



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS BLUMENAU  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÊXTIL  
CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL

Vinícius Henrique Dalponte

**Aplicação, retenção e lixiviação de óleo de citronela em tecido plano de algodão**

Blumenau  
2023

Vinícius Henrique Dalponte

**Aplicação, retenção e lixiviação de óleo de citronela em tecido plano de algodão**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Têxtil do Campus Blumenau da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil.

Orientador(a): Profa. Dra. Catia Rosana Lange de Aguiar

Blumenau

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dalponete, Vinícius Henrique

Aplicação, retenção e lixiviação de óleo de citronela em tecido plano de algodão / Vinícius Henrique Dalponete ; orientadora, Catia Rosana Lange de Aguiar, 2023.

55 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Têxtil. 2. Fibras de algodão. 3. Repelência a insetos. 4. Óleo de citronela. 5. Tecido plano. I. Aguiar, Catia Rosana Lange de. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Têxtil. III. Título.

Vinícius Henrique Dalponte

## Aplicação, retenção e lixiviação de óleo de citronela em tecido plano de algodão

Este Projeto Final de Curso II foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Têxtil, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Têxtil.

Blumenau, 01 de dezembro de 2023.



Documento assinado digitalmente

**Miguel Angelo Granato**

Data: 15/12/2023 16:34:34-0300

CPF: \*\*\*.641.507-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof<sup>a</sup>. Grazyella Cristina Oliveira de Aguiar, Dr<sup>a</sup>.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente

**Catia Rosana Lange de Aguiar**

Data: 18/12/2023 07:51:02-0300

CPF: \*\*\*.845.219-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof<sup>a</sup>. Catia Rosana Lange de Aguiar, Dr<sup>a</sup>.

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

**Andrea Cristiane Krause Bierhalz**

Data: 15/12/2023 16:25:54-0300

CPF: \*\*\*.346.940-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof<sup>a</sup>. Andrea Cristiane Krause Bierhalz, Dr<sup>a</sup>.  
UFSC - DET



Documento assinado digitalmente

**Carlos Rafael Silva de Oliveira**

Data: 16/12/2023 09:37:41-0300

CPF: \*\*\*.041.159-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Carlos Rafael Silva de Oliveira, Dr.  
UFSC - DET

Dedico este trabalho a todos os professores do Brasil.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família, em especial meus pais, minha irmã e minha avó, por todo o apoio e incentivo durante todo o tempo de graduação.

Agradeço a minha namorada, Flávia Silva, por todo o companheirismo e apoio.

Agradeço a amizade de todos os colegas de classe, em especial, Ana Livia de Andrade, Pedro Edgar Bachmann, Sarah Ferreira e Vinícius Heinz Knaesel.

Agradeço a todos os professores da graduação, sempre dedicados e esforçados para que houvesse a melhor formação possível para os alunos.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Catia Rosana Lange de Aguiar, por todo o suporte e dedicação. Foi uma honra ter recebido sua orientação.

Ao técnico do Laboratório de Ensaio Mecânicos (LEM) da UFSC Blumenau, Henrique Hunger Moresco, pelo auxílio nos ensaios de FTIR.

Agradeço a Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrea Cristiane Krause Bierhalz e Prof. Dr. Carlos Rafael Silva de Oliveira por terem aceito o convite para fazerem parte da banca do meu trabalho de conclusão de curso, sinto-me lisonjeado de ser avaliado por vocês.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina pela disponibilização dos laboratórios, materiais e estrutura para que eu pudesse realizar este trabalho. Um local que com certeza sentirei saudades.

“O destino embaralha as cartas, e nós jogamos.”

(Arthur Schopenhauer)

## RESUMO

O Brasil é um país de clima tropical onde o desenvolvimento de insetos transmissores de doenças é uma realidade. Para resolver este problema, uma série de soluções vêm sendo tomadas, como o uso de repelentes naturais. Nesse contexto, o estudo da impregnação do óleo de citronela em substratos têxteis é considerado de alta relevância tanto para o meio científico quanto para aplicações tecnológicas. O presente estudo teve como objetivo analisar a aplicação do óleo de citronela por diferentes processos em substratos têxteis de algodão de estrutura sarja e tafetá. Foram realizados processos de aplicação do óleo de citronela por esgotamento, impregnação por foulard e pulverização. Para todos os processos foi realizado posterior ensaio de solidez à lavagem. Inicialmente o grau de branco foi investigado, analisando os valores das amostras cruas, tratadas e lavadas, sendo que a amostra de estrutura sarja que passou pelo processo de pulverização com solução de 30 g/L de óleo de citronela indicou maior absorção de citronela, pois quando crua apresentou grau de branco de 60,17 graus Berger, quando tratada obteve 50,94 e quando lavada obteve 56,73 graus Berger. Entretanto, todas as amostras modificaram seu grau de branco quando tratadas, evidenciando que o óleo de citronela modifica a cor dos substratos têxteis. No que diz respeito ao ensaio de cinética de desorção todas as amostras obtiveram liberação de óleo de citronela em álcool, evidenciando retenção de óleo quando tratadas. Após o ensaio de solidez a lavagem, ambas as estruturas ainda apresentaram liberação de óleo em álcool, embora em valores menores. Nesta etapa, a amostra de estrutura sarja pulverizada com solução de 30 g/L de óleo de citronela também obteve os melhores resultados, com valor máximo de 214 mg/L de óleo liberadas em álcool quando tratada e de 75 mg/L de óleo liberadas em álcool após ter sido lavada. Sobre a análise de FTIR, há a constatação de que os processos e tratamentos realizados com o óleo de citronela não impactaram nas bandas de absorção e transmitância dos substratos têxteis, possivelmente pela concentração absorvida não possuir valores capazes de serem observados por esta análise. Entretanto, este teste é ainda extremamente importante, pois evidencia grupos funcionais tanto do óleo essencial quanto dos substratos têxteis utilizados no experimento. Portanto, foi constatado que os testes realizados obtiveram melhores resultados em soluções mais concentradas e em estruturas com maior gramatura, evidenciando interessante alternativa visando repelência de insetos transmissores de doenças.

**Palavras-chave:** Óleo de citronela. Algodão. Repelência a insetos.

## ABSTRACT

Brazil is a country with a tropical climate where the development of disease-transmitting insects is a reality. To solve this problem, a number of solutions have been taken, such as the use of natural repellents. In this context, the study of the impregnation of Citronella oil into textile substrates is considered to be highly relevant for both scientific and technological applications. The aim of this study was to analyze the application of Citronella oil by different processes on cotton textile substrates with a twill and taffeta structure. Citronella oil was applied by exhaustion, foulard impregnation and spraying. Washing fastness tests were carried out for all the processes. Initially, the degree of whiteness was investigated by analyzing the values of the raw, treated and washed samples. The twill structure sample that underwent the spraying process with a 30 g/L solution of Citronella oil showed greater absorption of Citronella, since when raw it showed a degree of whiteness of 60.17 degrees Berger, when treated it obtained 50.94 and when washed it obtained 56.73 degrees Berger. However, all the samples changed their degree of white when treated, showing that Citronella oil modifies the color of textile substrates. With regard to the desorption kinetics test, all the samples released Citronella oil in alcohol, showing oil retention when treated. After the wash fastness test, both structures still released oil in alcohol, although at lower levels. At this stage, the twill structure sample sprayed with a 30 g/L solution of Citronella oil also obtained the best results, with a maximum value of 214 mg/L of oil released in alcohol when treated and 75 mg/L of oil released in alcohol after being washed. The FTIR analysis showed that the processes and treatments carried out with Citronella oil had no impact on the absorption and transmittance bands of the textile substrates, possibly because the absorbed concentration did not have values that could be observed by this analysis. However, this test is still extremely important, as it shows the functional groups of both the essential oil and the textile substrates used in the experiment. Therefore, it was found that the tests carried out obtained better results in more concentrated solutions and on structures with a higher weight, providing an interesting alternative for repelling disease-transmitting insects.

**Keywords:** Citronella oil. Cotton. Insect repellent.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Soluções utilizadas para ambos os tratamentos.....	29
Tabela 2 - Condições de impregnação.....	30
Tabela 3 - Solução pulverizada nas amostras.....	31
Tabela 4 - Concentração e absorbância da curva de calibração.....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ligamento Tela.....	19
Figura 2 - Ligamento Sarja.....	20
Figura 3 - Fórmula estrutural do citronelal.....	25
Figura 4 - Condições de pré-alvejamento.....	28
Figura 5 - Condições de purga.....	28
Figura 6 - Condições de Esgotamento.....	30
Figura 7 - Curva de calibração do óleo de citronela em álcool metílico.....	35
Figura 8 - Análise de grau de branco das amostras do tecido de estrutura sarja.....	36
Figura 9 - Análise de grau de branco das amostras de tecido de estrutura tafetá.....	38
Figura 10 - Cinética de desodorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por esgotamento com solução 30 g/L (A = tafetá; B = sarja).....	40
Figura 11 - Cinética de desodorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por esgotamento com solução 10 g/L (A = tafetá; B = sarja).....	41
Figura 12 - Cinética de desodorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por impregnação com solução 30 g/L (A = tafetá; B = sarja).....	42
Figura 13 - Cinética de desodorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por impregnação com solução 10 g/L (A = tafetá; B = sarja).....	43
Figura 14 - Cinética de desodorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por pulverização com solução 30 g/L (A = tafetá; B = sarja).....	44
Figura 15 - Cinética de desodorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por pulverização com solução 10 g/L (A = tafetá; B = sarja).....	45
Figura 16 - Análise FTIR da amostra de tafetá tratada com citronela pelo processo por pulverização com solução 30 g/L.....	47
Figura 17 - Análise FTIR da amostra de sarja tratada com citronela pelo processo por pulverização com solução 30 g/L.....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Materiais utilizados.....	26
Quadro 2 - Equipamentos utilizados.....	26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

USDA	Departamento de agricultura dos Estados Unidos
DENV	Vírus da Dengue
DENV 1-4	Quatro sorotipos antígenicamente distintos da Dengue
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial hidrogeniônico
g/L	Grama por litro
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
µm	Micrômetro
mm	Milímetros
ml	Mililitros

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 O PROBLEMA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	17
<b>1.2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>18</b>
2.1 FIBRAS TÊXTEIS.....	18
<b>2.1.1 Algodão.....</b>	<b>18</b>
2.2 TECIDO PLANO.....	19
<b>2.2.1 Tecido plano tafetá.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2 Tecido plano sarja.....</b>	<b>19</b>
2.3 - LIMPEZA E PREPARAÇÃO DOS SUBSTRATOS TÊXTEIS.....	20
<b>2.3.1 - Pré-Alvejamento.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.2 - Purga.....</b>	<b>21</b>
2.4 MÉTODOS DE BENEFICIAMENTO.....	21
<b>2.4.1 – Processo por Impregnação.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.2 - Processo por esgotamento.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.3 - Processo por pulverização.....</b>	<b>22</b>
2.5 ÓLEO DE CITRONELA.....	22
2.6 AEDES AEGYPTI.....	24
2.7 DENGUE.....	24
2.8 GRAU DE BRANCO BERGER.....	25
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	25
3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	26
<b>3.2.1 Pré alvejamento do substrato de estrutura sarja.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2 Purga do substrato de estrutura sarja.....</b>	<b>27</b>
3.3 - APLICAÇÃO DO ÓLEO DE CITRONELA SOBRE OS SUBSTRATOS TÊXTEIS....	28
<b>3.3.1 Processo de deposição do óleo de citronela por impregnação.....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.2 Processo de deposição do óleo de citronela por esgotamento.....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.3 Processo de deposição do óleo de citronela por pulverização.....</b>	<b>30</b>
3.4 SOLIDEZ A LAVAGEM.....	31
3.5 AVALIAÇÃO DE GRAU DE BRANCO.....	32
3.6 DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DA CITRONELA.....	32
3.7 ANÁLISE DE ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR).....	32
3.8 CINÉTICA DE LIBERAÇÃO DO ÓLEO DE CITRONELA EM ÁLCOOL.....	33
3.9 CURVA DE CALIBRAÇÃO.....	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>34</b>
4.1 - OBTENÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO.....	34

4.2 - OBTENÇÃO DO GRAU DE BRANCO.....	35
4.3 - CINÉTICA DE DESSORÇÃO.....	39
<b>4.3.1 - Cinética de dessecção da citronela ancorada aos substratos pelo processo por Esgotamento.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3.2 - Cinética de dessecção da citronela ancorada aos substratos pelo processo por Impregnação.....</b>	<b>41</b>
<b>4.3.3 - Cinética de dessecção das amostras tratadas com citronela pelo processo por Pulverização.....</b>	<b>43</b>
4.4 - CARACTERIZAÇÃO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER.....	46
<b>5 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>49</b>
<b>6 - SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>50</b>
<b>7 - REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Capim citronela é um nome comum para as espécies *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf e *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (Castro et al., 2007, 2010). Algumas plantas já eram utilizadas para repelir mosquitos e insetos desde o século V a.C. Entre as plantas utilizadas estava a citronela, planta do gênero *Cymbopogon*. Sendo assim, o uso do óleo de citronela como repelente a insetos ocorre a muito tempo, apesar de apenas em 1948 ter sido considerado repelente de insetos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) (MAIA et al., 2011).

O óleo de citronela contém mais de cem componentes, que são distribuídos em variadas quantidades. A presença de substância voláteis em suas folhas, como o citronelal, eugenol, geraniol e limoneno (denominadas de um modo geral como monoterpenos) que atribuem o uso do óleo de citronela como repelente contra insetos (SHASANY et al., 2000).

A capacidade do óleo de citronela de inseticida e repelente a moscas e mosquitos também já foi comprovada (RAJA et al., 2001). Pesquisadores também afirmam que o óleo de citronela também afasta besouros, baratas e possuem atividade antifúngica (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2004). Desta forma, a utilização do óleo de citronela como repelente a insetos no Brasil torna-se ainda mais interessante. Um exemplo claro seria sua utilização contra o mosquito da Dengue, o *aedes aegypti*. O *Aedes aegypti* é um mosquito diurno, que possui coloração preta e listras/manchas brancas. O mosquito é adaptado ao ambiente urbano (TAVEIRA et al., 2001). A Dengue é a mais importante infecção viral humana que é transmitida por artrópodes (Guzman et al., 2010). A infecção pelo vírus da Dengue é a doença viral transmitida por um mosquito que se propaga de maneira mais rápida no mundo (Ghosh & Dar, 2015).

Somado a isso, a citronela está presente em muitos locais do solo brasileiro e seu óleo já é utilizado em desinfetantes, produtos de limpeza, loções, sabonetes e outros produtos, porém sua utilização como repelente de insetos diretamente no tecido ou malha ainda é algo promissor e pouco estudado no Brasil, mostrando um campo muito interessante em um país de clima tropical onde o desenvolvimento de insetos transmissores de doenças é uma realidade. Considerando estas afirmações, o estudo da impregnação da citronela em substratos têxteis é considerado de alta relevância tanto para o meio científico quanto para aplicações tecnológicas.

## **1.1 O PROBLEMA**

Qual a melhor estrutura de tecido plano e concentração de óleo em banho para a aplicação de óleo de citronela em substrato têxtil?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Analisar a capacidade de impregnação e lixiviação do óleo de citronela sobre substratos têxteis compostos por algodão.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Avaliar diferentes sistemas de aplicação de óleo de citronela em tecido de algodão, como esgotamento, impregnação e pulverização.
- Comparar os resultados de adesão da citronela em diferentes estruturas de tecido plano;
- Avaliar a adesão da citronela nos substratos têxteis por meio de análises de grau de branco e FTIR;
- Investigar a solidez das amostras tratadas à lavagens;
- Analisar o comportamento de lixiviação do óleo de citronela das amostras tratadas em meio alcoólico.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente seção apresenta uma revisão sobre os principais conceitos e pesquisas referentes ao tema do estudo.

### 2.1 FIBRAS TÊXTEIS

As fibras têxteis podem ser denominadas como o elemento básico das estruturas têxteis, e são também conhecidas por sua finura e flexibilidade. (EICHHORN et al., 2009). Fibras têxteis são também caracterizadas por elevada relação entre comprimento e diâmetro (HOUCK, 2009).

Uma fibra natural é aquela que é encontrada na natureza em seu estado original, podendo ser de origem vegetal, animal ou mineral. São constituídas de polímeros naturais, por exemplo, lã e algodão que são formadas por proteínas e celulose, respectivamente. As fibras sintéticas são produzidas a partir de matérias-primas não naturais, primariamente derivadas do petróleo. Em contraste, as fibras naturais regeneradas são criadas a partir de polímeros naturais, como a celulose. Já as fibras inorgânicas são compostas principalmente por compostos químicos inorgânicos que possuem base em elementos naturais, como carbono, silício e boro. (HOUCK, 2009; MONDAL, 2021).

Mesmo após a chegada das fibras sintéticas, revolucionando o mercado, a procura pelas fibras naturais continuou extremamente alta, muito por conta das preocupações ambientais mundiais, somado ao esgotamento de recursos oriundos do petróleo (SEYDIBEYOGLU; MOHANTY; MISRA, 2017). O presente trabalho terá como substrato têxtil uma fibra natural, o algodão, que será fundamentada a seguir.

#### 2.1.1 Algodão

O algodão é a fibra celulósica mais importante e também a mais utilizada de todas as fibras têxteis naturais. O algodão é uma fibra natural, que possui origem vegetal e que compõe o revestimento piloso do fruto do algodoeiro (VASCONCELOS, 2005). As fibras de algodão possuem uma estrutura unicelular que diferencia-se a partir das células epidérmicas da semente do algodoeiro. O comprimento da fibra de algodão pode variar entre 9 e 60 mm e a sua espessura entre 12 e 20  $\mu\text{m}$ . (VASCONCELOS, 2005). As fibras de algodão podem ser separadas em:

cutícula, camada primária, camada secundária e lúmen central (ou núcleo) (VASCONCELOS, 2005).

Apesar do aumento do uso de fibras sintéticas na produção têxtil, o algodão ainda diz respeito a 24,5% de toda a produção mundial de fibras (TEXTILE EXCHANGE, 2018). Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, na safra de 2017/2018 o Brasil produziu aproximadamente 2,007 milhões de toneladas de algodão, sendo na respectiva safra o quarto maior produtor de algodão do mundo (USDA, 2019).

## **2.2 TECIDO PLANO**

O tecido plano, substrato utilizado neste trabalho, é uma das estruturas têxteis mais utilizadas, caracterizada pelo entrelaçamento perpendicular de fios de urdume e fios de trama. Existem diferentes tipos de entrelaçamento dos fios. Os padrões de entrelaçamento dos fios podem conferir ao tecido plano diferentes características: caimento, fator de cobertura, permeabilidade ao ar, permeabilidade à água e etc. (GANDHI, 2012).

### **2.2.1 Tecido plano tafetá**

Uma das estruturas utilizadas neste trabalho é o tafetá (tela). O tafetá é caracterizado pela disposição inversa dos fios pares e ímpares, onde cada fio de urdume passa alternadamente por cima e por baixo dos fios de trama e reciprocamente (ABNT, 2017).

**Figura 1 - Ligamento Tela**



Fonte: Adaptado de ABNT (2017).

### **2.2.2 Tecido plano sarja**

Uma das estruturas utilizadas neste trabalho é a sarja. A sarja é caracterizada por apresentar estrias diagonais que se obtém com o deslocamento de um fio a cada trama e formando uma

diagonal à direita (Z) ou à esquerda (S), onde a repetição do ligamento possui no mínimo três fios. (ABNT, 2017).

**Figura 2 - Ligamento Sarja**



Fonte: Adaptado de ABNT (2017).

### **2.3 - LIMPEZA E PREPARAÇÃO DOS SUBSTRATOS TÊXTEIS**

Os materiais têxteis possuem muitas impurezas, impurezas essas que podem ser propriamente das fibras ou consequência dos inúmeros processos de fabricação. Estas sujidades necessitam ser removidas em prol de melhorar suas propriedades em: aparência, toque, absorção uniforme de água, corantes e auxiliares químicos (KARMAKAR, 1999).

Os processos com estas finalidades são chamados de processos preparatórios e são classificados em dois grupos: Processos de limpeza (onde por meios físicos ou químicos as matérias estranhas ou impurezas são removidas) e processos de branqueamento (no qual os vestígios de corantes são quimicamente destruídos ou de forma óptica a brancura do substrato é aumentada). As etapas de preparação se diferem de acordo com: tipo de impureza, natureza da impureza, localização da impureza, propriedade da fibra/substrato e sensibilidade à ácidos alcalinos/produtos químicos (KARMAKAR, 1999).

#### **2.3.1 - Pré-Alveamento**

A matéria-prima utilizada neste trabalho é o algodão, que é uma fibra celulósica de origem natural. Fibras como o algodão mesmo após um processo de purga ainda possuem espécies químicas que prejudicam o substrato têxtil no quesito cor, pois fazem com que o substrato tenha

coloração amarelada. O motivo da coloração amarela diz respeito aos pigmentos da parede celular da fibra de algodão, além de também ser motivada por óleos, poeira, insetos, graxas e outras sujidades. O motivo pelo qual um pré-alveijamento é realizado é produzir um substrato branco, desta forma destruindo a matéria corante com o auxílio de oxidantes que devem degradar o mínimo possível a fibra do substrato (PICCOLI, 2014).

### **2.3.2 - Purga**

A purga possui como objetivo reduzir a quantidade de impurezas de forma suficiente para a obtenção de resultados reprodutíveis nas posteriores operações de beneficiamento secundário e terciário, sem a necessidade da realização de uma operação de preparação mais pesada (SANTOS; BARCELLOS; PICCOLI, 2017).

O método de remoção pode ser variado. Quando quer-se remover óleos e ceras deve-se usar álcalis e tensoativos; Para a remoção de pectinas deve-se usar solubilização com álcalis (geralmente soda cáustica); para a remoção de minerais e metais pesados deve-se usar conversão em sais solúveis em meio ácido e/ou uso de agentes sequestrantes; para aminoácidos ou proteínas deve-se usar um solubilizado produzindo assim o sal de sódio correspondente; por último, para lubrificantes/óleos provenientes da malharia deve-se usar emulsificantes (KARMAKAR, 1999).

A seleção do álcali deve ser realizada de maneira criteriosa, pois o pH alcalino pode ter efeito colateral indesejado em certos substratos/fibras. A lã e a seda, por exemplo, são dissolvidas pelo álcali, enquanto o acetato e o triacetato são convertidos de volta à sua forma original de celulose (FAN, 2005).

## **2.4 MÉTODOS DE BENEFICIAMENTO**

### **2.4.1 – Processo por Impregnação**

O Foulard é uma máquina que será utilizada neste trabalho para realizar a impregnação do óleo de citronela no substrato.

O processo utilizando um Foulard na indústria têxtil consiste na impregnação de um tecido em uma solução química que contém determinado banho (corante ou solução para acabamento, por exemplo) no qual o substrato têxtil após entrar em contato com o banho é drenado pela pressão que os cilindros do Foulard exercem (MUÑOZ, 2017).

O Foulard possui uma série de cilindros/rolos que forçam o substrato têxtil a passar pela solução presente na máquina, além de impregná-lo. Em uma escala industrial, o Foulard precisa estar constantemente abastecido de solução visando com que não haja mudança de concentração da solução do banho, além da necessidade de controle de temperatura, pressão e etc. (MUÑOZ, 2017).

O processo de tingimento/impregnação de materiais sobre um tecido por foulard envolve a passagem do tecido entre dois rolos impregnados com a solução do banho. Durante essa etapa, a pressão aplicada e a velocidade de passagem do tecido são configuradas para garantir uma distribuição uniforme do corante (SILVA, 2021).

#### **2.4.2 - Processo por esgotamento**

O processo de esgotamento é caracterizado pela difusão do corante para a fibra através da diferença de concentração entre o banho e o substrato têxtil. No processo de esgotamento há contrato frequente entre substrato e banho (mediante a movimentação de um deles ou de ambos), variação de pH e afinidade entre corante e fibra (SALEM, 2010). No contexto do presente trabalho, o esgotamento refere-se a difusão do óleo de citronela para o substrato por meio da utilização de uma máquina de tingimento por esgotamento.

#### **2.4.3 - Processo por pulverização**

Nesta técnica o tecido é impregnado pulverizando a solução através de um bocal ou pulverizador. A viscosidade da solução necessita ser baixa para passar pelo bico pulverizador (RIPOLL, 2010). Microcápsulas podem ser aplicadas aos substratos têxteis por pulverização em uma solução, sem alterar seu comportamento /cor (SÁNCHEZ, 2006).

A pulverização já foi utilizada para impregnar polímeros sobre uma superfície têxtil fibrosa. Pulverização é um processo que se limita a aplicação vertical. Esta técnica foi desenvolvida e promovida pelo menor custo e aspecto ambiental favorável. A fixação do aditivo necessita de uma posterior cura (ROUETTE, 2001).

### **2.5 ÓLEO DE CITRONELA**

Capim citronela é um nome comum para as espécies *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf e *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle. São plantas originárias da Índia e utilizadas na Indonésia para chás calmantes e digestivos (CASTRO et al., 2007, 2010).

Alguns óleos essenciais foram citados como repelentes de mosquitos devido à sua natureza ecológica e biodegradável, como o óleo essencial extraído de *Cymbopogon nardus* (citronela) (SPECOS et al., 2010).

Os óleos extraídos das folhas da citronela são citados como repelentes a insetos, totalmente pela presença de citronelal, eugenol, geraniol e limoneno, que são então classificados como monoterpenos (SHASANY et al., 2000).

Já foi comprovada sua capacidade de inseticida e repelente a moscas e mosquitos. (RAJA et al., 2001).

É também comprovado que destilados de folhas de citronela possuem atividade carrapaticida, seja em carrapatos adultos ou em larvas (CHUNGSAMARNYART & JIWAJINDA, 1992).

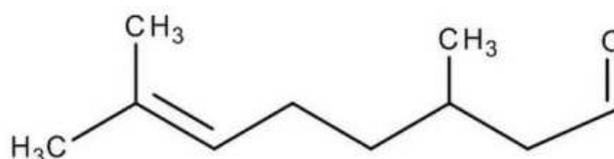
Pesquisadores também afirmam que o óleo de citronela afasta besouros, baratas, assim como também apresenta atividade antifúngica (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2004).

Foi relatado também que o óleo de citronela possui atividade larvicida contra o *Aedes aegypti*. O óleo possui propriedades repelentes a insetos, sendo assim atualmente é amplamente empregado para esse fim (MENDONÇA et al., 2005).

Algumas plantas já eram utilizadas para repelir mosquitos e insetos desde o século V a.C. Entre as plantas utilizadas estava a citronela, planta do gênero *Cymbopogon*. Sendo assim, o uso do óleo de citronela como repelente a insetos ocorre a muito tempo, apesar de apenas em 1948 ter sido considerado repelente de insetos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) (MAIA et al., 2011).

O citronelal (juntamente com o geraniol), cuja fórmula estrutural pode ser observada na Figura 3 é a substância a qual se deve a ação de repelência a insetos do óleo de citronela. (ALAN et al., 2008).

**Figura 3** - Fórmula estrutural do citronelal



Fonte: CARDOSO (2023).

## **2.6 AEADES AEGYPTI**

O *Aedes aegypti* é um mosquito adaptado ao ambiente urbano, de coloração preta e com listras e manchas brancas (TAVEIRA et al., 2001). Segundo (NATAL, 2002) a fêmea do mosquito é muito rápida ao picar e sempre que se sente perturbada durante a ingestão de sangue, para o processo, voa e logo após, estará novamente apta a ser atraída ao mesmo, ou a outro hospedeiro, ocasião em que deverá completar sua refeição.

Quando em ciclos reprodutivos, depois de cada oviposição, a fêmea ficará faminta e então responderá aos estímulos atrativos do hospedeiro. Estes contatos fazem com que o mosquito tenha o papel epidemiológico na transmissão de doenças, destacando-se a dengue (NATAL, 2002). Ainda segundo (NATAL, 2002) pode-se aferir que na maior parte do tempo os mosquitos estão pousados nos inúmeros abrigos encontrados no ambiente urbano. Machos e fêmeas podem ser encontrados em cantos escuros das casas, embaixo de camas, atrás de armários, sob pias de cozinhas, no interior de banheiros, entre série de outros possíveis abrigos.

## **2.7 DENGUE**

A dengue, que é a doença que transmitida pelo inseto *Aedes aegypti*, é citada por (GUZMAN et al., 2010) como a mais importante infecção viral humana transmitida por artrópodes. Os mosquitos vetores, principalmente o *Aedes aegypti*, são infectados assim que se alimentam de humanos durante o período usual (5 dias) de viremia. O vírus passa então do trato intestinal do mosquito para as glândulas salivares depois de um período de incubação extrínseco, que leva aproximadamente 10 dias e é ainda mais rápido em temperaturas altas ambientes, como no Brasil. Ainda, segundo (GUZMAN et al., 2010) as infecções por dengue podem ser fatais quando ocorrem em indivíduos com asma, diabetes e outras doenças crônicas.

Segundo (Ghosh & Dar, 2015) a infecção pelo vírus da dengue (DENV) é a doença viral transmitida por mosquitos que se espalha de maneira mais rápida no mundo. A dengue, uma infecção viral transmitida por mosquitos causada pelo vírus da dengue (DENV) com quatro sorotipos antigenicamente distintos (DENV 1-4), surgiu como uma das mais importantes doenças transmitidas por vetores de interesse de saúde pública, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que 50-100 milhões de infecções

por dengue ocorrem anualmente em todo o mundo. Somado a isso, a doença também se espalhou para locais geográficos mais recentes, principalmente devido ao aumento das viagens aéreas e do comércio internacional, principalmente de pneus usados.

## 2.8 GRAU DE BRANCO BERGER

A brancura é estabelecida como uma medida de quão próximo uma superfície coincide com as propriedades de um difusor refletor perfeito. Um difusor refletor perfeito é uma superfície de reflexão ideal, ou seja, não absorve nem transmite a luz, porém reflete-a em intensidades iguais em todas as direções (COSTA, 2014).

A brancura de Berger surgiu em 1959 e foi desenvolvida por A. Berger. É especificada para o iluminante C e observador padrão 2°. A equação 1 apresenta o cálculo de brancura de Berger (COSTA, 2014).

Equação 1 - Cálculo da Brancura de Berger (WI)

$$WI = 0,333 Y + 125 \frac{Z}{Z_0} - 125 \frac{X}{X_0}$$

Onde: X, Y e Z são os valores triestímulos da amostra medida e X0 e Z0 representam os valores triestímulos do iluminante utilizado para a medição. Quanto maior for o grau de branco da amostra maior será o valor de brancura Berger (COSTA, 2014).

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para a realização dos ensaios e testes necessários neste estudo foram utilizados os materiais e insumos químicos descritos no Quadro 1.

**Quadro 1** - Materiais utilizados.

Material	Descrição	Fornecedor
Substrato têxtil 100% algodão	Tecido plano <i>rapport</i> tafetá de gramatura 125 g/m <sup>2</sup>	Meurer Aviamentos

Substrato têxtil 100% algodão	Tecido plano <i>rapport</i> sarja de gramatura 203 g/m <sup>2</sup>	Meurer Aviamentos
Óleo de citronela	Óleo extraído a partir da folha da planta citronela	Kairós Produtos Naturais
Colorswet DTU-M	Detergente e umectante	Color Química
Complex Fe 2	Complexante de íons metálicos	Werken
Sabão em pó comercial	Agente de lavagem	Unilever
Peróxido de Hidrogênio	Agente oxidante para o pré-alvejamento	CRQ
Hidróxido de Sódio	Utilizado para ativar a reação oxidativa no substrato	NEON
Emulgador 12 EO	Emulsiona e mistura o óleo de citronela com o solvente	Trill Química

Fonte: O autor (2023).

O Quadro 2 mostra os equipamentos utilizados neste trabalho.

**Quadro 2** - Equipamentos utilizados.

<b>Material</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fornecedor</b>
Foulard Mathis FVH	Máquina utilizada para impregnação do óleo de citronela no substrato	Mathis
Espectrofotômetro BEL UV M51	Equipamento utilizado para determinar concentração de soluções por meio de absorvância	BEL Photonics
HT IR Dyer TexControl	Máquina de tingimento por esgotamento	TexControl
Espectrofotômetro de Infravermelho	Determinação de grupos orgânicos no substrato	PerkinElmer Spectrum
Espectrofotômetro DC 500	Determinação de grau de Branco de substratos têxteis	Datacolor

Fonte: O autor (2023).

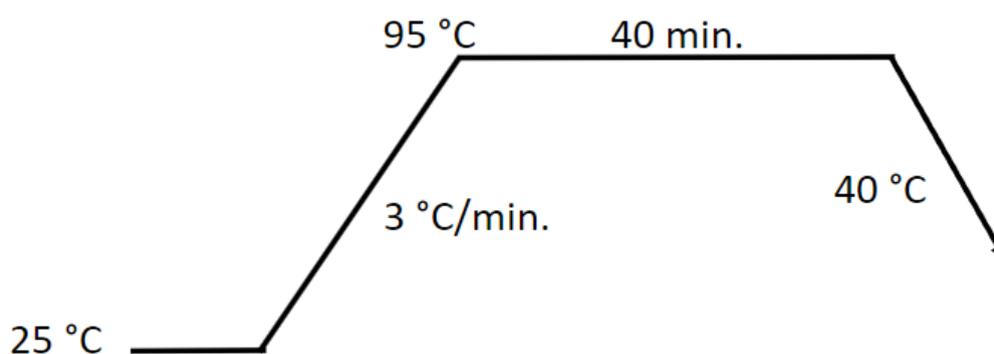
### 3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Os substratos têxteis foram divididos em 16 amostras de tecido plano de estrutura tafetá e 16 amostras de tecido de estrutura sarja. Os experimentos foram realizados em duplicata e cada amostra possuía aproximadamente 2 gramas de massa.

#### 3.2.1 Pré alvejamento do substrato de estrutura sarja

Considerando a utilização de um tecido sarja 100% algodão cru que contém sujidades e impurezas naturais na fibra, foi realizado um pré-alvejamento para preparação do substrato. O processo de pré-alvejamento tem como objetivo realizar a limpeza da fibra, melhorando assim sua qualidade. Além disso, o processo de pré-alvejamento prepara a fibra para processos posteriores. Neste processo foi utilizado 3 g/L de peróxido de hidrogênio 50%, 3 g/L de hidróxido de sódio 50%, 2 g/L de Colorswet DTU-M (umectante/dispersante) e 1 g/L de Complex Fe 2 (sequestrante de Fe). A relação de banho foi de 1:10 e o processo deu-se em temperatura de 95 °C por 40 minutos, conforme curva apresentada na Figura 4.

**Figura 4** - Condições de pré-alvejamento



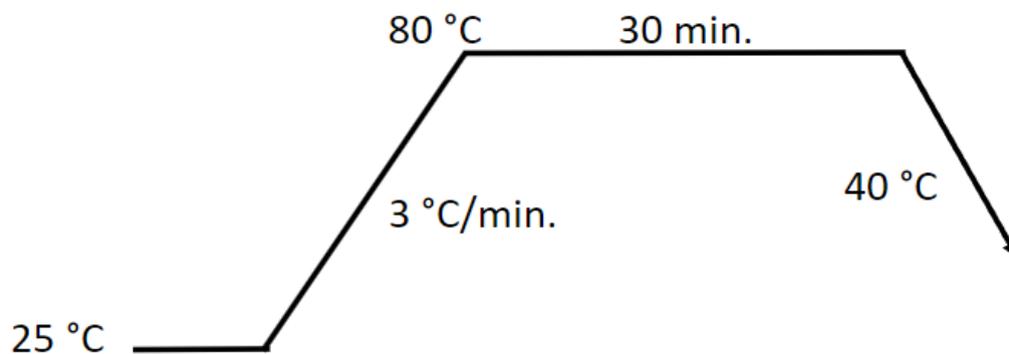
Fonte: O autor (2023).

Após o processo de pré-alvejamento, o banho residual foi descartado e as amostras foram enxaguadas com água deionizada, em seguida as amostras foram levadas à estufa para secagem em temperatura de 80 °C.

### 3.2.2 Purga do substrato de estrutura sarja

O processo de purga foi realizado visando reduzir as impurezas do tecido 100% algodão de padronagem tafetá. As amostras de algodão padronagem tafetá já são pré-alvejadas. A purga foi realizada com 2g/L de barrilha e 2 g/L de Colorwet DTU-M, em relação de banho de 1:10, de acordo com o processo demonstrado na Figura 5.

**Figura 5 - Condições de purga**



Fonte: O autor (2023).

Após o processo de purga o banho residual foi descartado e as amostras foram enxaguadas com água deionizada. Em seguida, as amostras foram levadas à estufa para secagem em temperatura de 80 °C.

### 3.3 - APLICAÇÃO DO ÓLEO DE CITRONELA SOBRE OS SUBSTRATOS TÊXTEIS

Para ambos os procedimentos (Esgotamento, Impregnação por foulard e Pulverização) foram utilizadas duas soluções distintas, que variam conforme concentração de óleo de citronela. Uma das soluções possui 30 g/L de óleo de citronela, enquanto a outra possui 10 g/L de óleo de citronela. Desta forma torna-se interessante a análise de resultados de duas soluções com concentrações distintas.

**Tabela 1 - Soluções utilizadas para ambos os tratamentos**

SOLUÇÃO 30 g/L
----------------

<b>Composição</b>	<b>Concentração utilizada</b>
Óleo de citronela	30 g/L
Emulgador 12 E0	4 g/L
<b>Relação de banho: 1:10</b>	
<b>SOLUÇÃO 10 g/L</b>	
Óleo de citronela	10 g/L
Emulgador 12 E0	4 g/L
<b>Relação de banho: 1:10</b>	

### 3.3.1 Processo de deposição do óleo de citronela por impregnação

O processo de impregnação do tecido foi feito com a utilização de um Foulard, no qual foram realizados testes com as duas soluções do estudo e com as amostras de sarja e tafetá. Ambas as amostras foram banhadas por 10 minutos em solução de 20 mL de banho antes do processo de impregnação por foulard. O pick-up das amostras de tafetá foi de 101,7% e das amostras de sarja de 123,2%. As condições desta etapa do processo podem ser observadas na Tabela 2.

**Tabela 2 - Condições de impregnação**

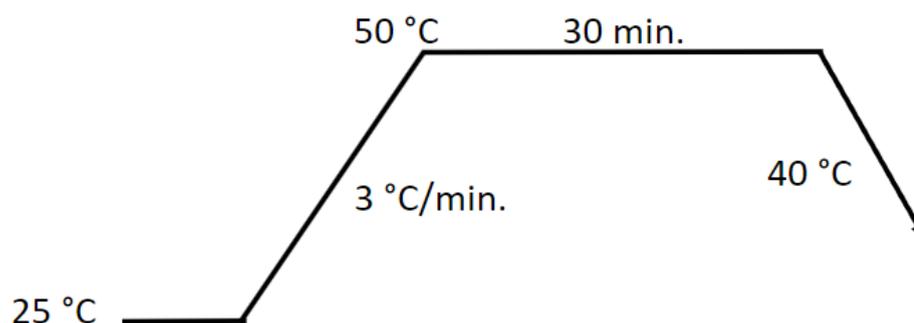
CONDIÇÕES DE IMPREGNAÇÃO POR FOULARD	
<b>Pressão dos cilindros</b>	<b>Velocidade dos cilindros</b>
1,6 bar	2 m/min
CONDIÇÕES DE SECAGEM DAS AMOSTRAS	
<b>Tempo</b>	<b>Temperatura</b>
60 min.	40 °C

### 3.3.2 Processo de deposição do óleo de citronela por esgotamento

O processo de deposição da citronela sobre os substratos têxteis pelo método de esgotamento das foi feito com a utilização da máquina de tingimento HT IR Dyer, da marca

TexControl. Assim, como no processo de impregnação, foram utilizadas amostras em duplicata de sarja e tafetá, onde foram empregadas concentrações de 10 e 30 g/L de citronela, em relação de banho de 1:10. As amostras foram dispostas em canecos com as respectivas soluções como mostrado na Figura 6.

**Figura 6 - Condições de Esgotamento**



Fonte: O autor (2023).

Ao fim do processo as amostras foram retiradas dos canecos e submetidas ao processo de impregnação, onde foram espremidas uma vez pelos cilindros em velocidade de 2 m/min e pressão de 1,6 bar. Em seguida as amostras foram para a estufa permanecerem por 60 minutos em temperatura de 40 °C para que fossem secas.

### 3.3.3 Processo de deposição do óleo de citronela por pulverização

O processo de pulverização foi realizado sobre as amostras de tecido de sarja e de tafetá, com soluções de 10 g/L e 30 g/L de citronela. Em ambas as soluções foram utilizadas relações de banho de 1:10 e os testes foram realizados em duplicata.

As amostras foram pulverizadas em quantidade de solução aproximada de 3 vezes sua massa, ou seja, cada amostra recebeu aproximadamente 6 g de solução por meio da pulverização. As amostras foram dispostas em um recipiente sobre uma balança de precisão, desta forma foi possível observar com exatidão a quantidade de solução pulverizada sobre cada amostra.

A Tabela 3 mostra a quantidade de solução pulverizada em cada amostra.

**Tabela 3** - Solução pulverizada nas amostras

<b>Amostra</b>	<b>Peso inicial da amostra</b>	<b>Peso final da amostra após pulverização</b>
<b>SOLUÇÃO 30 g/L</b>		
Sarja	1,93 g	8,23 g
Sarja	1,87 g	8,01 g
Tafetá	2,02 g	8,29 g
Tafetá	2,00 g	8,41 g
<b>SOLUÇÃO 10 g/L</b>		
Sarja	1,90 g	8,21 g
Sarja	1,93 g	8,55 g
Tafetá	1,91 g	8,09 g
Tafetá	1,85 g	8,20 g

Após serem pulverizadas, as amostras foram inseridas na estufa onde permaneceram por 90 minutos em temperatura de 40 °C para que fossem secas.

### **3.4 SOLIDEZ A LAVAGEM**

Este ensaio foi adaptado da norma ABNT NBR ISO 105-C06: Têxteis – Ensaio de solidez da cor - Parte C06: Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial. Para este ensaio foram utilizadas ambas as amostras de sarja e tafetá tratadas por ambos os processos e soluções. As amostras de tafetá possuíam 13,5 por 10 cm e as amostras de sarja 9 por 10 cm.

Inicialmente foi preparada uma solução de lavagem dissolvendo 4 g/L de sabão em pó comercial em 1 litro de água. Em seguida, cada amostra foi posicionada em um caneco contendo 150 mL da solução de lavagem além de 10 esferas de aço inoxidável (~6 mm de diâmetro). Após este procedimento os canecos foram fechados e ambas as amostras foram para a máquina HT IR Dyer TexControl onde permaneceram por 30 minutos a uma temperatura de 40 °C.

Após o tempo configurado, os canecos foram abertos e ambas as amostras foram enxaguadas por 2 minutos em porção de 100 mL de água a 40 °C. Em seguida a água em excesso foi extraída das amostras e ambas partiram para a estufa onde permaneceram por 60 °C até que fossem secas.

Para avaliar se houve perda da citronela, as amostras foram avaliadas por meio de FTIR, conforme será descrito no tópico 3.10.

### **3.5 AVALIAÇÃO DE GRAU DE BRANCO**

Todas as amostras foram avaliadas quanto aos parâmetros colorimétricos utilizando o equipamento espectrofotômetro de reflectância Datacolor ® Spectrum 500. Os padrões de medição foram os seguintes: Especular excluída com abertura de 9mm, sem utilização de filtro 100%, o iluminante utilizado foi o D65. Por fim, o ângulo do observador obteve configuração para 10°.

O grau de branco das amostras foi lido antes da aplicação do óleo de citronela, após a aplicação do óleo de citronela e após o ensaio de solidez a lavagem. Antes das amostras serem medidas, elas foram dobradas duas vezes ao meio e a medição foi realizada no direito técnico das amostras em 5 pontos diferentes. Essa avaliação permite identificar o grau de branco Berger, que mostra a diferença de grau de branco após ter o óleo de citronela aplicado no substrato.

### **3.6 DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DA CITRONELA**

Para a determinação do comprimento de onda do óleo de citronela foi utilizada a técnica de espectrofotometria de absorbância na região do UV/Visível. O comprimento de onda de absorção máxima do óleo de citronela foi definido por realização da varredura entre 200 nm e 800 nm. Para ter-se a curva de calibração foi preparada uma solução de 50 mL de álcool metílico além de 10 gramas de óleo de citronela. Ao fim da análise chegou-se aos valores de pico de comprimento de onda de 288 nm.

### **3.7 ANÁLISE DE ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)**

Com a intenção de verificar a presença de óleo de citronela aderido às amostras de sarja e tafetá, foi utilizada a Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR). O FTIR tem a capacidade de verificar a interação dos grupos funcionais orgânicos do óleo de citronela com a radiação infravermelho. As análises desta etapa foram efetuadas utilizando o

método por transmitância e varredura em comprimentos de onda entre 450 e 4000  $\text{cm}^{-1}$ , sob utilização do equipamento PerkinElmer Frontier.

Para esta etapa foram utilizadas amostras de Sarja pré-alvejadas, amostras de Tafetá purgadas e todas as amostras tratadas com o óleo por processo de Esgotamento, Impregnação e Pulverização. Desta forma, torna-se possível obter-se uma visualização de variação de transmitância ao longo de diferentes etapas do presente estudo.

As análises de FTIR foram realizadas nas amostras cruas, amostras impregnadas com o óleo de citronela, amostras lavadas e no próprio óleo de citronela.

### **3.8 CINÉTICA DE LIBERAÇÃO DO ÓLEO DE CITRONELA EM ÁLCOOL**

Para monitorar a liberação do óleo de citronela ao longo do tempo e obter informações sobre sua cinética de liberação em meio aquoso, foram preparadas amostras de tecidos com um tamanho de 1,5 x 1,5 cm. Essas amostras foram colocadas em um recipiente contendo 10 mL de álcool metílico. O sistema foi mantido a uma temperatura constante de 25°C (ambiente) e submetido a agitação a 150 rpm em uma incubadora shaker .

Em intervalos de tempo pré-determinados, alíquotas de 3 mL da solução foram retiradas da amostra e analisadas por espectroscopia UV-Vis (modelo AJX-1900, Micronal), utilizando uma cubeta de quartzo, no comprimento de onda de 288 nm. A absorbância obtida foi utilizada para calcular a concentração de óleo liberado na água, com base na curva de calibração do óleo previamente obtida.

Após cada medição de tempo, as alíquotas foram devolvidas à solução original para garantir que o volume do sistema não sofra alterações. Os tempos de medição foram os seguintes: 10 min, 20 min, 30 min, 60 min, 120 min, 180 min e 240 min.

### **3.9 CURVA DE CALIBRAÇÃO**

Para a determinação da concentração dos compostos de óleo de citronela foi utilizada a técnica de espectrofotometria de absorbância na região do UV/VIS em comprimento de onda de 288 nm. Foram então preparadas soluções de óleo de citronela em álcool metílico, nas concentrações de 1 g/L, 2 g/L, 3 g/L, 10 g/L, 20 g/L e 30 g/L. A absorbância destes padrões foi medida. Em seguida, por meio de regressão linear, obteve-se a equação da reta para a determinação da concentração de citronela no banho de liberação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

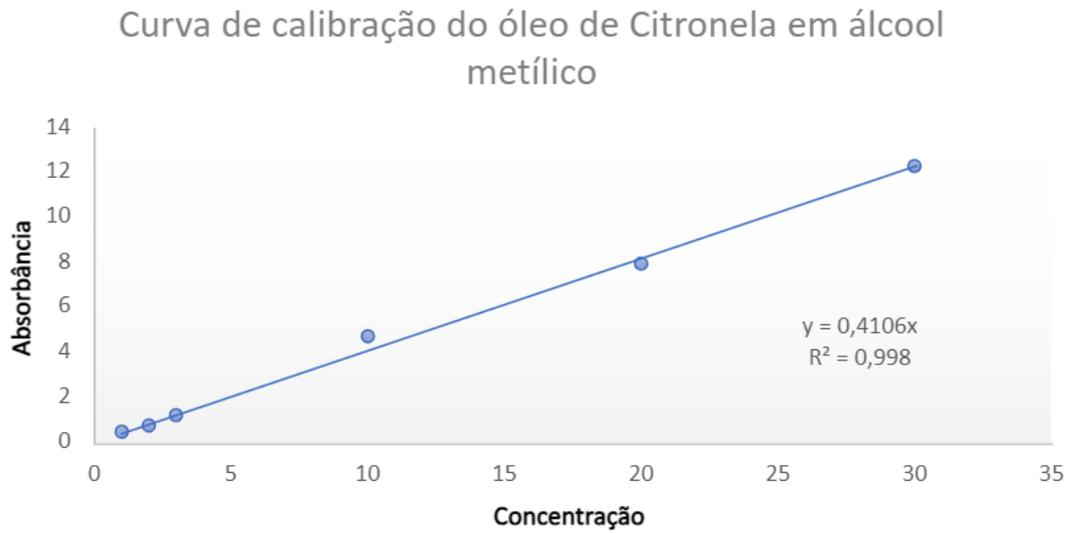
### 4.1 - OBTENÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO

É possível concluir que a curva de calibração obteve resultados coerentes e justificáveis, tendo em vista o valor de  $R^2$  (coeficiente de determinação) extremamente perto de 1 (valor máximo do coeficiente de determinação). Ou seja, o valor de  $R^2$  indica que há uma ótima qualidade do ajuste de modelo de regressão desta etapa. A curva de calibração permite com que haja o conhecimento da absorvância do óleo de citronela nas concentrações utilizadas neste experimento; na concentração de 10 g/L há um valor de absorvância de 4,73 enquanto na concentração de 30 g/L há um valor de absorvância de 12,30.]

**Tabela 4** - Concentração e absorvância da curva de calibração

Concentração (g/L)	Absorvância
1	0,47
2	0,79
3	1,23
10	4,73
20	7,93
30	12,30

**Figura 7** - Curva de calibração do óleo de citronela em álcool metílico

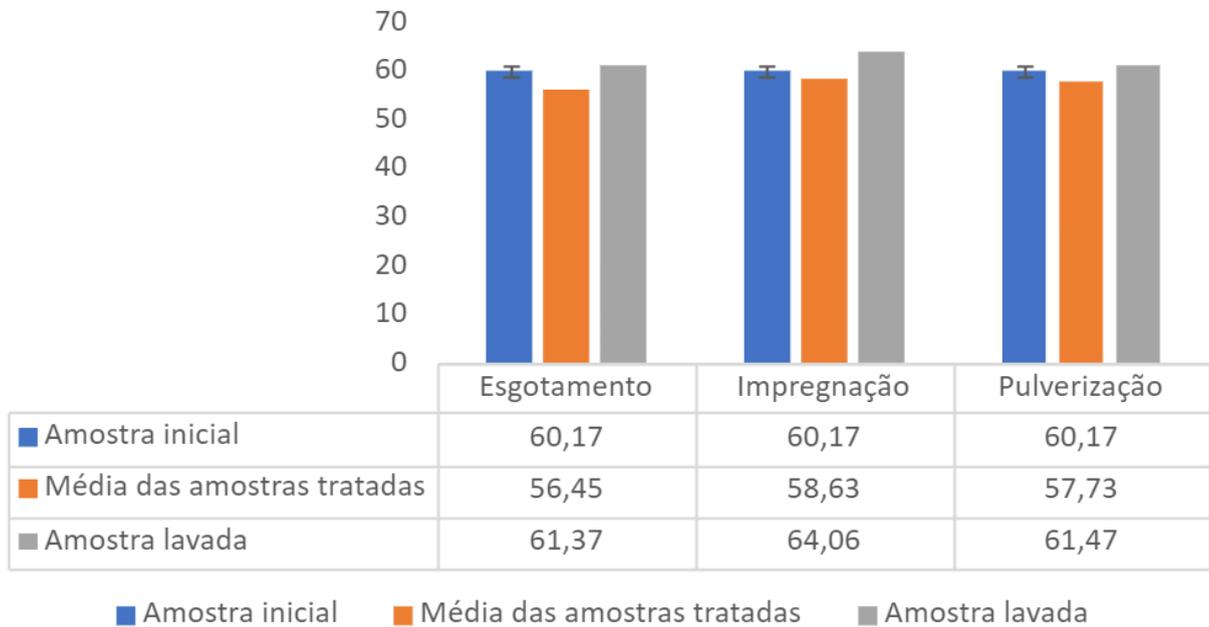


#### 4.2 - OBTENÇÃO DO GRAU DE BRANCO

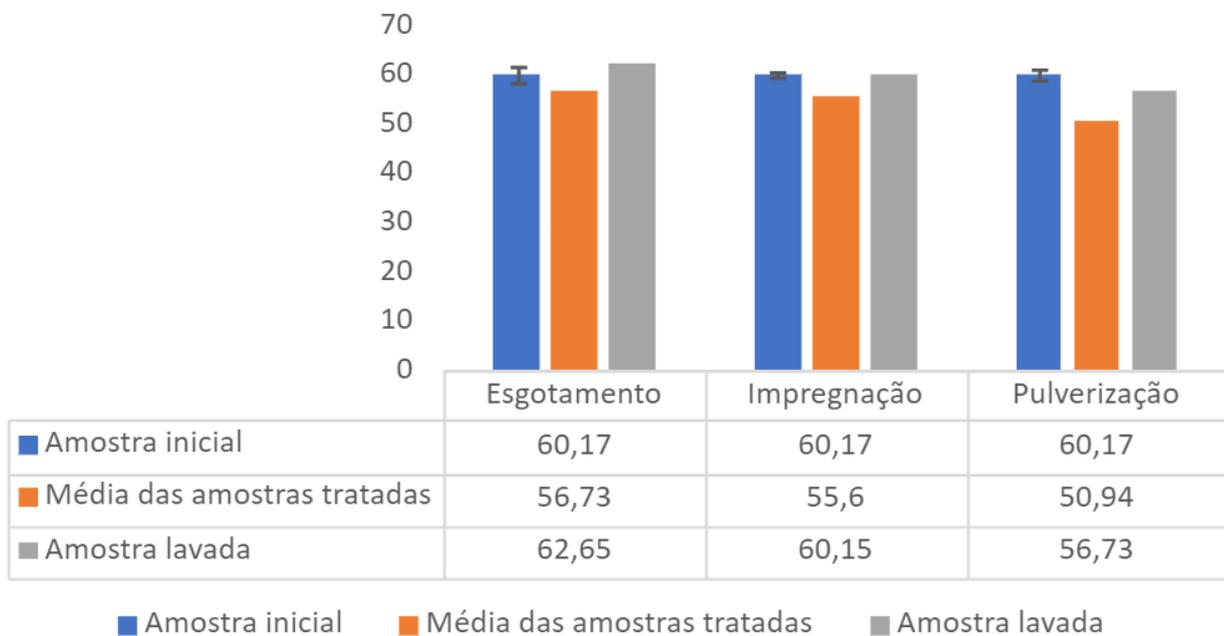
A avaliação do grau de branco Berger foi realizada nas amostras de tecido iniciais (pós purga e pré-alvejamento), tratadas com citronela e posteriormente lavadas, a fim de obter uma análise completa de grau de Branco Berger, comparando-as à estrutura do substrato, solução e procedimento utilizado. Os resultados obtidos para as amostras de estrutura sarja podem ser observados na Figura 8.

**Figura 8** - Análise de grau de branco das amostras do tecido de estrutura sarja

### Solução com 10 g/L de óleo de Citronela



### Solução com 30 g/L de óleo de Citronela



Fonte: O autor (2023).

Ao observar os resultados de grau de Branco das amostras tratadas de Sarja na Figura 8, percebe-se que ambas as amostras modificaram o seu respectivo valor de grau de branco Berger

depois do tratamento. Em destaque, a amostra sarja pulverizada com solução 30 g/L foi a amostra que ficou menos branca após o tratamento, demonstrando inicial vantagem do processo de pulverização com solução 30 g/L sobre os demais, possivelmente por possuir uma solução mais concentrada.

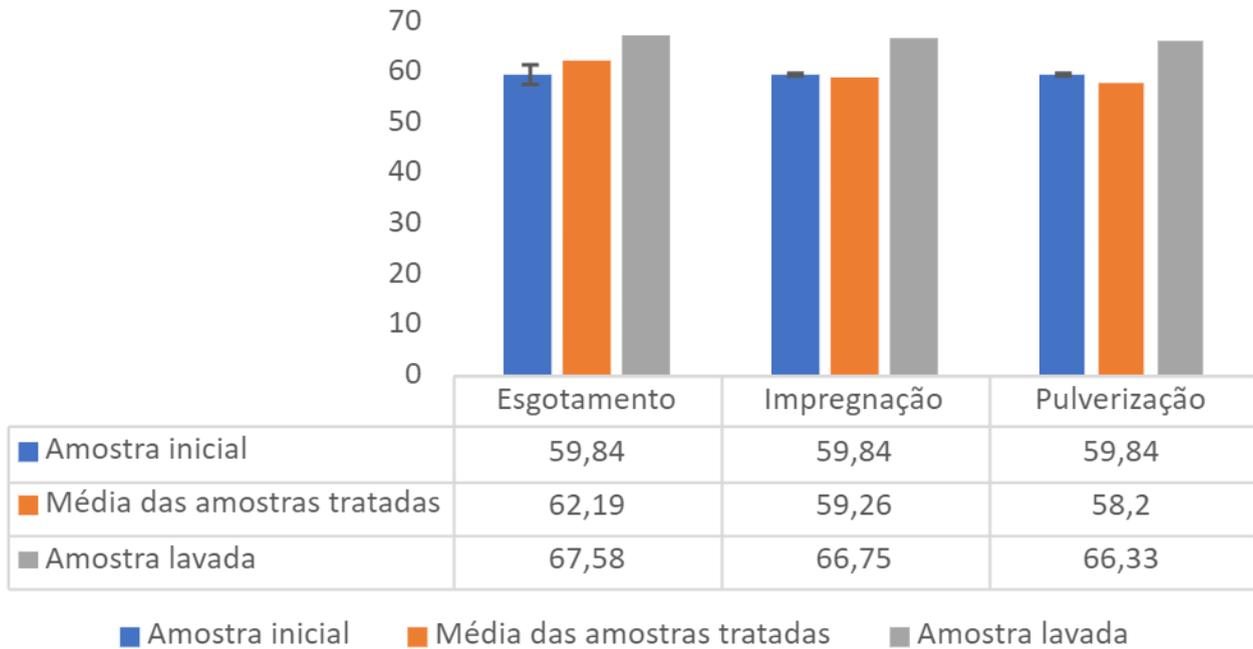
A amostra de sarja impregnada por foulard com solução de 10 g/L apresentou pequena diferença de grau de branco. Porém, ambas as amostras de Sarja tiveram seu valor de grau de Branco modificado, o que indica que o óleo de citronela modifica o grau de branco das amostras tratadas.

As amostras que passaram pelo processo de esgotamento obtiveram valores semelhantes, independentemente da solução utilizada, demonstrando que neste processo não necessariamente é preciso ter uma solução mais concentrada. Entretanto, as amostras que passaram pelos processos de impregnação e pulverização nas soluções de 30 g/L de óleo de citronela obtiveram vantagem perante as amostras que passaram pela solução de 10 g/L, pois obtiveram valores de grau de branco menores. Segundo (COSTA, 2014), quanto maior for o valor da brancura de Berger, maior é o grau de branco da amostra, portanto, um valor menor de grau de branco Berger indica maior capacidade de mudança de cor da amostra quando tratada pelo óleo de citronela.

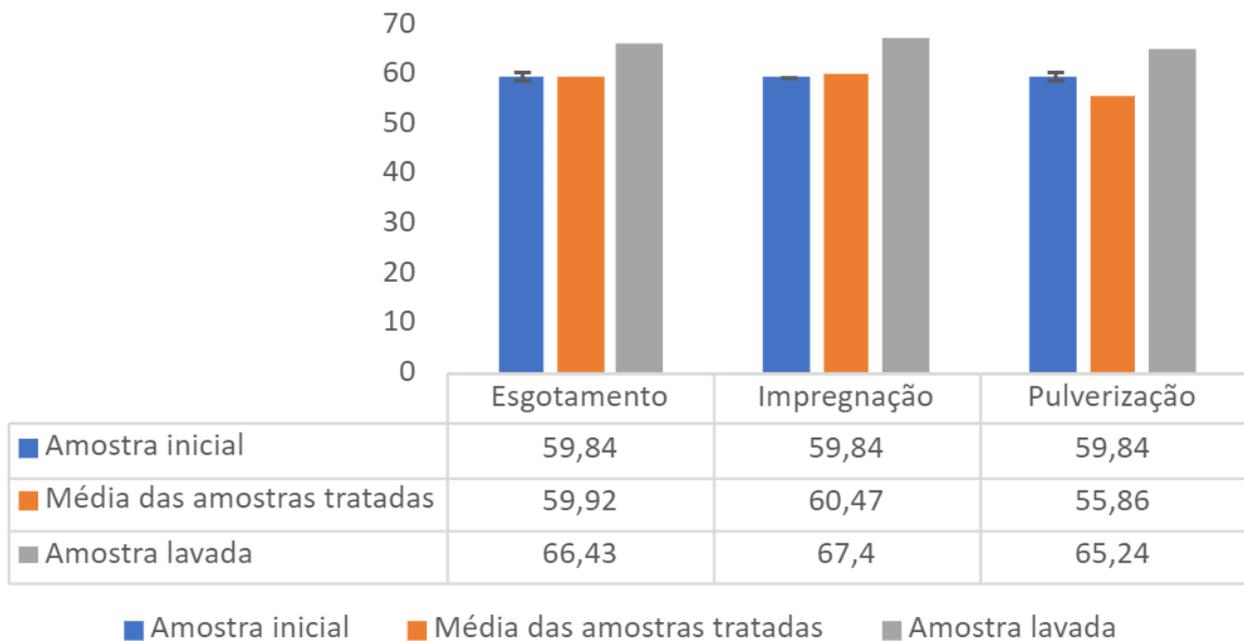
Ao analisar as amostras após terem sido lavadas, observa-se que novamente as amostras de sarja que passaram pelo processo de esgotamento apresentam valores semelhantes, seja qual for a concentração da solução utilizada. Contudo, nos demais processos as amostras que passaram pela solução de 30 g/L apresentam valores menores de grau de branco, evidenciando uma possível vantagem de uma solução mais concentrada.

**Figura 9** - Análise de grau de branco das amostras de tecido de estrutura tafetá

### Solução com 10 g/L de óleo de Citronela



### Solução com 30 g/L de óleo de Citronela



Fonte: O autor (2023).

Ao observar os valores de grau de Branco das amostras de tafetá na Figura 9, percebe-se que grande parte das amostras obtiveram um valor de grau de Branco pós tratamento muito semelhante a amostra de tafetá sem tratamento. Entretanto, um ponto positivo foi a amostra pulverizada com solução de 30 g/L de óleo de citronela, sendo a amostra que ficou menos branca após o tratamento.

Realizando uma comparação entre os resultados das estruturas de sarja e tafetá, nota-se a grande diferença de valores encontrados entre as estruturas, onde a sarja apresentou em todos os procedimentos e soluções valores menores de grau de branco Berger, indicando que a estrutura de sarja modifica mais sua cor quando tratada. Ao analisar também os valores de grau de branco Berger pós lavagem, nota-se que as amostras de sarja também obtiveram valores menores em todos os procedimentos e soluções quando comparadas às amostras de Tafetá, mostrando também capacidade de modificar menos sua cor quando efetuado o processo de lavagem.

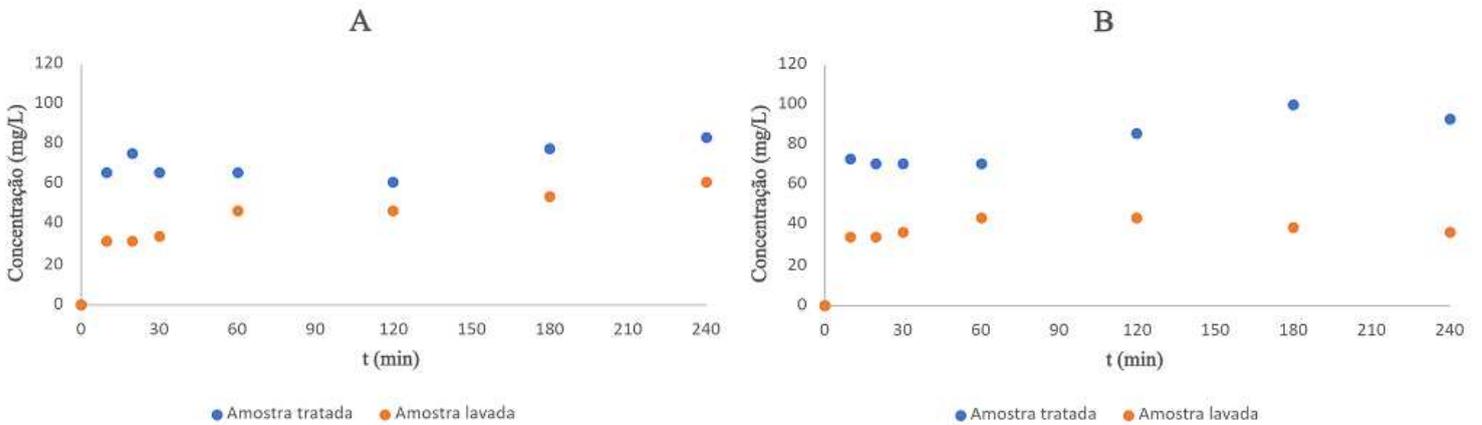
### **4.3 - CINÉTICA DE DESSORÇÃO**

A cinética de dessorção foi avaliada para todas as amostras tratadas e posteriormente lavadas, a fim de avaliar e discutir a possível variação dos valores de acordo com estrutura, tratamento, solução e efeitos da lavagem.

#### **4.3.1 - Cinética de dessorção da citronela ancorada aos substratos pelo processo por Esgotamento**

O comportamento cinético da dessorção das amostras de tafetá e sarja tratadas por processo de esgotamento com solução de 30 g/L de óleo de citronela pode ser observado na Figura 10. Nota-se que a amostra de sarja apresenta no geral medidas de liberação maiores quando comparada a amostra de tafetá. Seu pico de liberação é maior, evidenciando que quando submetidas ao processo de esgotamento, a amostra de sarja pode ter obtido maior retenção do óleo de citronela. Após as amostras terem sido lavadas, a cinética de dessorção foi novamente realizada, onde é possível observar que ambas as amostras continuaram com o óleo de citronela retido em suas fibras, pois ainda havia liberação de óleo em álcool, mesmo que em proporções menores.

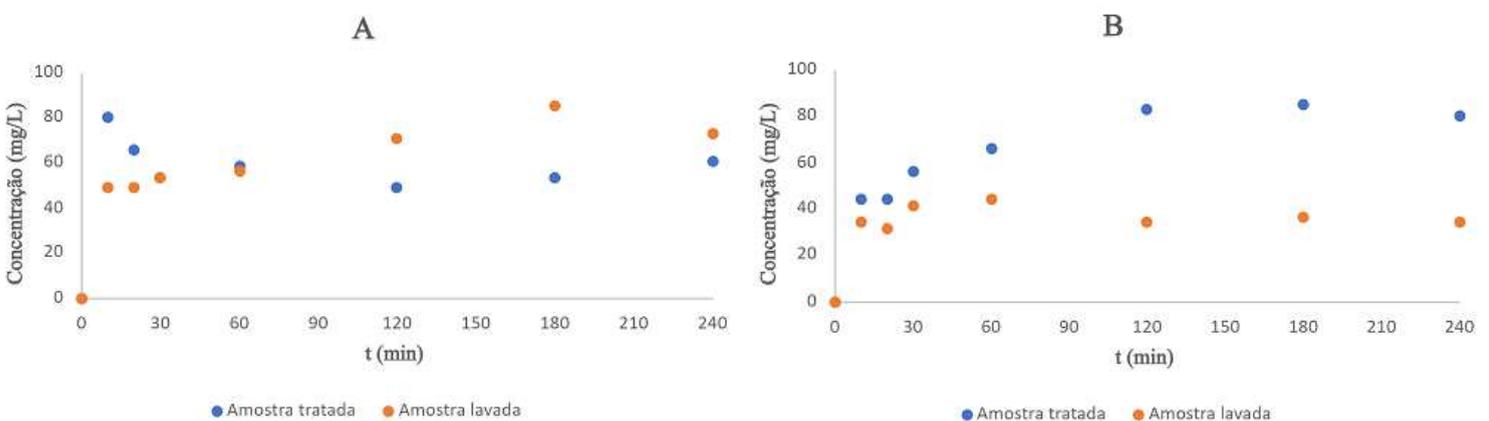
**Figura 10** - Cinética de dessorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por esgotamento com solução 30 g/L (A = tafetá; B = sarja).



Fonte: O autor (2023).

O comportamento cinético de dessorção das amostras de tafetá e sarja tratadas por processo de esgotamento com solução de 10 g/L de óleo de citronela pode ser observado na Figura 11. A amostra de sarja, assim como na Figura 10, apresentou maiores valores de concentração liberada quando comparada a amostra de tafetá. Sua liberação apresentou concentrações maiores logo após os primeiros 20 minutos de medições, evidenciando novamente que anteriormente pelo processo de esgotamento sua estrutura obteve melhor absorção do óleo de citronela em banho. A amostra de tafetá tratada apresentou liberação rápida nos primeiros 20 minutos e posteriormente houve um equilíbrio. A amostra de sarja apresentou uma liberação mais lenta, com aumento de concentração mediante tempo, assim como evidenciou na solução 30 g/L de óleo de citronela.

**Figura 11** - Cinética de dessorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por esgotamento com solução 10 g/L (A = tafetá; B = sarja).



Fonte: O autor (2023).

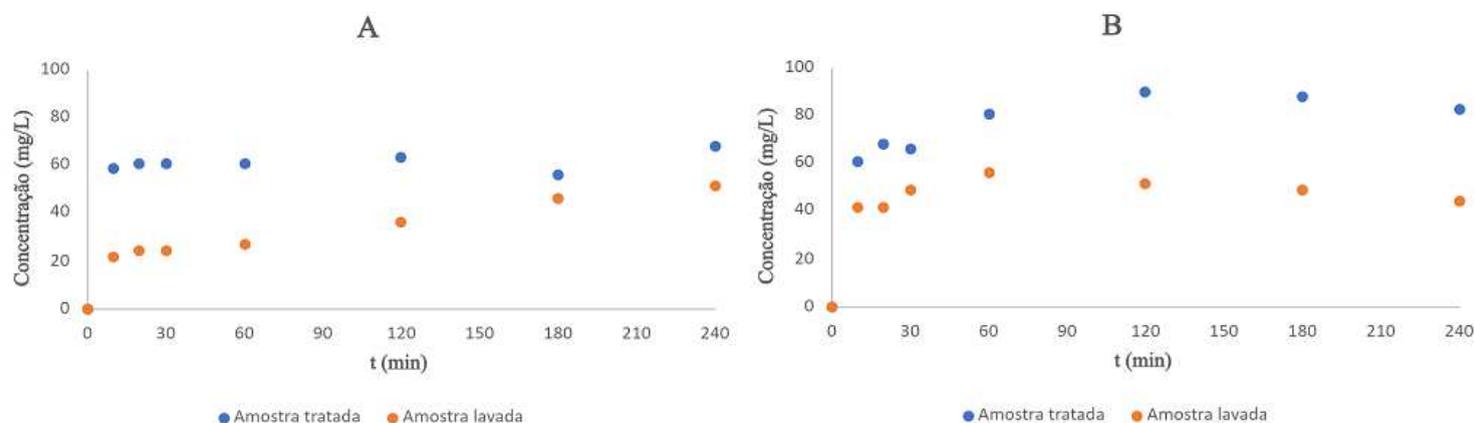
Analisando as Figuras 10 e 11, entende-se que o método de deposição da citronela por esgotamento obteve resultados que validam este processo, tendo em vista que em ambas as soluções houve absorção de óleo de citronela por conta do substrato, seja qual for a estrutura. Entretanto, é nítido que a solução de 30 g/L de óleo de citronela obteve valores de concentração maiores quando comparado a solução de 10 g/L, mostrando que quando tratadas as amostras submetidas a esta solução retiveram mais óleo de citronela.

#### **4.3.2 - Cinética de dessorção da citronela ancorada aos substratos pelo processo por Impregnação**

O comportamento cinético de dessorção das amostras de tafetá e sarja tratadas com citronela impregnação em Foulard com solução de 30 g/L de óleo de citronela pode ser observado na Figura 12. Ao observar a figura é possível afirmar que ambas as amostras obtiveram resultados positivos quanto à absorção do óleo de citronela, pois ambas as estruturas mostram valores de liberação de óleo em álcool. A amostra de tafetá apresentou rápido equilíbrio, pois seus valores de concentração obtiveram poucas mudanças de acordo com o tempo, por outro lado a amostra de estrutura sarja apresentou aumento de valores de concentração de óleo em álcool em função do tempo. Seus valores foram maiores que os da estrutura tafetá, evidenciando que esta estrutura absorveu maior quantidade de óleo de citronela no processo de impregnação.

As medições pós-lavagem mostram que mesmo após uma lavagem ainda havia óleo de citronela presente nos substratos têxteis de ambas as estruturas, mesmo que em menor quantidade. A amostra de tafetá lavada apresenta uma linha semelhante à amostra tratada, porém em menor quantidade, assim como a amostra de sarja. Entretanto, comparando as estruturas é nítido que valores de concentração maiores são encontrados na estrutura sarja também após a lavagem, evidenciando a vantagem desta estrutura nesta solução.

**Figura 12** - Cinética de dessorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por impregnação com solução 30 g/L (A = tafetá; B = sarja).

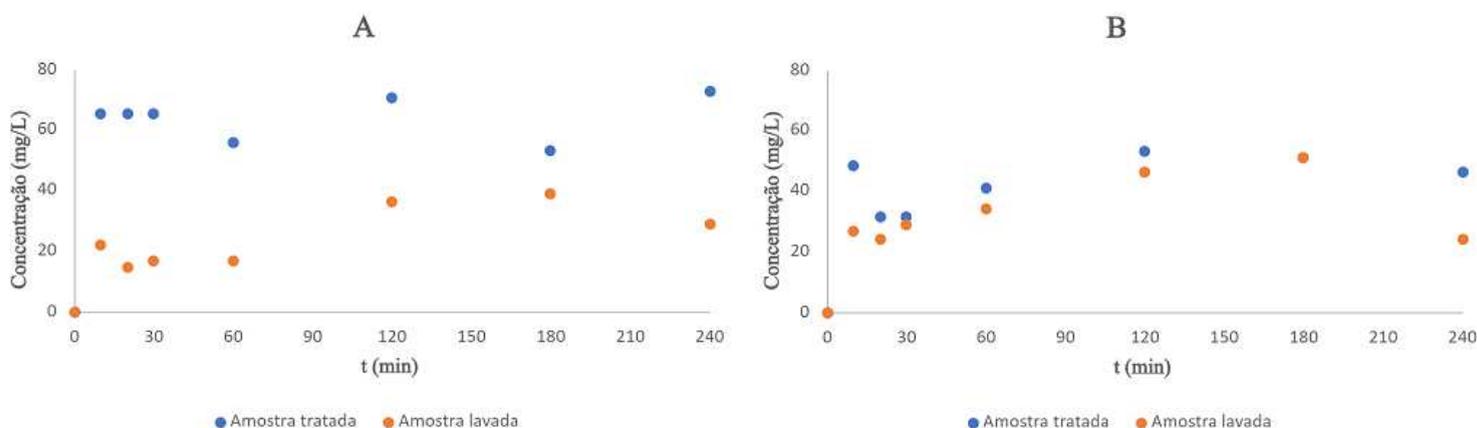


Fonte: O autor (2023).

O comportamento cinético de dessorção das amostras de tafetá e sarja tratadas pelo processo de impregnação por Foulard com solução de 10 g/L de óleo de citronela pode ser observado na Figura 13. Utilizando a solução de 10 g/L de óleo de citronela a amostra tratada de tafetá apresentou valores de concentração de óleo em álcool maiores quando comparada a amostra tratada de estrutura sarja. Além disso, seus valores mostram uma liberação mais rápida na amostra de tafetá, pois após os primeiros 60 minutos ocorrem apenas variações de troca de óleo entre amostra e banho. Entretanto a amostra de sarja apresenta valores que aumentam até os primeiros 120 minutos, mostrando que esta estrutura tende a ter uma liberação mais lenta quando comparada a amostra de tafetá.

Quando analisados os valores de amostra lavada, é possível observar que a amostra de estrutura sarja apresentou valores de concentração maiores que a amostra de tafetá, evidenciando maior retenção de óleo após as lavagens.

**Figura 13** - Cinética de dessorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por impregnação com solução 10 g/L (A = tafetá; B = sarja).



Fonte: O autor (2023).

Observando a Figura 12 é possível observar que na solução de 30 g/L de óleo de citronela a amostra de sarja obteve maior liberação de óleo de em banho, seja com as amostras tratadas ou após terem sido lavadas, evidenciando vantagem para a estrutura.

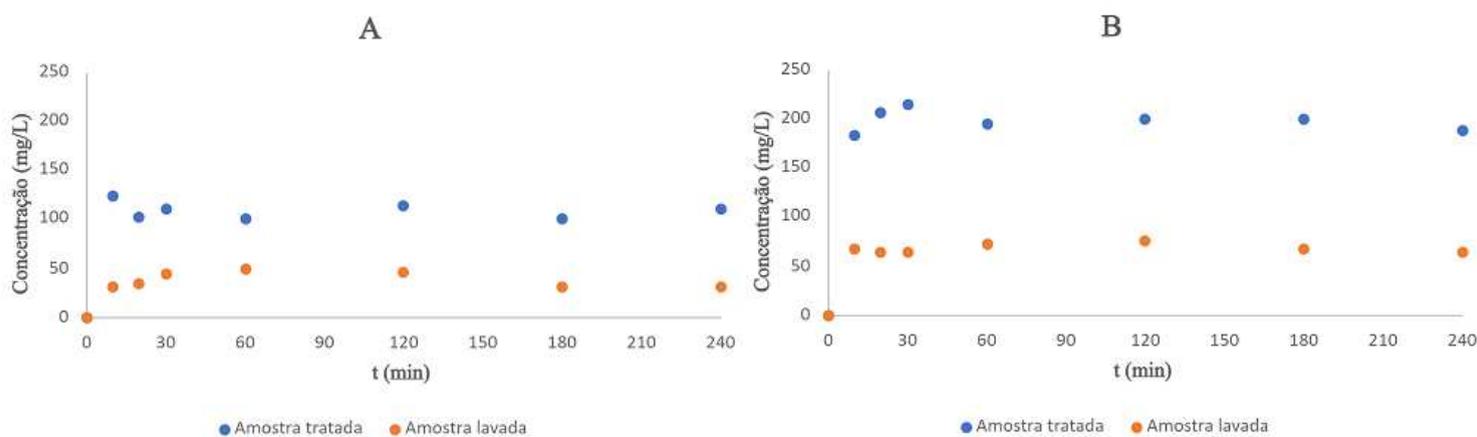
A Figura 13 mostra que na solução de 10 g/L de óleo de citronela a amostra de tafetá tratada obteve maior liberação de óleo em banho, porém após o ensaio de solidez a lavagem ambas as estruturas apresentaram liberação semelhante, ou seja, resultado que demonstra a não necessidade de uma solução mais concentrada para o processo de impregnação por foulard.

#### 4.3.3 - Cinética de dessorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por Pulverização

O Comportamento cinético de dessorção das amostras de tafetá e sarja tratadas por processo de pulverização com solução de 30 g/L de óleo de citronela pode ser observado na Figura 14. É possível observar a concentração alta de óleo em álcool evidenciada nas medições de cinética de dessorção destas amostras. Ambas as estruturas mostram uma liberação rápida e possível troca de óleo entre banho e substrato após os primeiros 30 minutos. A amostra tratada de sarja apresentou valores mais altos de concentração comparada a amostra de tafetá, evidenciando que no processo de pulverização esta estrutura absorveu maior quantidade de óleo de citronela. Após as amostras terem sido lavadas, nota-se ainda uma vantagem para a estrutura sarja, que nas amostras lavadas apresentou uma liberação rápida e estável, sem grandes modificações de acordo com o tempo. A

amostra lavada de tafetá também apresentou dessorção do óleo de citronela, evidenciando que mesmo após a lavagem, em ambas as amostras, mesmo que em menor proporção, havia ainda a presença de óleo de citronela.

**Figura 14** - Cinética de dessorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por pulverização com solução 30 g/L (A = tafetá; B = sarja).

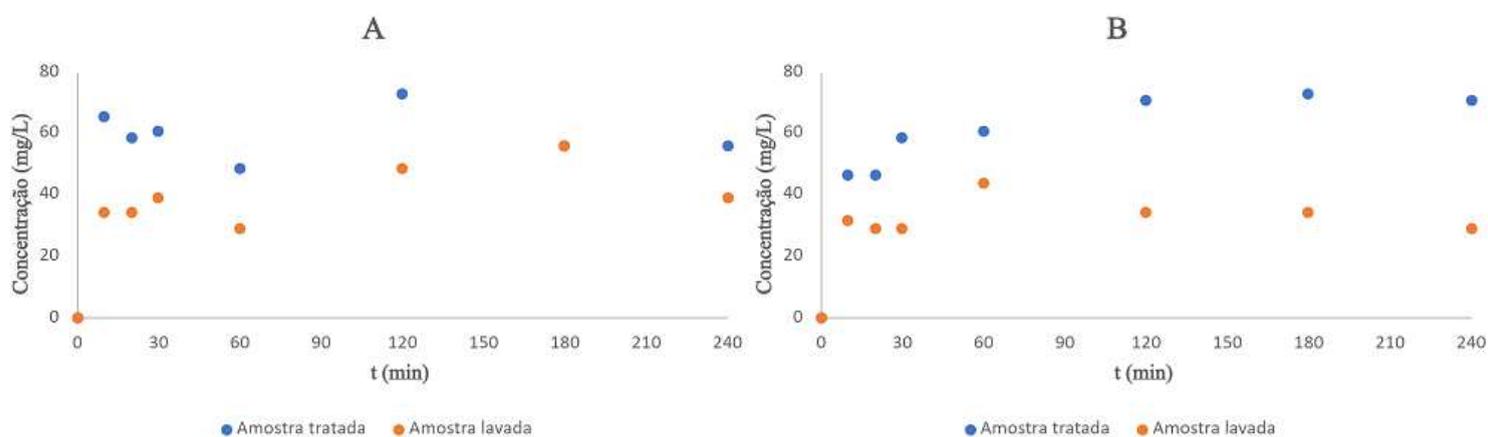


Fonte: O autor (2023).

O comportamento cinético das amostras de tafetá e sarja tratadas por processo de pulverização com solução de 10 g/L de óleo de citronela pode ser observado na Figura 15. Primeiramente é possível observar que houve absorção de óleo de citronela por ambas as estruturas de tecido nesta etapa. Ambas as amostras apresentaram equilíbrio de dessorção após os primeiros minutos, evidenciando uma liberação de óleo em álcool rápida. Após o equilíbrio, nota-se que as amostras tratadas de sarja apresentaram valores maiores quando comparadas as amostras de tafetá.

Ao observar os resultados após a lavagem nota-se pequena vantagem para a estrutura de tafetá, que obteve valores maiores de concentração de óleo de citronela em banho quando comparada a amostra de estrutura sarja.

**Figura 15** - Cinética de dessorção das amostras tratadas com citronela pelo processo por pulverização com solução 10 g/L (A = tafetá; B = sarja).



Fonte: O autor (2023).

Ao analisar os gráficos de todas as cinéticas de dessorção, dá-se destaque para a amostra de sarja pulverizada em solução de 30 g/L, que apresentou maiores valores de concentração de óleo de citronela em álcool dentre todas as amostras analisadas, seja quando tratada e também após ter sido lavada, evidenciando não somente uma facilidade de absorção do óleo de citronela, como também resistência a solidez a lavagem. A estrutura sarja já foi utilizada em testes semelhantes, com excelentes resultados. Nos estudos de (Tariq et al., 2022), um tecido de estrutura sarja foi utilizado, no qual o tecido acabado apresentou boas propriedades de repelência de mosquitos, mesmo após 30 ciclos de lavagem vigorosos.

Segundo (ROMI et al., 2005) a atividade repelente é um “efeito olfativo” que depende principalmente da rápida evaporação dos produtos ativos. Portanto, esta afirmação facilita o entendimento de que substratos que conseguem absorver concentrações com maior porcentagem de óleo de citronela irão ter resultados melhores. Entende-se, portanto, que as amostras tratadas com solução 30 g/L podem desempenhar melhor função de repelência, pois possuem capacidade de maior liberação de óleo de citronela em álcool quando efetuado a cinética de dessorção.

Segundo (SPECOS et al., 2010) um aumento no teor de óleo dos têxteis tratados representaria um aumento na durabilidade da repelência a insetos. Ou seja, outra afirmação que corrobora para que exista o entendimento da vantagem de se usar uma solução com maior concentração de óleo de citronela, evidenciando o motivo dos resultados de maior liberação de óleo em álcool deste teste terem vindo justamente das amostras tratadas com a solução de 30 g/L de óleo de citronela.

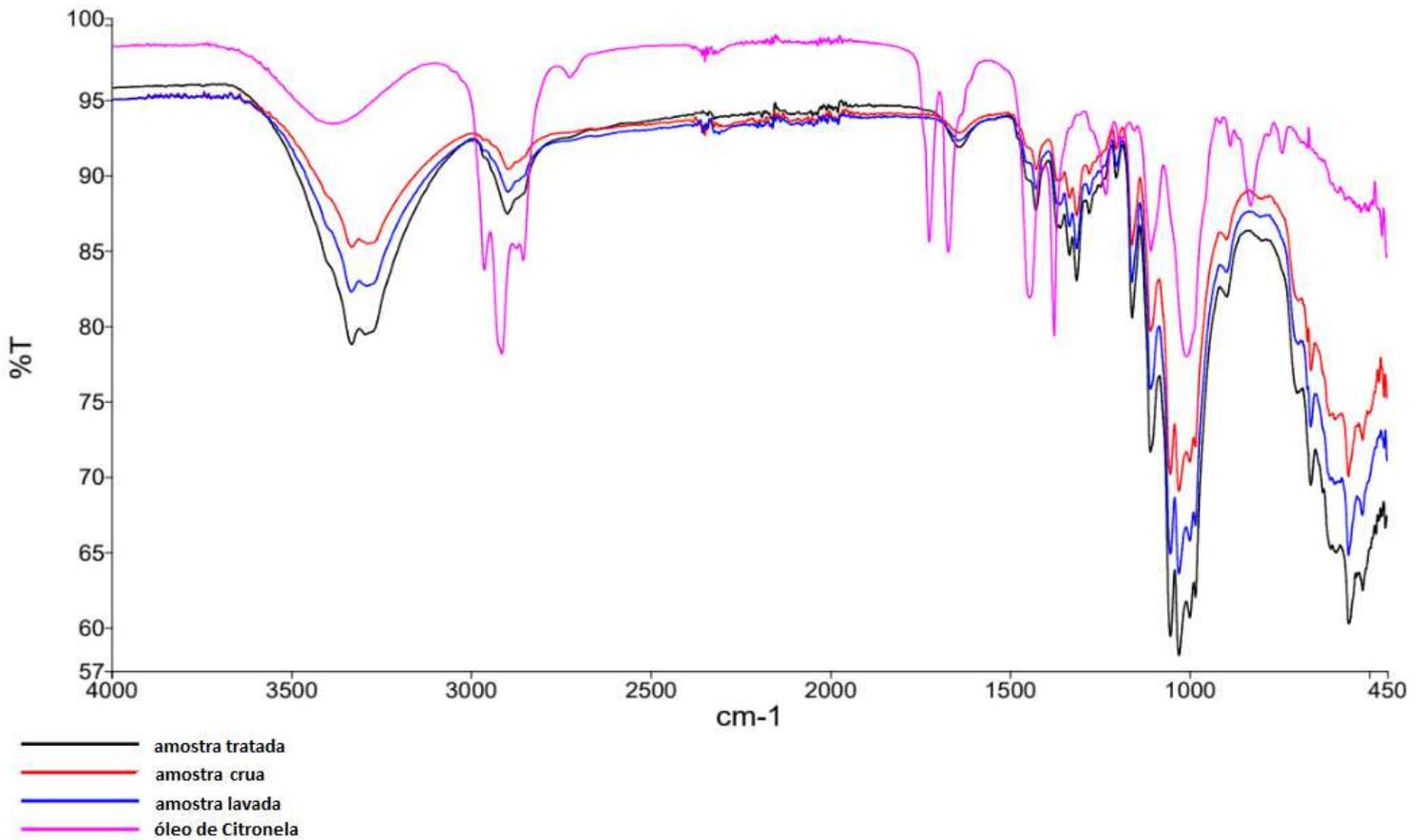
Quando são analisadas as estruturas dos tecidos é possível observar valores maiores de concentração de óleo de citronela na estrutura sarja, evidenciando uma vantagem desta estrutura. Possivelmente sua maior gramatura e espessura gera maior capacidade de retenção do óleo de citronela. Em estudos de (Tariq et al., 2022) é utilizado também um tecido plano de estrutura sarja, onde houve bons resultados referentes a absorção da citronela no substrato, comprovada por microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura. Em outros estudos, como de (LIMA, 2017), são também utilizados tecidos de estruturas sarja e tafetá com composição 100% algodão, onde a estrutura sarja também demonstrou vantagem para a estrutura tafetá.

Entretanto, é de extrema importância ressaltar que ambas as amostras analisadas obtiveram resultados satisfatórios frente liberação de óleo de citronela em álcool, seja por quaisquer processos ou estruturas, e mesmo após a lavagem ambas as estruturas de tecido analisadas ainda permaneciam com o óleo de citronela, mesmo que em menor quantidade, em suas fibras.

#### **4.4 - CARACTERIZAÇÃO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER**

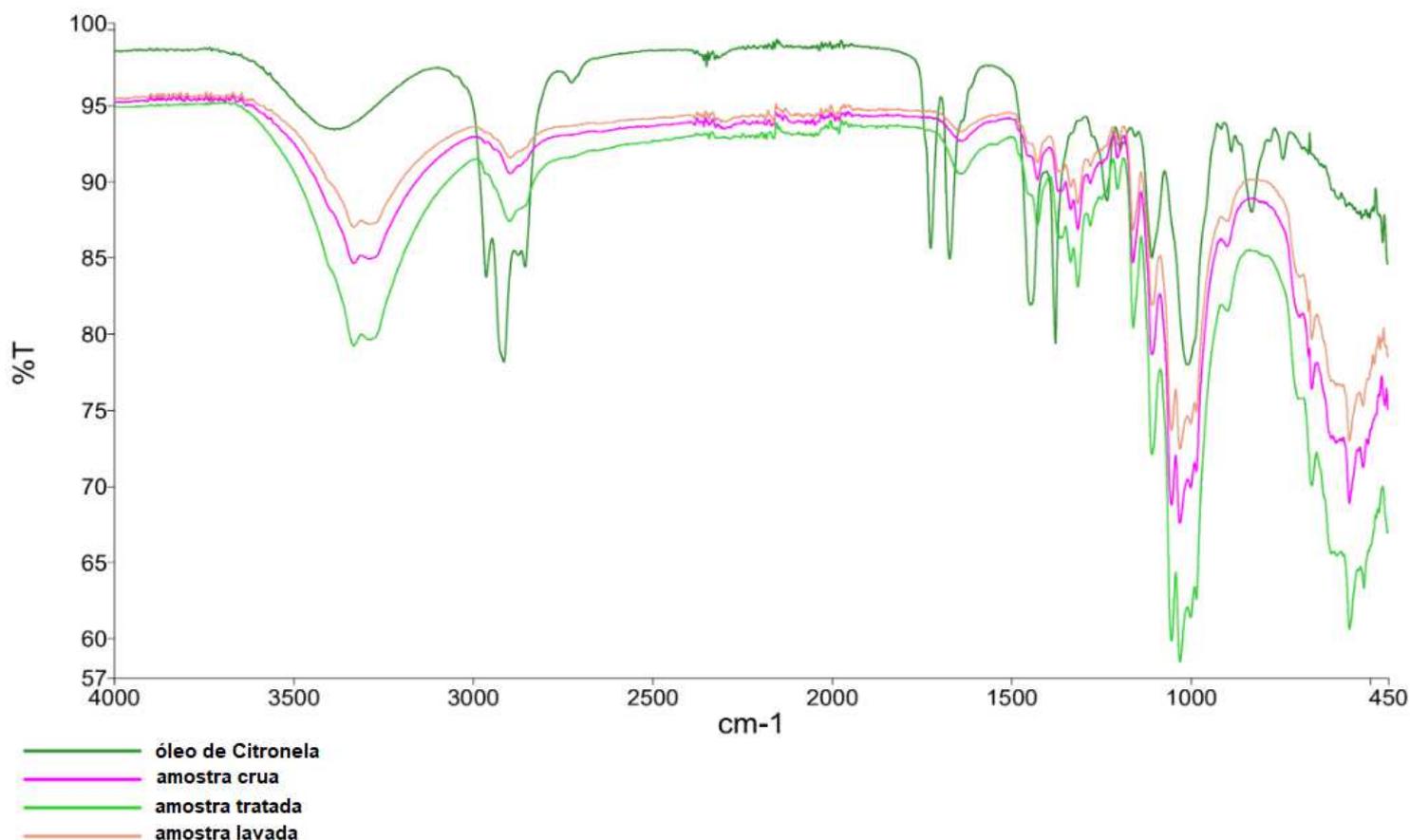
Além das avaliações de grau de branco e de solidez, realizaram-se ainda avaliações de grupamentos químicos por meio de FTIR para amostras sem tingimento, amostras tratadas com óleo de citronela e amostras lavadas, além do próprio óleo de citronela. As caracterizações tem caráter qualitativo, servindo de indicativo da presença de óleo de citronela nas amostras. Nas Figuras 16 e 17 são mostradas as análises FTIR das amostras de sarja e tafetá pulverizadas com solução de 30 g/L de óleo de citronela. Estas foram analisadas pois dentre todas as amostras estas demonstraram maiores valores em mg/L de liberação de óleo em álcool durante a análise de dessorção.

**Figura 16** - Análise FTIR da amostra de tafetá tratada com citronela pelo processo por pulverização com solução 30 g/L



Fonte: O autor (2023).

**Figura 17** - Análise FTIR da amostra de sarja tratada com citronela pelo processo por pulverização com solução 30 g/L



Fonte: O autor (2023).

Ao analisar as Figuras 16 e 17 é possível observar pelo espectro do óleo de citronela bandas em diversos comprimentos de onda, que correspondem aos grupos orgânicos funcionais presentes neste óleo essencial. O pico de absorção a 3346 cm<sup>-1</sup> diz respeito ao estiramento O-H (referente aos álcoois) presente no composto geraniol. A 2971 cm<sup>-1</sup> é possível observar o estiramento do C-H<sub>3</sub> e C-H<sub>2</sub> presentes no citronelal e geraniol. A 2874 cm<sup>-1</sup> ocorre o estiramento C-H, 1668 cm<sup>-1</sup> diz respeito ao C = C, 1454 cm<sup>-1</sup> é possível observar a deformação angular do C-H<sub>2</sub>, o comprimento de onda de 1375 cm<sup>-1</sup> refere-se a deformação do grupo C-O-H e o comprimento de onda de 1080 cm<sup>-1</sup> refere-se ao estiramento C-O. Por fim, o comprimento de 690 cm<sup>-1</sup> refere-se ao anel aromático (OLIVEIRA et al., 2010; SONGKRO et al., 2012; ANDRADE et al., 2012; WORZAKOWSKA, 2014; FREIRE, 2017). Os resultados estão condizentes com a literatura, com exceção do pico exacerbado referente ao comprimento de onda de 1377 cm<sup>-1</sup> (deformação do grupo C-O-H) onde pode ter ocorrido oxidação do óleo essencial. O pico referente aos álcoois, como o caso do Geraniol, permanece com as mesmas propriedades da literatura. Também é

possível observar o estiramento do C-H<sub>3</sub> e C-H<sub>2</sub> presentes no citronelal, evidenciando que há a presença de grupos funcionais responsáveis pela repelência aos insetos no óleo de citronela.

Substâncias como o citronelal e o geraniol que fazem com que o óleo de citronela seja repelente a insetos (ALAN et al., 2008). Os óleos extraídos das folhas da citronela são citados como repelentes a insetos, totalmente pela presença de citronelal, eugenol, geraniol e limoneno, que são então classificados como monoterpenos (SHASANY et al., 2000). As bandas do espectro referente às amostras de sarja e tafetá referem-se às bandas de absorção características do algodão. No comprimento de onda de 3332 cm<sup>-1</sup> há o estiramento O-H, em 2909 cm<sup>-1</sup> ocorre o estiramento C-H<sub>2</sub>, em 1430 cm<sup>-1</sup> é possível observar a deformação angular C-H. Ao fim, no comprimento de onda de 1155 há o estiramento assimétrico C-O-C do anel e da ligação glicosídica (ZORNIO, 2013). Os resultados do espectro estão condizentes com a literatura, entretanto, o pico exacerbado referente ao comprimento de onda de 3332 cm<sup>-1</sup> onde há o estiramento O-H pode remeter a umidade na fibra, indicando retenção de H<sub>2</sub>O após o processo de secagem.

Entretanto, ao realizar a análise da possível relação entre os espectros das amostras e do óleo de citronela percebe-se não ser possível afirmar pela curva de análise FTIR a absorção do óleo de citronela pelos substratos do experimento. Por haver grupos funcionais comuns entre óleo/substrato que possuem comprimentos de onda semelhantes pode haver a (falsa) identificação da absorção dos grupos funcionais óleo pela amostra, entretanto, ao ampliar as curvas é possível afirmar que há curvas distintas entre substrato e óleo. A análise de cinética de dessorção realizada no tópico 4.3 evidencia concentração liberada pela amostra tanto tratada quanto lavada, entretanto esta concentração pode possuir valor não perceptível em uma análise FTIR. De qualquer maneira, torna-se ainda extremamente importante esta etapa, pois evidencia grupos funcionais tanto do óleo essencial quanto dos substratos têxteis utilizados no experimento.

## 5 - CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de impregnação e dessorção do óleo de citronela em substrato têxtil.

Os resultados mostram que os processos de aplicação do óleo de citronela no substrato têxtil obtiveram diferentes resultados em ambos os processos e soluções, havendo vantagem para o processo de deposição do óleo de citronela por pulverização em solução de 30 g/L de óleo de citronela no substrato têxtil de estrutura sarja. Analisando a concentração de óleo nas soluções

percebe-se melhores resultados para soluções mais concentradas. Em relação às estruturas têxteis, houve melhores resultados para a estrutura sarja.

Tendo em vista às análises de grau de branco, constatou-se que houve variação de cor em ambas as amostras, evidenciando que os processos realizados com o óleo de citronela são capazes de modificar o grau de branco dos substratos têxteis tratados.

A respeito do ensaio de FTIR, há a constatação de que os processos e tratamentos realizados com o óleo de citronela não impactaram nas bandas de absorção e transmitância dos substratos têxteis.

Sobre o ensaio de solidez à lavagem, ambas as amostras mostraram reter óleo de citronela após uma lavagem, mesmo que em quantidade reduzida quando comparada à pré lavagem.

O ensaio de cinética de desorção, por sua vez, demonstrou resultados interessantes e satisfatórios, pois foi possível observar a liberação de óleo de citronela em álcool tanto para as amostras tratadas quanto para as amostra lavadas, evidenciando retenção de óleo nos substratos mesmo após ensaio de lavagem.

## **6 - SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, são propostas sugestões para dar continuidade ao estudo:

- Avaliar composições de amostra diferentes, como o uso de fibras sintéticas;
- Realizar microscopia eletrônica de varredura (MEV) para substratos tratados a fim de verificar a deposição superficial do óleo de citronela nos substratos têxteis;
- Realizar os mesmos procedimentos deste estudo porém com o óleo de citronela microencapsulado;
- Realizar ensaio de cromatografia gasosa no óleo de citronela;
- Avaliar capacidade de retenção das amostras quando submetidas a maior número de lavagens;

## 7 - REFERÊNCIAS

Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2004. DEET (N,N-Diethylmeta-toluamide) **Chemical Technical Summary for Public Health and Public Safety Professionals**. Atlanta, Georgia. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/consultations/deet/pharmacokinetics.html>.

ANDRADE, Milene Aparecida; CARDOSO, Maria das Graças; BATISTA, Luís Roberto; MALLEY, Aline Cristina Teixeira; MACHADO, Samísia Maria Fernandes. **Essential oils of Cinnamomum zeylanicum, Cymbopogon nardus and Zingiber officinale: composition, antioxidant and antibacterial activities**. Rev. Ciênc. Agron., v. 43, n. 2, p. 399-408, abr-jun, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12546**: Materiais têxteis - Ligamentos fundamentais de tecidos planos - Terminologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2017. 10 p.

BEZERRA, F. M.; LIS, M.; CARMONA, Ó. G.; et al. **Assessment of the delivery of citronella oil from microcapsules supported on wool fabrics**. Powder Technology, v. 343, p. 775–782, 2019. Elsevier B.V.

CARDOSO, Júlia da Silva et al. **Encapsulação de repelente de insetos comercial e óleo essencial de citronela em nanofibras de poliuretano**. 2023.

CASTRO, H.G.; BARBOSA, L.C.A.; LEAL, T.C.A.B.; SOUZA, C.M.; NAZARENO, A.C. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de Cymbopogon nardus (L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.9, p.55-61, 2007.

CASTRO, H.G. de; PERINI, V.B. de M.; SANTOS, G.R. dos; LEAL, T.C.A.B. Avaliação do teor e composição do óleo essencial de Cymbopogon nardus (L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.308-314, 2010.

CHUNGSAMARNYART, N.; JIWAJINDA, S. Acaricidal activity of volatile oil from lemon and citronella grasses on tropical cattle ticks. **Kasetsart Journal**, 1992.

CLARK, M. **Handbook of textile and industrial dyeing**: Volume 1: Principles, processes and types of dyes. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. 671 p. (Woodhead Publishing Series in Textiles).

COSTA, Ana Luísa Bobião. **Avaliação de amaciadores para uso na indústria têxtil**. 2014. Tese de Doutorado.

DE MENDONÇA, Fernando AC et al. Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. **Fitoterapia**, v. 76, n. 7-8, p. 629-636, 2005.

EICHHORN, S. J. et al. Handbook of Textile Fibre Structure: Volume 1: Fundamentals and Manufactured Polymer Fibres. 1<sup>a</sup> ed. **Cambridge: Woodhead Publishing**, 2009. 528 p. (Woodhead Publishing Series in Textiles).

FAN, Qinguo. Chemical testing of textiles. **Cambridge: Woodhead Publishing**, 2005. 338 p. (Woodhead Publishing in Textiles).

GANDHI, K. L. Woven textiles: principles, developments and applications. **Cambridge: Woodhead Publishing**, 2012.

GHOSH, A.; DAR, L. Dengue vaccines: Challenges, development, current status and prospects. **Indian Journal of Medical Microbiology**, 1. jan. 2015. Wolters Kluwer Medknow Publications.

GUZMAN, M. G.; HALSTEAD, S. B.; ARTSOB, H.; et al. Dengue: A continuing global threat. **Nature Reviews Microbiology**, v. 8, n. 12, p. S7–S16, 2010.

HOUCK, Max M. **Identification of textile fibers**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. 390 p. (Woodhead Publishing in Textiles).

JANARTHANAN, M.; SENTHIL KUMAR, M. Ontogenesis of textile face mask using cotton fabric by treating with red seaweeds extract for cosmetotextile applications. **Journal of the Textile Institute**, v. 110, n. 7, p. 959–971, 2019. Taylor and Francis Ltd.

KARMAKAR, S. R. **Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles**. Amsterdã: Elsevier, 1999. 521 p.

LIMA, Caroline Santos Alves de. **Estudo do desenvolvimento de microcápsulas de polímeros naturais para aplicação em têxteis médicos**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MAIA, Marta Ferreira; MOORE, Sarah J. Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. **Malaria journal**, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2011.

MONDAL, Ibrahim H. **Fundamentals of Natural Fibres and Textiles**. 1<sup>a</sup> ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2021. 816 p. (The Textile Institute Book Series).

MUÑOZ, Vanesa et al. **Functional textiles for skin care active substance encapsulation**. 2017.

NATAL, D. **BIOECOLOGIA DO AEDES AEGYPTI**. 2002.

OLIVEIRA, Maíra Maciel Mattos de; BRUGNERA, Danilo Florisvaldo; CARDOSO, Maria das Graças; ALVES, Eduardo; PICCOLI, Roberta Hilsdorf. **Disinfectant action of Cymbopogon sp. essential oils in different phases of biofilm formation by Listeria monocytogenes on stainless steel surface**. Food Control 21, 549–553, 2010.

RIPOLL, L. et al. **Cosmeto-textile from formulation to characterization: an overview**. e-Polymers, v. 10, n. 1, p. 040, 2010.

ROUETTE, Hans-Karl; LINDNER, Andrea; SCHWAGER, Beate. **Encyclopedia of textile finishing**, 2001.

SALEM, Vidal. **Tingimento Têxtil: fibras, conceitos e tecnologias**. São Paulo: Blucher, 2010. 299 p.

SÁNCHEZ, José Cegarra. Têxteis inteligentes. **Revista Química Têxtil**, v. 82, p. 58-77, 2006.

SANTOS, N. S., SILVA, F. L. A. T. da, & NETA, M. T. S. L. Corantes naturais: 72 importância e fontes de obtenção- **Revista Científica Multidisciplinar** - ISSN 2675- 6218, 3(3), e331165–e331165. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/RECIMA21.V3I3.1165>.

SANTOS, Vera Lucia Vogel Faustino dos; BARCELLOS, Ivonete Oliveira; PICCOLI, Heiderose Herpich. Pré-alvejamento de materiais têxteis com ozônio e avaliação de suas propriedades de

superfície, físicas e tintoriais. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 1-14, jan. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0122>.

SANTOS, Vera Lucia Vogel Faustino dos; BARCELLOS, Ivonete Oliveira; PICCOLI, Heiderose Herpich. Pré-alveamento de materiais têxteis com ozônio e avaliação de suas propriedades de superfície, físicas e tintoriais. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 1-14, jan. 2017. FapUNIFESP (SciELO).

SEYDIBEYOGLU, M. Özgür; MOHANTY, Amar K.; MISRA, Manjusri. **Fiber Technology for Fiber-Reinforced Composites**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2017.

SHASANY, A.K. et al. Phenotypic and RAPD diversity among *Cymbopogon Winterianus* Jowitt accessions in relation to *Cymbopogon nardus* Rendle. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 2000.

SONGKRO, Sarunyoo; HAYOOK, Narissara; JAISAWANG, Jittarat; MANEENUAN, Duangkhae; CHUCHOME, Thitima; KAEWNOPPARAT, Nattha. **Investigation of inclusion complexes of citronella oil, citronellal and citronellol with b-cyclodextrin for mosquito repellent**. *J Incl Phenom Macrocycl Chem*, 72:339–355, 2012.

SPECOS, M. M. M.; GARCÍA, J. J.; TORNESELLO, J.; et al. Microencapsulated citronella oil for mosquito repellent finishing of cotton textiles. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 104, n. 10, p. 653–658, 2010.

TARIQ, Z.; IZHAR, F.; GMD, Z.; et al. Fabrication of highly durable functional textile through microencapsulation of organic citronella oil. **Industrial Crops and Products**, v. 190, 2022. Elsevier B.V.

TAVEIRA, Lúcia Antonia et al. **Manual de diretrizes e procedimentos no controle do *Aedes aegypti***. In: Manual de diretrizes e procedimentos no controle do *Aedes aegypti*. 2001. p. 108-108.

TEXTILE EXCHANGE. **Preferred Fiber and Materials Market Report 2018**, 2018.

US Department of Agriculture (USDA). Cotton: **World Markets and Trade Good**. 2019.

VASCONCELOS, Andreia. **Obtenção de tecidos de poliéster de baixo peso por tratamento enzimático**. 2005. Tese de Doutorado.

WORZAKOWSKA, Marta. **Thermal properties of citronellyl diesters**. J Therm Anal Calorim, 118:299–309, 2014.

ZORNIO, C. F. **Preparação e caracterização do complexo de inclusão  $\beta$ -ciclodextrina/(Z)-jasmona e da fibra de algodão enxertada com  $\beta$ -ciclodextrina**. 127p. 2013. Tese de Doutorado. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de pós graduação em química. Florianópolis-SC.