4.1 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier

Essa análise foi realizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão a fim de determinar os grupos químicos presentes na estrutura e confirmar a síntese do polímero. Foram realizadas em espectrômetro Spectrum 400 da Perkin Elmer, operando na faixa de 400 a 4000 cm^{-1} , sendo as

amostras de 10 mg do material sintetizado pastilhadas juntamente com brometo de potássio (KBr).

4.4.2 Análise termogravimétrica

Essa análise foi realizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco, utilizando-se um analisador termogravimétrico modelo *SDT Q600* de feixe duplo, forno do tipo bifilar e termopares de platina/platina-ródio em atmosfera e fluxo de gás nitrogênio de 50 mL.min⁻¹, taxa de aquecimento de 20°C min⁻¹ em um intervalo de 25 a 1000°C.

4.4.3 Calorimetria Diferencial de Varredura

Essa análise foi realizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco, utilizando-se um calorímetro diferencial exploratório (DSC) modelo Q20, TA instruments, em atmosfera e fluxo de gás nitrogênio de 50 mL.min⁻¹, taxa de aquecimento de 20°C min⁻¹ em um intervalo de 25 a 600°C.

4.4.4 Ensaio de envelhecimento acelerado da resina em superfície de madeira

Inicialmente a resina sintetizada foi aderida na superfície de madeira utilizando-se palitos de sorvete. Para isto, foi utilizado um pincel chato para aplicação uniforme da resina.

O ensaio de envelhecimento acelerado consistiu em submeter o palito à 4 ciclos de luz ultravioleta (12h, para simular a luz solar) e lavagem (1h) com água corrente para simular a chuva. Como comparação, realizou-se o mesmo procedimento para uma cera de abelha e uma amostra em branco, além da comparação com um palito que não foi submetido a nenhum procedimento. Após o ensaio as amostras foram conservadas em temperatura ambiente para posterior análise.

4.4.5 Avaliação da capacidade impermeabilizante da resina

A capacidade de impermeabilização da superfície da madeira foi avaliada através da determinação do ângulo de contato de uma micro gota de água sobre a superfície seca da madeira, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7: representação da determinação do ângulo de contato.



Fonte: Autoria própria (2021)

A análise de ângulo de contato foi baseada no trabalho de Vedovatto (2020) por meio da análise da forma da gota. Foi montado um sistema com uma micropipeta de 100 μ L, responsável pela formação de uma gota de água (25 μ L), um suporte para colocar o palito e outro suporte para colocar a câmera e filmar a formação da gota, essa medida foi realizada em triplicata. Após coletadas as imagens, as mesmas foram tratadas com o *software ImageJ* e então determinado o ângulo de contato.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Extração e fracionamento do óleo residual de frango

Foi verificado que o óleo extraído das peles e vísceras de frango, quando em temperatura ambiente, pode ser fracionado em duas fases: uma cristalina (estearina) e outra líquida (oleína), como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Fracionamento do óleo de frango em duas fases: superior (oleína) e inferior (estearina)



Fonte: Autoria própria (2020)

5.2 Avaliação da peroxidação lipídica

A oxidação é um processo auto catalítico que se desenvolve em aceleração crescente, uma vez iniciada. Diversos fatores podem influenciar a formação de radicais livres, como a temperatura, presença de enzimas, luz e íons metálicos. O mecanismo da reação se inicia com o radical livre em contato com oxigênio molecular, levando a formação de um peróxido que, em reação com outra molécula oxidável, induz a formação de hidroperóxido e outro radical livre. Os hidroperóxidos,

por sua vez, originam dois radicais livres, que são capazes de atacar outras moléculas e formar mais radicais livres. Tais moléculas contendo o radical livre, ao se romperem, podem formar produtos de baixo peso molecular, como aldeídos, cetonas, álcoois e ésteres (BELLAVÉR; ZANOTTO, 2004).

A peroxidação lipídica constitui a principal causa de deterioração dos ácidos graxos, tendo como principal consequência a modificação do flavor original e o aparecimento de odores e gostos característicos do ranço, representando assim uma importante causa de depreciação ou rejeição pelos consumidores (BOSCHINI, 2011).

Segundo Boschini (2011), o teste do ácido tiobarbitúrico é o método mais antigo para medir o índice de peroxidação dos ácidos graxos de membrana e dos alimentos. Durante o processo, forma-se o malonaldeído que reage com o ácido gerando um composto colorido que pode ser detectado espectrofotometricamente.

Os resultados de avaliação da peroxidação lipídica ocorrida no óleo extraído utilizando diferentes metodologias pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2: Peroxidação lipídica do óleo.

	Extração a frio	Extração a 100 °C seguida de resfriamento		
		Rápido		Lento
		2min	10 min	10 min
Absorbância	0,191	0,226	0,302	0,856
Concentração/mM	0,028	0,052	0,119	0,604

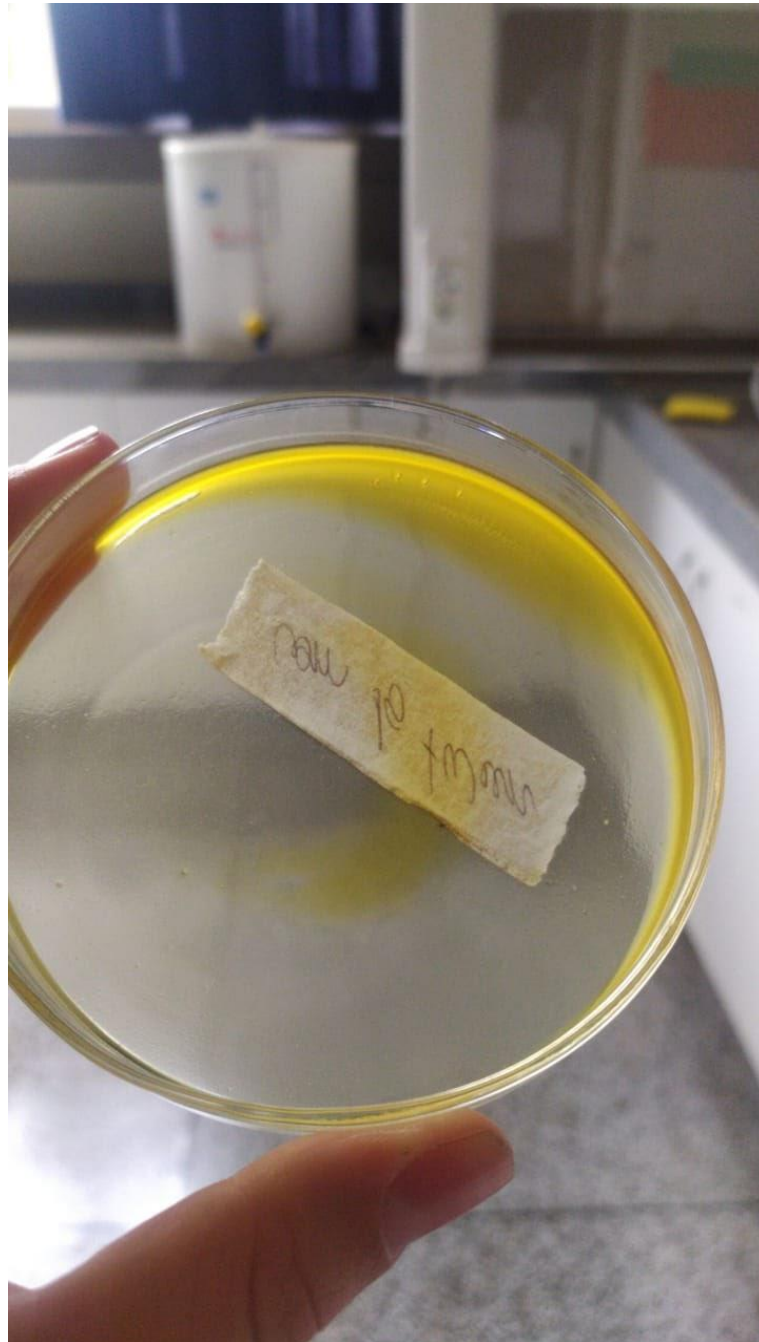
Fonte: autoria própria (2021)

Através da avaliação dos resultados obtidos foi verificado que o tempo e aumento da temperatura utilizados durante os processos de extração do óleo favoreceram sua degradação, levando à formação de moléculas derivadas dos triglicerídeos que podem ter auxiliado no processo de formação do poliuretano.

5.3 Síntese do polímero

O material sintetizado apresentou-se na forma de uma resina, condizendo com o aspecto de um polímero reticulado, sendo uma textura homogênea, como mostram as Figuras 9 e 10.

Figura 9 - Polímero reticulado com aspecto de resina.



Fonte - Autoria própria (2021)

Figura 10 - Polímero depositado na mão para visualização da textura.



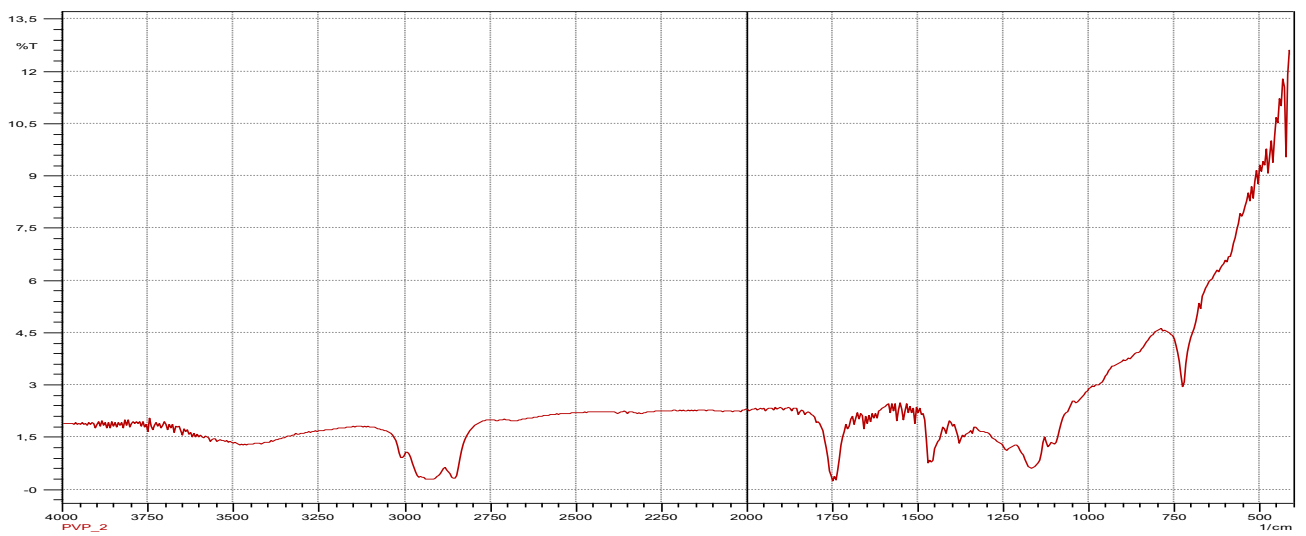
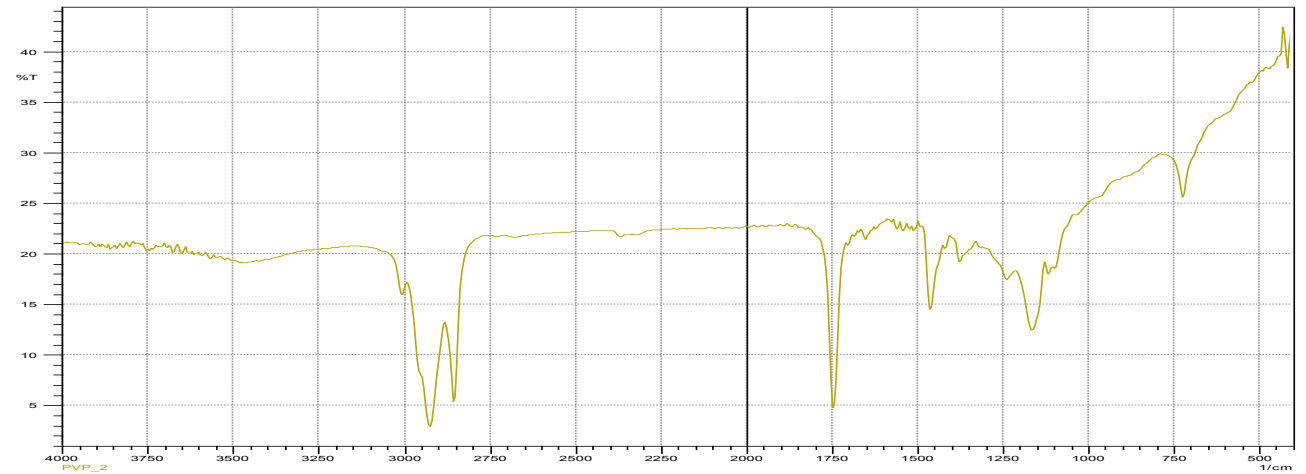
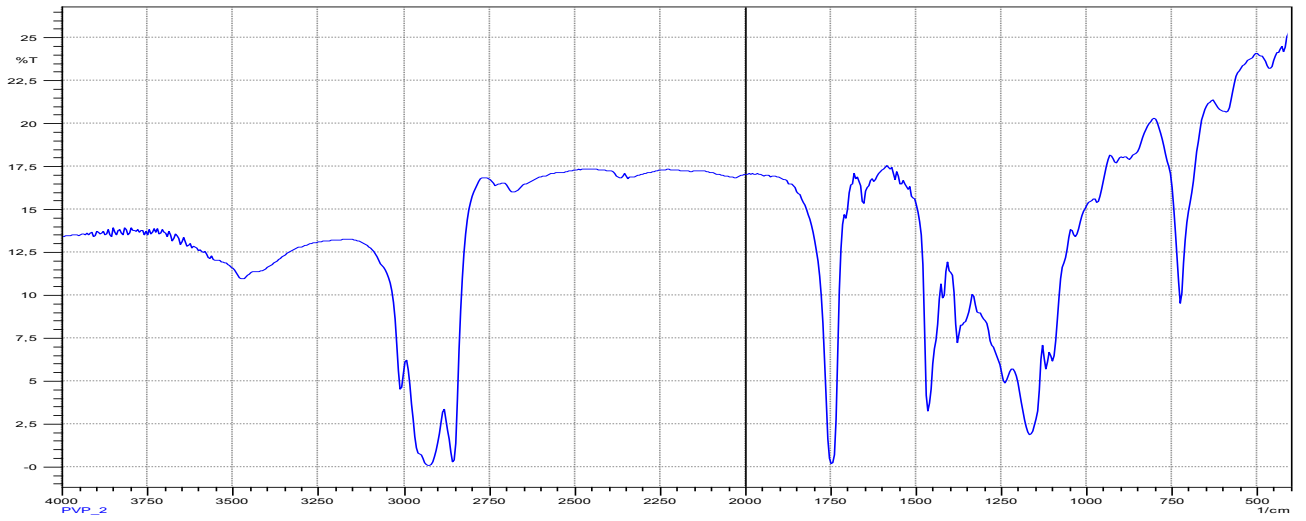
Fonte - Autoria própria (2021)

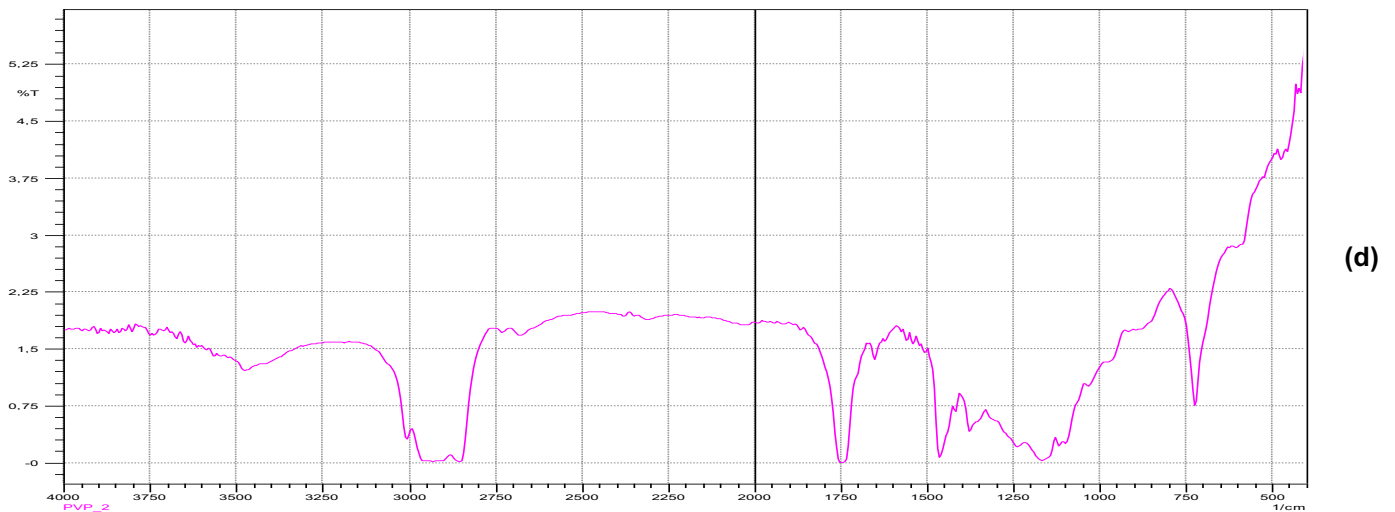
5.4 Caracterização e aplicação do polímero sintetizado

5.4.1 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier

Primeiramente foram analisadas as amostras do óleo de frango após extração em diferentes condições, sendo elas: (a) extração caseira, (b) extração com hexano sem aquecimento, (c) extração com hexano em aquecimento durante 2 min e (d) extração com hexano em aquecimento durante 10 min, como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Espectros obtidos da extração do óleo: (a) extração caseira; (b) extração com hexano sem aquecimento; (c) extração com hexano em aquecimento durante 2 min; (d) extração com hexano em aquecimento durante 10 min.





Fonte: Autoria própria (2021)

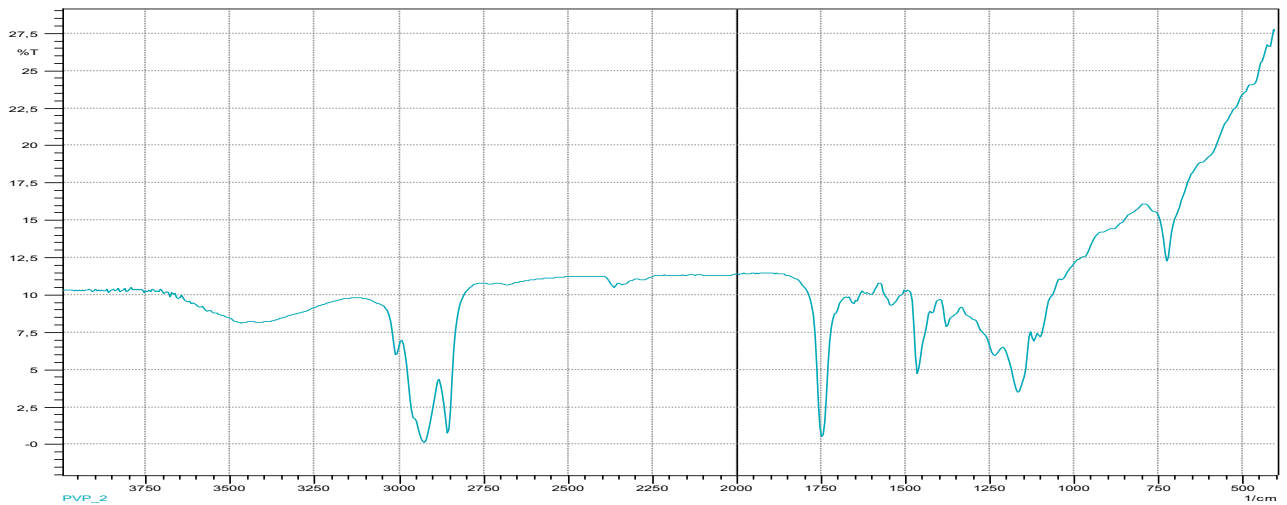
Pode-se observar que apesar de utilizar diferentes métodos para a extração do óleo, todas as amostras extraídas apresentam os mesmos sinais. Na extração caseira e em aquecimento por 10 min, Figuras 12a e 12d, respectivamente, pode-se observar um pico próximo a 3500, que pode ser atribuído à presença de grupos -OH resultantes da oxidação do óleo devido à etapa de aquecimento (NASCIMENTO, 2016; PAVIA *et. al*, 2010).

Para a extração utilizando hexano sem aquecimento (Figura 12b), observa-se um estreitamento das bandas localizadas entre 2750 e 3050 cm^{-1} , e a redução do tamanho dos demais picos. Para a extração utilizando hexano em aquecimento por 2 e 10 min (Figura 12c e 12d), observa-se que em 10 min os picos são maiores que em 2 min, contudo, não é observado mudanças quanto a largura do pico, ou seja, o aquecimento contribui para a extração do óleo, isto pode ser observado na extração realizada de forma caseira (Figura 12a), na qual pode-se observar maiores bandas.

Os picos localizados entre 2750 e 3050 cm^{-1} podem ser atribuídos a presença de CH sp^2 e CH sp^3 . O sinal em 1750 cm^{-1} foi atribuído à carbonila (C=O) e o sinal entre 1000 e 1300 cm^{-1} pode ser atribuído ao estiramento C-O. Enquanto os sinais próximos a 1500 e 1450 podem ser atribuídos a dobramentos de CH₂ e CH₃, respectivamente, e o sinal próximo a 1150 cm^{-1} . é atribuído a ligação C-O-C. Além disso, o pico observado em 700 cm^{-1} , é referente a longas cadeias carbônicas, característica dos óleos (PAVIA *et. al*, 2010).

Posteriormente, analisou-se o polímero sintetizado neste trabalho, como mostra a Figura 13.

Figura 13. Espectro infravermelho do polímero sintetizado.



Fonte: A autoria própria (2021)

Verificou-se um pico próximo à região de 3500 cm^{-1} , que é característico da ligação -NH e o estiramento 1750 cm^{-1} corresponde a carbonila (C=O), presente nos ésteres dos polímeros do tipo poliuretano, confirmando a obtenção de uma resina de poliuretano. Foi verificado também os picos na região de 3000 e 2750 cm^{-1} , corresponde os estiramentos -CH, bem como o pico próximo a 1250 cm^{-1} corresponde a ligação C-N, e ainda pode-se observar o pico na região de 1100 cm^{-1} , corresponde ao estiramento da ligação C-O. Observou-se um sinal em 1550 cm^{-1} que foi atribuído ao dobramento N-H e para a ligação C-O-C pode ser atribuído o sinal próximo a 1150 cm^{-1} (CARVALHO, *et. al.*, 2009; VIEZZER, *et. al.*, 2009; PAVIA, *et. al.*, 2010).

Enquanto os sinais próximos a 1600 e 1470 cm^{-1} podem ser atribuídos a dobramentos da ligação C=C presente em anéis aromáticos, também referente ao anel aromático, pode-se atribuir o sinal observado abaixo de 750 cm^{-1} a um dobramento de ligação =C-H, presente no anel. Além disso, a ausência de sinais entre 2000 - 2300 cm^{-1} , indica que o material sintetizado não apresentou isocianatos, ou seja, esse reagente foi totalmente consumido na reação de síntese da poliuretano (CARVALHO *et. al.*, 2009).

5.4.2 Análise termogravimétrica

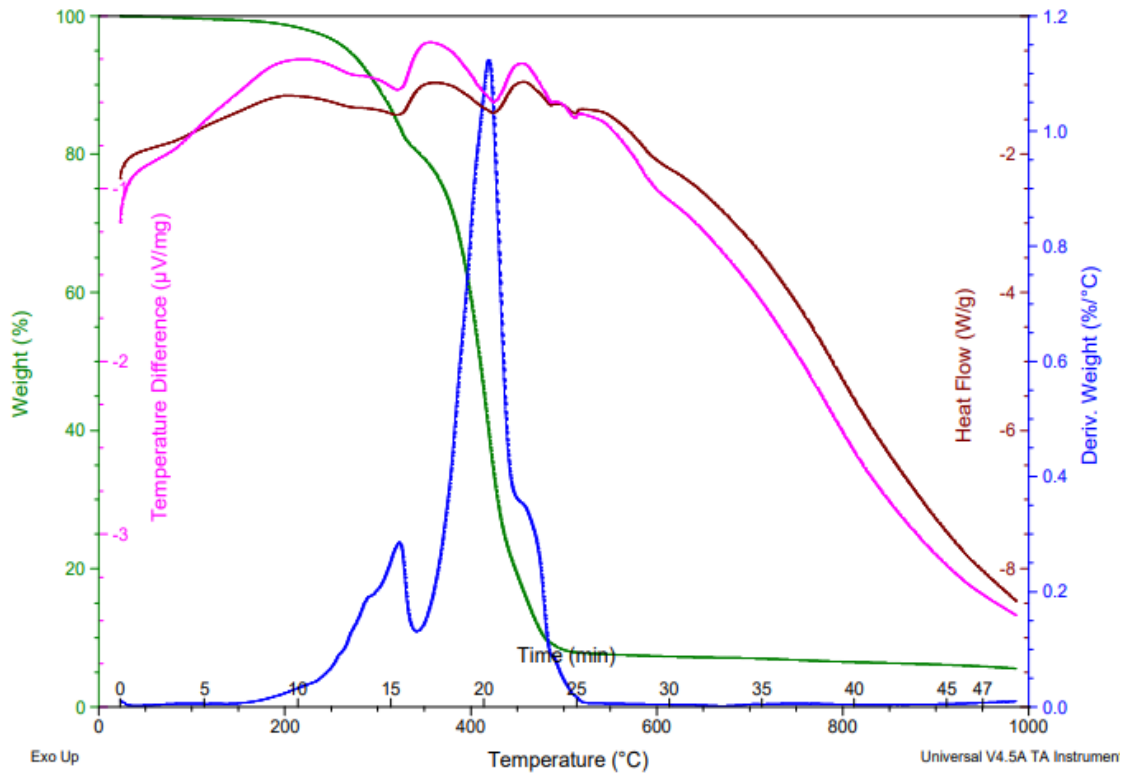
As curvas de TGA e DSC referente à caracterização térmica da resina obtida podem ser avaliadas nas Figuras 14 e 15, sendo que os dados térmicos foram agrupados na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados das curvas de TGA, DTG e DSC

		Perda massa / %	T _{onset} /°C	T _{endset} /°C	T _{máx} /°C	T _g /°C	T _m /°C
TGA	1º Evento	20	150	340	325	-	-
	1º Evento	≠75	≠350	525	420	-	-
DSC	-	-	-	-	-	218	305

Fonte - Autoria própria (2021)

Figura 14 - Análise de DSC e TG A da resina poliuretana

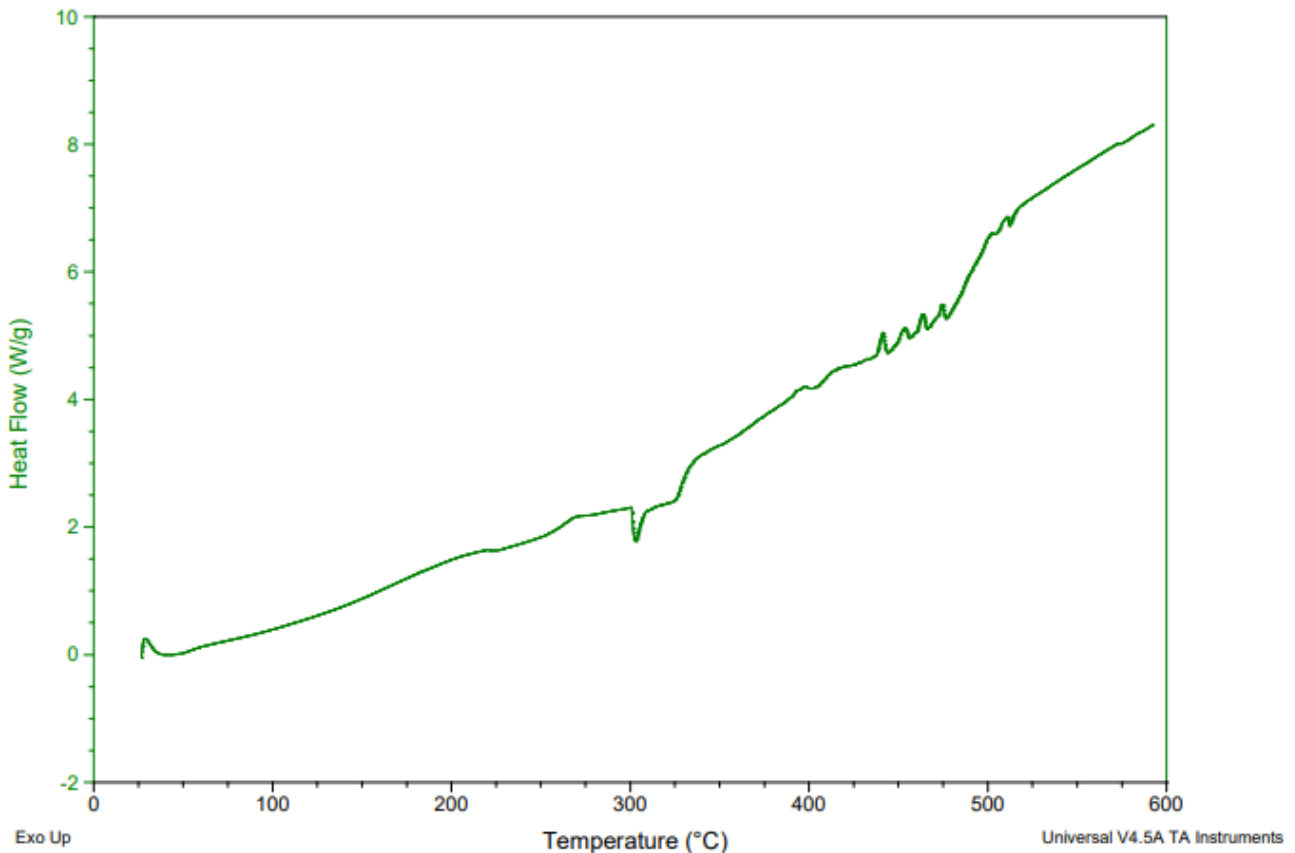


Fonte - Autoria própria (2021)

Pode-se observar que próximo a 175°C e 100°C se iniciou a perda de aproximadamente 20 % da massa da amostra e perda de umidade, respectivamente. Além disso, no pico referente à primeira perda de massa observou-se que neste processo existe a perda de pelo menos dois compostos diferentes, que possuem maior velocidade de evaporação nas temperaturas de 285°C e 325°C. Este resultado pode estar relacionado com a saída de moléculas de baixo peso molecular da amostra, como oligômeros não reticulados.

O restante da amostra sofre nova perda de massa, provavelmente devido a degradação da mesma, que se inicia próximo a 350°C e tem velocidade acelerada em, aproximadamente, 525°C. Estes resultados indicam que o material formado resiste a uma ampla faixa de temperatura sem sofrer degradação, o que viabiliza seu uso como impermeabilizante de materiais.

Figura 15 - Análise de DSC da resina poliurena



Fonte - Autoria própria (2021)

Através dos termogramas de DSC, pode-se afirmar que a resina sintetizada é um material polimérico semicristalino, uma vez que fica nítido tanto a presença de sinais de temperatura de transição vítrea (T_g em 218°C) quanto de temperatura de fusão (T_m em 305°C), uma vez que a T_m , só é encontrada em materiais semicristalinos.

A temperatura de transição vítrea (T_g) é considerada como o valor médio da faixa de temperatura em que as cadeias poliméricas da fase amorfa podem adquirir mobilidade, isso é, tenham a possibilidade de mudar de conformação. Já o termo ponto de fusão cristalino (T_m) está relacionado com a temperatura em que o sólido perde toda sua cristalinidade, sendo a faixa de temperatura em que são destruídas as regiões organizadas, havendo mudança do estado borrachoso para o estado viscoso (NUNES; LOPES, 2014).

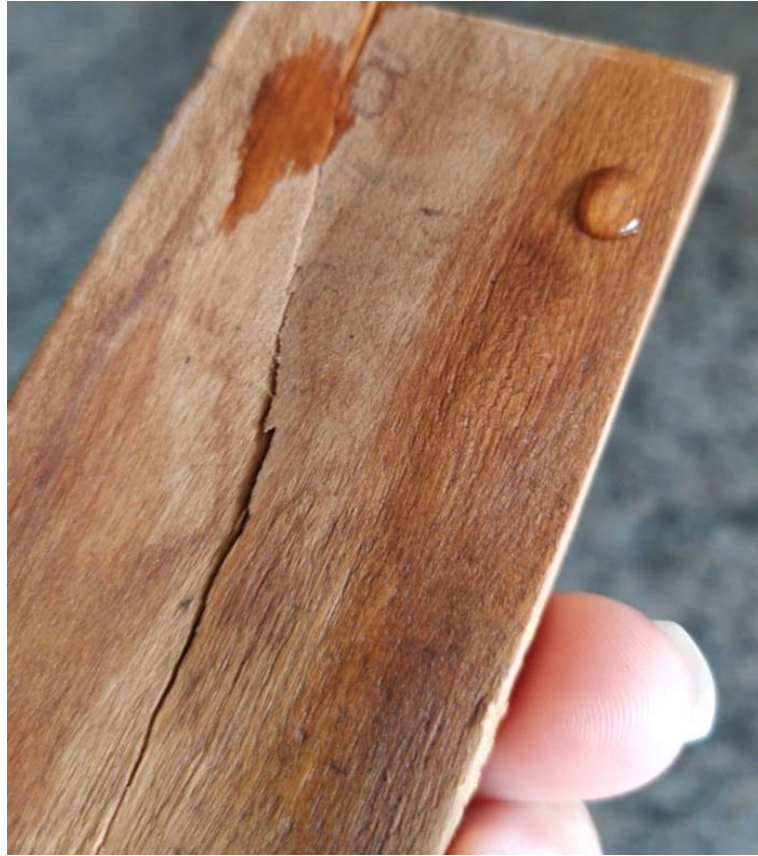
Os valores de T_g e T_m podem mudar dependendo de diferentes fatores, contudo foi observado que o óleo utilizado na síntese da resina poliuretana pode influenciar essas temperaturas, uma vez que a utilização de óleos de origem vegetal, como mostra a pesquisa de Rosa (2020), apresentam valores muito abaixo de T_g e T_m , dos que foram encontrados nesta pesquisa utilizando óleo de origem animal.

Com os dados de DSC, pode-se afirmar que a resina poliuretana desenvolvida pode ser aplicada como impermeabilizante, uma vez que a T_g é maior que temperatura ambiente, ou seja, só ocorrerá modificação térmica no material acima de 200°C .

5.4.3 Avaliação da capacidade impermeabilizante da resina

Inicialmente a resina obtida foi aplicada na superfície de uma madeira para verificar a capacidade impermeabilizante da resina sintetizada. Para isto, foi realizado um ensaio preliminar, como mostra a Figura 16, em que foi gotejado uma pequena quantidade de água.

Figura 16 - Aplicação da resina na madeira (lado direito).

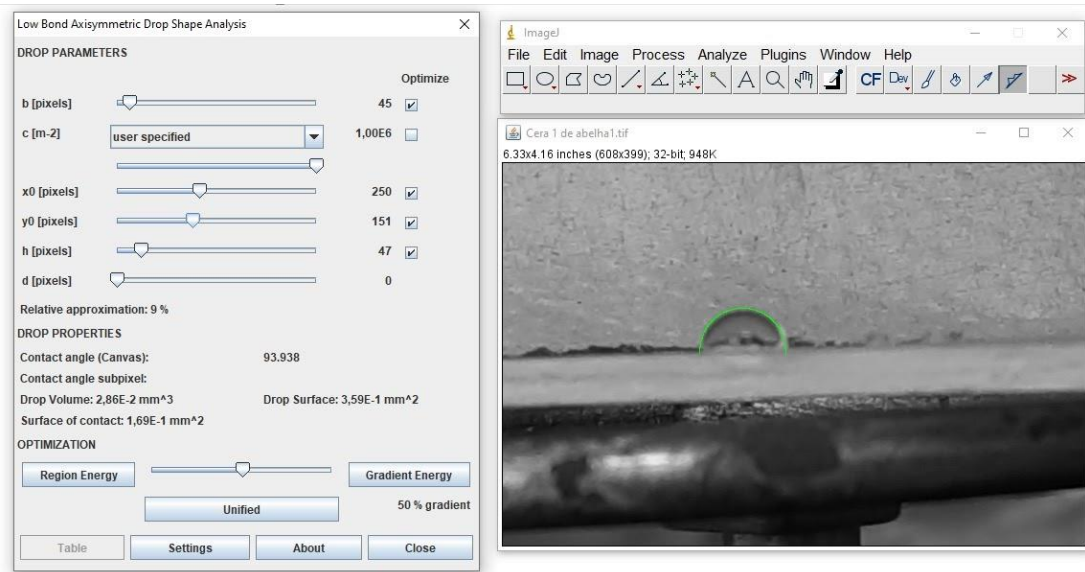


Fonte - Autoria própria.

Pode-se observar que a gota de água ao entrar em contato com a superfície de madeira apresentou capacidade de permear a madeira não tratada (lado esquerdo) mas se manteve uniforme na superfície tratada com a resina aplicada (lado direito da madeira). Este resultado mostra a capacidade que a resina possui em evitar a molhabilidade da madeira.

Uma vez que para todo material utilizado com a finalidade de preservar a madeira de agentes agressivos é de grande importância estudar a relação do material com a água, foi realizado o ensaio de envelhecimento acelerado e posterior avaliação da capacidade impermeabilizante por meio do ângulo de contato. A capacidade de impermeabilização ou molhabilidade é dependente da hidrofobicidade da superfície, sendo tanto maior quanto maior o ângulo de contato. A determinação do ângulo de contato foi realizada utilizando o software *Imagem J*, para tratar as imagens das gotas e assim obter o ângulo de contato, como pode ser observado na Figura 17, cujos dados estão apresentados na Tabela 4.

Figura 17 - Software *Imagem J* para determinação do ângulo de contato.



Fonte - Autoria própria (2021)

Tabela 4. Valores do ângulo de contato das amostras analisadas

Amostra	Ângulo de Contato (°)	Classificação
Palito sem participar dos ciclos	78,17 ± 1,53	Hidrofílico
Palito sem tratamento, mas participante dos ciclos	81,62 ± 4,01	Hidrofílico
Palito com cera de Abelha	93,993 ± 2,46	Hidrofóbico
Palito com resina poliuretana sintetizada	102,09 ± 2,79	Hidrofóbico

Fonte - Autoria própria (2021)

Os dados da Tabela 4 foram obtidos para a madeira com e sem tratamento e após a realização de ciclos de simulação de envelhecimento acelerado.

Através dos dados obtidos pela análise de ângulo de contato, pode-se observar que as poliuretanas sintetizadas apresentaram alto ângulo de contato ($102,09^\circ \pm 2,79^\circ$) e característico de um caráter hidrofóbico. Este resultado indica que esse material é capaz de repelir a água podendo impermeabilizar a superfície de materiais como a madeira. Além disso, pode-se observar também que o polímero sintetizado apresentou um grau de hidrofobicidade maior do que a da cera de abelha ($93,993^\circ \pm 2,46^\circ$), que é conhecido como um material hidrofóbico natural e comumente utilizado comercialmente.

Ainda pode-se observar que o palito sem aplicação da resina, mas participante dos ciclos de luz ultravioleta e lavagem, apresentou um ângulo de contato ($81,62^\circ \pm 4,01^\circ$) maior que o palito sem aplicação da resina e não

participante dos ciclos ($78,17^\circ \pm 1,53^\circ$), isso ocorre devido ao processo que oxidação dos grupos -OH presentes na estrutura química da madeira, uma vez que na presença de luz ultravioleta grupos -OH são facilmente oxidados das moléculas orgânicas (GOUVÊA *et. al.* 2013)

Neste sentido Neжелiski (2015), avaliou a capacidade de impermeabilização de uma resina de poliuretana obtida a partir do óleo de mamona, para a produção de recipientes a partir do porongo. Em sua pesquisa, verificou-se que a resina não conseguiu impermeabilizar totalmente o porongo, contudo a aplicação da resina alterou o ângulo de contato da superfície do porongo, tornando a superfície mais hidrofóbica.

Além disso, trabalhos como os de Alves, Santos e Mulinari (2018) que estudaram a utilização de poliuretanas a base de óleo de mamona para a sorção de diesel, obtiveram ângulo de contato de $110,3^\circ \pm 12,5^\circ$, enquanto que Dantas *et al.* (2016) que trabalharam com poliuretanas reforçadas com diferentes teores (5 a 20%) de fibras de palmeira, obtiverem valores de ângulo de contato variando entre $101,07^\circ$ e $105,09^\circ$. Fenner *et. al.* (2018) estudaram poliuretanas com óxido de grafeno e encontraram valores de ângulo de contato entre $95,0^\circ \pm 24,9$ e $113,4^\circ \pm 12,2$, para as amostras analisadas.

Além dos autores já citados, outros também verificaram que a poliuretana obtida apresenta ângulos de contato superiores a 90° , podendo assim ser caracterizada como um material hidrofóbico, ou seja, quando em contato com água, tende a não ocorrer o espalhamento da mesma nesse material, de forma que interaja com ela mesma ao invés de interagir com a superfície do material.

Através dos dados obtidos pela análise de ângulo de contato e com dados encontrados na literatura, pode-se dizer que a síntese de resina poliuretanos através da óleo de frango foi bem sucedida, uma vez que assim como na literatura, o material produzido possui caráter hidrofóbico, além disso, ainda pode-se verificar diferenças entre os valores de ângulos de contatos da resina que foi produzida e dos valores encontrados em outras pesquisas, isso pode estar relacionado com a adição de outros materiais, durante a síntese da poliuretana.

Além da hidrofobicidade, uma característica importante quando se trata de material utilizado para revestimento é a fixação do mesmo à superfície, desta forma, foi observado que a resina obtida a partir do óleo de frango, também apresentou excelente fixação e durabilidade durante e após a realização dos ciclos, ou seja,

mesmo exposta a radiação e a água se manteve fixa à superfície da madeira por 18 meses, demonstrando sua elevada capacidade de revestimento e proteção de produtos feitos à base de madeira, como mostra a Figura 18. Pode-se verificar que após esse período a cera de abelha deixou o palito desbotado.

Figura 18 - Palitos após 18 meses da avaliação da capacidade impermeabilizante: (a) branco; (b) tratado com cera de abelha; (c) tratado com resina poliuretana de óleo de frango.



Fonte - Autoria própria (2021)

6. CONCLUSÃO

A partir do óleo residual obtido de vísceras e peles de frango foi possível realizar-se a síntese de um polímero do tipo poliuretano, utilizando-se uma proporção de 1:1 da fração oléina desse óleo e TDI. A obtenção de uma resina poliuretana pode ser confirmada através da caracterização desse material por meio da Espectroscopia no Infravermelho, sendo possível identificar a presença de grupos funcionais característicos desse tipo de polímero, como a ligação -NH e a carbonila (C=O), por exemplo. Além disso, a ausência de sinais entre 2000-2300 cm^{-1} mostrou que o material sintetizado não apresentou isocianatos, ou seja, esse reagente foi totalmente consumido durante a síntese das resinas.

Ao analisar o método de extração do óleo de frango, verificou-se maior degradação do mesmo com o aumento da temperatura e presença dos grupamentos OH nos espectros de IV, resultantes da oxidação do óleo, o que pode ter favorecido a síntese da poliuretana.

Diante das análises térmicas TG e DSC pode-se verificar transições térmicas características dos polímeros, além da degradação final do material sintetizado ocorrer apenas em temperaturas acima de 350°C. Além disso, foi possível identificar-se os sinais de temperatura de transição vítrea (T_g em 218°C) e temperatura de fusão (T_m em 305°C), característica de materiais semicristalinos. Desta forma, pode-se afirmar que a resina poliuretana do óleo de frango pode ser aplicada como um impermeabilizante.

Corroborando com esses resultados, a avaliação da capacidade impermeabilizante da resina obtida por meio do ensaio de envelhecimento acelerado e análise de ângulo de contato, evidenciou a aplicabilidade da mesma quanto ao seu uso como revestimento e conservação da madeira, apresentado um grau de hidrofobicidade maior do que de uma cera de abelha comercial utilizada como comparação, além de manter a superfície protegida e brilhante mesmo após 18 meses da realização dos testes.

REFERÊNCIAS

- ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal). **Relatório Anual 2020**. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf. Acesso em: 30 nov. 2021.
- AGNELLI, J.A.M. **Síntese e Propriedades de Poliuretanos obtidos a partir do Polibutadieno Líquido Hidroxilado e Seus Derivados Hidrogenados**. 1983. Tese de Doutorado em Ciências e Tecnologia de Polímeros – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1983.
- ALVES, S.C.; SANTOS, V. F.; MULINARI, D. R. Sorção de óleo diesel s500 e s10 a partir de espuma de poliuretano à base de óleo de mamona. **12º Encontro Brasileiro sobre Adsorção**. 2018. Gramado- RS. Disponível em: <https://docplayer.com.br/108031294-Sorcao-de-oleo-diesel-s500-e-s10-a-partir-de-espuma-de-poliuretano-a-base-de-oleo-de-mamona.html>. Acesso em: 01 dez. 2021.
- BARRERO, N. M. G. **Estudo da durabilidade de painéis de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana a base de óleo de mamona para aplicação na construção civil**. Tese de doutorado. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. USP, Pirassununga, 2015.
- BELLAVER, C.; ZANOTTO, D. L., Parâmetros de qualidade em gorduras e subprodutos protéicos de origem animal. **Conferência APINCO**. 2004. Santos – SP. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/parametros_qualidade_gorduras_e_subprodutos_proteicos_de_origem_animal_000fyrf0t6n02wx5ok0pvo4k33hlhtkv.pdf. Acesso em 10 dez 2021.
- BOSCHINI, C. **Antioxidantes na dieta de frangos de corte**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Pelotas, RS. 2011.
- CANGEMI, J. M., SANTOS, A. M., NETO, S. Poliuretano: De Travesseiros a Preservativos, um Polímero Versátil. **Química Nova na escola**, v. 31, n. 3, 2009. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/02-QS-3608.pdf. Acesso em: 20 nov 2021.
- CAPPELARI, E. et al. Influência da resistência à compressão na molhabilidade superficial de concretos. **Revista Matéria**, v.25, n.1, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/k8SWTF7vrVGjJ6DJPVMRZWc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 nov 2021.
- CARVALHO, *et al.* Caracterização de poliuretano baseado em polioli sintetizado a partir de glicerol e hexametileno diisocianato. **10º CBPol**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Laboratório de Reologia e Polímeros Naturais – Florianópolis-SC. 2009. Disponível em: <https://docplayer.com.br/76946562-Characterizacao-de-poliuretano-baseado-em-polioli-sintetizado-a-partir-de-glicerol-e-hexametileno-diisocianato.html>. Acesso em: 01 dez. 2021.

CASTRO, C. F. S.; SOUZA, J. C. P.; FILHO, A. C. P. M. **Avaliação das características poliméricas do biofilme do resíduo de melancia**. v. 15, n. 8, 2019. Disponível em: <https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/4997> . Acesso em: 29 nov. 2020.

CENTENARO, G. S.; FURLAN, V. J. M.; SOUZA-SOARES, L. A.; Gordura de frango: alternativas tecnológicas e nutricionais. **Ciências Agrárias**, Londrina, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279485597_Gordura_de_frango_alternativas_tecnologicas_e_nutricionais. Acesso em: 11 nov. 2019.

CHIU, M. C.; GRIMALDI, R.; GIOIELLI, L. A. Fracionamento a seco da gordura de frango em escala piloto. **Revista brasileira de ciências farmacêuticas**. v. 43, n. 3, 2007. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rbcf/article/view/44222>. Acesso em: 28 nov. 2021.

CNPEN (Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais). **Alternativa às gorduras trans**. 2015. Disponível em: <https://cnpem.br/alternativa-as-gorduras-trans/>. Acesso em: 10 out. 2020.

COUTINHO, F. M. B., DELPECH, M. C. Poliuretanos como Materiais de Revestimento de Superfície. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. 1999. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Documents/UTFPR/PROJETOS/POL%C3%8DMEROS/ARTIGOS/COUTINHO%20&%20DELPECH,%201999.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

DANTAS, *et al.* Sorção de óleo diesel a partir de compósito de poliuretano reforçado com fibras da palmeira. 22º CBECiMat - **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 2016, Natal, RN. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/49/031/49031439.pdf. Acesso em: 01 dez. 2021.

DUARTE, C. Acabamentos em madeira. **Ciência e Tecnologia dos Materiais**. v. 16, n.2-3, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Carlota-Duarte/publication/290989720_Acabamentos_em_Madeira/links/56b0ecdb08ae795dd5c4bd59/Acabamentos-em-Madeira.pdf. Acesso em: 12 out 2021.

FENNER, *et al.* Comparative analysis among coating methods of flexible polyurethane foams with graphene oxide. **Journal of Molecular Liquids**. 2018. Disponível em: <https://ur.booksc.eu/book/72168695/b4fb80>. Acesso em: 01 dez. 2021.

FIGUEIREDO *et al.* Recomendações técnicas para a produção, abate, processamento e comercialização de frangos de corte coloniais. **Embrapa Suínos e Aves: Sistema de Produção**, 3, 2007. Disponível em: <http://www.cnpes.embrapa.br/SP/frangos/preparo.htm>. Acesso em: 22 nov. 2021.

GOUVÊA, *et al.* Aplicação da radiação ultravioleta como forma de contribuição para a química verde e construção de um reator fotoquímico alternativo e de baixo custo, para prétratamento de amostras. **Quim. Nova**, v. 37, n. 2, pg 337-343, 2014. Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, 24020-141 Niterói – RJ. Disponível em: http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=23. Acesso em: 01 dez. 2021.

GUO, Y., ZHOU, Y., XU, Y. Engineering polymers with metal-like thermal conductivity—Present status and future perspectives, **Polymers**, 2021.

HOWARD, G. T. **Biodegradation of polyurethane**: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v.49. p. 245-252, 2002.

HUANG. C. T. **Síntese e caracterização de polímeros de n- (4-iodo-1,3-difenilbutil)acrilamida**. Dissertação de Mestrado- Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/202411/001107637.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 nov. 2021.

JESUS, J. M. H. **Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada (MLC)**. Tese de doutorado. Interunidades de Ciência e Engenharia de Materiais, USP, São Carlos, 2000.

KLOSS. J. R. **Síntese e caracterização de Poliuretanos Biodegradáveis à base de poli(ϵ -caprolactona) diol**. 2007, 231f. Tese em Ciências Exatas - Universidade Federal do Paraná, Curitiba- PR, 2007. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/16899/julianareginakloss.pdf;jsessionid=82703880FC273AB3FE86C1C09C0BE2A6?sequence=1>. Acesso em: 18 set. 2019.

KRABBE, E. L., SANTOS FILHO, J. I., MIELE, M., MARTINS, F. M. Cadeias produtivas de suínos e aves. **Embrapa Suíno e Aves**, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96729/1/final7180.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2021.

LUCHESE, C. L.; SPADA, J. C.; TESSARO, I. C. **Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films**. *Industrial Crops & Products*. V.109, p. 619–626, 2017. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669017306180?via%3Dihub>. Acesso em: 11 nov. 2019.

MELCHIORS, A., PALHANO, A. P., KUHL, M. Estudo de reciclabilidade e reutilização de cápsulas poliméricas de café. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v.6, n.4, p.93-104, 2020.

MENDES, T. J. *et al.* Efeito do intemperismo artificial na cor de lâminas de madeira tratadas com dois produtos de acabamento. **CERNE**, v. 22, n.1, p. 101-110, 2016.

MORAES, L. M.; *et al.* Gerenciamento de resíduos de abatedouro de aves: alternativas de manejo e tratamento. **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 3º, 1999, Rio de Janeiro. p.3618-3627.

MOTTA, B. C. S. **Um estudo do efeito do uso de polioli reciclado nas propriedades mecânicas da espuma rígida de poliuretano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Em Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-25082011-135739/publico/Dissertacao_Bruno_Cesar_Silva_Motta.pdf. Acesso em: 04 out. 2021.

NASCIMENTO, K. L. A. **Avaliação da técnica de espectroscopia no infravermelho com transformada de fourier como ferramenta de classificação de óleos vegetais comestíveis e adulteração do óleo de linhaça.** Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – uenf campos dos goytacazes/rj - 2016. Disponível em:

https://ead.uenf.br/moodle/pluginfile.php/14227/mod_resource/content/3/Monografia_Keila%20Lemos%20de%20Almeida%20Nascimento.pdf. Acesso em: 02 dez. 2021.

NEJELISKI, D. M. **O porongo (lagenaria siceraria) como matéria prima para a produção de recipientes: caracterização e impermeabilização.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

NUNES, E. C. D.; LOPES, F. R. S. **Polímeros – Conceitos, Estrutura molécula, Classificação e propriedades.** 1 ed. São Paulo: Érica. 2014.

PAIVA, D. L.; *et al.* **Introdução à espectroscopia, Cengage learning, ISBN 13 978-85-221-0708-7, ISBN 10 85-221-0708-4, 2010.**

PAPASTERGIADIS, *et al.* **Malondialdehyde Measurement in Oxidized Foods: Evaluation of the Spectrophotometric Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) Test in Various Foods. Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/230803471_Malondialdehyde_Measurement_in_Oxidized_Foods_Evaluation_of_the_Spectrophotometric_Thiobarbituric_Acid_Reactive_Substances_TBARS_Test_in_Various_Foods. Acesso em: 02 dez. 2021.

PEREIRA, P. H. L. **Estudo das propriedades físico- químicas da poliuretana derivada do óleo de mamona como potencial aplicação na área médica.** Dissertação (Mestrado). Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-26072010-141545/publico/PauloHenriqueLeutevilerPereiraR.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2021.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. **A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. Rev. Virtual Quim., 2013, 5 (1), 2-15.** Data de publicação na Web: 9 de novembro de 2012. Disponível em: https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1285870/58/QuimicadeOleoseGorduras_Artigo.pdf. Acesso em: 10 out. 2021.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. **Óleos e Gorduras: Aplicações e implicações. Revista Analytica.** n. 27, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281560914_Oleos_e_gorduras_Aplicacoes_e_implicacoes. Acesso em: 10 out. 2021.

RODRIGUES, R. A. F.; PIATTI, T. M. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. Série: Conversando sobre Ciências em Alagoas. Cadernos temáticos.** Edufal - Editora da Universidade Federal de Alagoas. Alagoas, p. 50-51. 2005. Disponível em: https://usinaciencia.ufal.br/multimidia/livros-digitais-cadernos-tematicos/Plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf. Acesso em: 04 out. 2021.

ROSA, G. M. **Viabilidade da utilização do óleo de baru na síntese de poliuretanas**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2020.

SARCINELLI, M. F; VENTURINI, K.S; SILVA. L.C. **Processamento da carne de frango**. Programa Institucional de Extensão- Universidade Federal do Espírito Santo. 2007. Disponível em: http://www.agais.com/telomc/b02107_processamento_frango.pdf. Acesso em: 09 nov. 2020.

SILVA, M. C. **Contribuição ao Estudo de Compósitos de Espuma Rígida de Poliuretana Reforçada com Resíduo de Celulose**. Tese em Ciências- Química- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte MG, 2008. Disponível em: < https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SFSA-86MSGB/1/tese_merces_coelho_da_silva_copia_temp.pdf. Acesso em: 10 out. 2019.

SOARES, M. S. **Síntese e Caracterização de espumas de poliuretano para imobilização de células íntegras e aplicação na síntese de biodiesel**. 2012. Dissertação de Mestrado em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Lorena SP, 2012. Disponível em: < https://teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97137/tde-02102013-115013/publico/EQD12003_O.pdf> Acesso em: 16 set. 2019.

STANKUS, J.J; GUAN, J.; FUGIMOTO, K.;WAGNER, W.R Microintegrating smooth muscle cells into a biodegradable elastomeric fiber matrix. **Biomaterials**, v. 27, p.735-744, 2006.

TAN, S.; *et al.* Rigid Polyurethane Foams From a Soybean Oil- Based Polyol. **Polymer**, v.52, p. 2840-2846, 2011.

TOMIELLO, C. R. **Potencial do óleo de frango como matriz lipídica para a produção de biodiesel**. 2014. 51 f. Monografia - Curso de Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena SP, 2014. Disponível em <<https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2014/MEQ14039.pdf>> Acesso em: 12 nov. 2019.

VEDOVATTO, B. H. **Desenvolvimento de um equipamento medidor de ângulo de contato com software integrado**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos (Mestrado Profissional), Área de Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP, 2020. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/193424/vedovatto_bh_me_arafcf_int.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 01 dez. 2021.

VIEZZER, C.; *et al.* **Síntese e caracterização de poliuretanos para uso como biomateriais**. 10°CB Pol. Faculdade de Química- PUCRS, Campus Central, Porto Alegre-RS. 2009. Disponível em: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/3350>. Acesso em: 01 dez. 2021.

VILAR, WD. **Química e Tecnologia dos Poliuretanos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Villar Consultoria, 2004. Disponível em: www.poliuretanos.com.br. Acesso em: 16 set. 2019.

YANAGEH, H.; TALEMI, P.H. Preparation and properties of novel biodegradable polyurethane networks based on castor oil and poly(ethylene glycol). **Polymer Degradation and Stability**, v 92, p. 480-489, 2007.

ZAWADZKI, S. F. **Síntese e Caracterização de Redes Poliméricas Interdependentes de Poliuretano e Poli(metacrilato de metila)**. 1996. Tese de doutorado em Química Orgânica-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: <http://www.s bq.org.br/ranteriores/23/resumos/1425/index.html>. Acesso em: 17 set. 2019.

ZHANG, L.; *et al.* Synthesis of rigid polyurethane foams with oil-based flame retardant polyols. **Industrial Crops and Products**, v.52, p.380-388, 2014.