

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

HIGOR DE SOUZA SILVA

**LIPASES E LACASES NA REMOÇÃO DE MANCHAS EM TECIDO 100%
ALGODÃO**

APUCARANA

2022

HIGOR DE SOUZA SILVA

**LIPASES E LACASES NA REMOÇÃO DE MANCHAS EM TECIDO 100%
ALGODÃO**

Lipases e Laccases In The Removal Of Stains On 100% Cotton Fabric.

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientadora: Prof.^a Dra. Milena Martins Andrade.
Coorientadora: Prof.^a Dra. Caroline Apoloni Cionek.

APUCARANA

2022



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

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Apucarana
COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

LIPASES E LACASES NA REMOÇÃO DE MANCHAS EM TECIDO 100% ALGODÃO

Por

HIGOR DE SOUZA SILVA

Monografia apresentada às 14:00 horas do dia 06 de DEZEMBRO de 2022, como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado **APROVADO**.

PROFESSORA MILENA MARTINS ANDRADE – ORIENTADORA

PROFESSORA TAÍS LARISSA DA SILVA – EXAMINADORA

PROFESSOR FABIO ALEXANDRE PEREIRA SCACCHETTI – EXAMINADOR

*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Milena Martins Andrade, pelo seu carinho, ensinamentos, dedicação, paciência e por não ter medido esforços para realização desse trabalho.

À minha mãe Aparecida e meu pai José por estarem ao meu lado, pelo apoio, amor, confiança, paciência e por me derem forças para continuar.

À minha amiga Jacqueline Brandeli, por motivar, escutar e sempre acreditar em mim.

Aos meus amigos Laisa, Luis e Renan por incentivarem em cada momento de desânimo e deixarem esse percurso mais leve.

Aos colegas de laboratório e grupo de pesquisa, pela ajuda e parceria.

A todos os professores, por todo esforço, paciência e conhecimento transmitido ao longo do curso. Aos que de qualquer forma me auxiliaram em algum momento na realização deste trabalho.

Ao Laboratório Multiusuário de Apoio a Pesquisa do Campus Apucarana (LAMAP), por toda contribuição nos resultados.

E por fim, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Apucarana, por ter mudado a minha vida de infinitésimas maneiras.

RESUMO

SOUZA, Higor S. **Lipases e Lacases na Remoção de Manchas em Tecido 100% Algodão**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso bacharelado em Engenharia Têxtil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2022.

Incidentes relacionados ao manchamento de roupas são frequentes devido ao derramamento de alimentos, como no caso de manchas de óleo e vinho. Essas manchas podem ter um comportamento variado dependendo do substrato têxtil, tempo de mancha e do processo de lavagem. O mercado apresenta algumas soluções para o processo de remoção, como formulações com diversos agentes químicos que aumentam a eficiência da limpeza, mas que em sua maioria não consideram aspectos ligados ao meio ambiente. Baseado neste contexto, o presente trabalho abordou fatores sobre a indústria têxtil e aplicação de enzimas no processo de lavagem para propor uma formulação sustentável que auxilie na remoção dessas manchas. Foram avaliados os efeitos de formulações enzimáticas, contendo lacases, lipases e tensoativos sobre as manchas de óleo e vinho em tecidos de algodão. Os resultados foram analisados por comparações visuais e análise de espectrofotometria. Foi obtido uma remoção efetiva em todas as amostras de manchas de óleo e quanto às manchas de vinho, apresentaram uma considerável descoloração no tecido.

Palavras-chave: enzimas; óleo; vinho; formulação; lavagem.

ABSTRACT

SOUZA, Higor S. **Lipases e Laccases In The Removal Of Stains On 100% Cotton Fabric.** 2022. Bachelor's degree course in Textile Engineering - Federal Technological University of Paraná. Apucarana, 2022.

Incidents related to clothing stains are frequent due to food spills, as in the case of oil and wine stains. These stains can behave differently depending on the textile substrate, staining time and washing process. The market offers some solutions for the removal process, such as formulations with various chemical agents that increase cleaning efficiency, but which mostly do not consider aspects related to the environment. Based on this context, the present work addressed factors about the textile industry and the application of enzymes in the washing process to propose a sustainable formulation that assists in the removal of these stains. The effects of enzymatic formulations containing laccases, lipases and surfactants on oil and wine stains on cotton fabrics were evaluated. The results were analyzed by visual comparisons and spectrophotometry analysis. Effective removal was achieved in all samples of oil stains and the wine stains showed considerable discoloration of the fabric.

Keywords: enzymes; oil; wine; formulation; wash.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo produtivo têxtil	10
Figura 2 - Representação esquemática da estrutura da fibra de algodão.....	11
Figura 3 - A estrutura primária da celulose.....	12
Figura 4 - Representação de um tecido plano	12
Figura 5 – Molécula constituinte de um surfactante	14
Figura 6 – Diagrama do modelo chave-fechadura para funcionamento de uma enzima	16
Figura 7 – Reação de atuação de lipase sobre triacilglicerol.....	17
Figura 8 – Oxidação de lignina não fenólica mediada por ABTS.....	17
Figura 9 – Representação da ação das celulases sobre a molécula de celulose	18
Figura 10 - Esquema para produção de lipase	21
Figura 11 - Ensaio de capilaridade	24
Figura 12 - Mancha de óleo	25
Figura 13 - Secagem das amostras	25
Figura 14 - Soluções enzimáticas	26
Figura 15 - Manchas de vinho nos tempos de 20 dias, 72 horas, 1 hora e 15 minutos respectivamente.	28
Figura 16 - Manchas de óleo nos tempos de 20 dias, 72 horas, 1 hora e 15 minutos respectivamente	29
Figura 17 - Amostras após a lavagem	30
Figura 18 - Comparativo de mancha antes e depois a lavagem.....	31
Figura 19 - Comparativo de mancha antes e depois a lavagem.....	32
Figura 20 - Gráfico de ΔE para manchas de vinho	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Justificativa	9
1.2	Objetivos	9
1.2.1	Objetivo geral	9
1.2.2	Objetivos específicos.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	A Indústria Têxtil	10
2.1.1	Fibras de algodão.....	11
2.1.2	Tecidos.....	12
2.2	Lavanderia	13
2.2.1	Agentes químicos.....	13
2.3	Enzimas na indústria têxtil	15
2.4	Manchas em tecidos	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Material	20
3.2	Métodos	21
3.2.1	Cultivo do micro-organismo e produção de lipases	21
3.2.2	Cultivo do micro-organismo e produção de lacases	22
3.2.3	Determinação da atividade de lipase.....	22
3.2.4	Determinação da atividade de lacase.....	23
3.2.5	Manchamento do tecido	24
3.2.6	Testes de remoção de manchas	26
3.2.7	Avaliação do desempenho de lavagem.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Manchamento do tecido	28
4.2	Testes de remoção de mancha	30
4.3	Avaliação do desempenho de lavagem	32
5	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A princípio o uso de vestimentas ocorreu pela necessidade de proteção do ser humano, contra fatores locais, do clima e proteção da epiderme. Porém, vestir-se obteve outros significados com o tempo, como sinônimo de beleza, aparência e estilo. Com isso houve a necessidade de maiores cuidados com a vida útil de peças de roupa, as quais vivem um ciclo longo no mercado, podendo ser doadas e passadas em gerações, levando em conta principalmente a sustentabilidade, sem haver a precisão de descarte ou aquisição de novas peças, afinal o Brasil é um dos maiores produtores de artigos têxteis no mundo, sendo 1,91 milhões de toneladas em 2020 contra 2,05 milhões de toneladas em 2019 (ABIT, 2022). Como resultado, o mercado têxtil adequou-se a manutenção de produtos têxteis através de fatores que auxiliam na limpeza, como detergentes e alvejantes destinados a cada tipo de material.

Então, quanto a essa limpeza, diversos produtos são desenvolvidos para tratamento de peças de roupas, porém, ao resolver um problema criam-se outros, pois grande parte das formulações criadas no mercado não são biodegradáveis e poluem o meio-ambiente, como por exemplo, detergentes sintéticos, branqueadores e removedores de manchas. Segundo Flynn (2014), esses produtos podem afetar a qualidade da água quando o consumidor utiliza o produto e descarta casualmente, aonde parte do detergente chega eventualmente aos corpos hídricos e consigo carregam matéria orgânica contendo fósforo e amônia. Esses nutrientes em excesso podem causar a eutrofização de lagos e rios, provocando o enriquecimento da água com nutrientes que favorecem o surgimento de algas tóxicas.

Normalmente, as formulações de produtos comerciais são tratadas como segredos devido à concorrência da indústria. Pouco se sabe sobre a interação do produto com a fibra ou tipo de mancha e sujidade, existe apenas o conhecimento da função de cada componente em geral dentro da formulação. O uso de enzimas nessas formulações tem o intuito de diminuir a poluição do meio-ambiente e potencializar o poder de limpeza. Portanto, este trabalho visa propor formulações baseadas nas enzimas lipases e lacases para tratar manchas em tecidos de algodão.

1.1 Justificativa

Acidentes relacionados a derramamento de comidas e bebidas em roupas são frequentes no dia-a-dia das pessoas, seja em peças do vestuário ou cama, mesa e banho, e conseqüentemente ocasionam manchas difíceis de remover. Na maioria das vezes, essas peças são afetadas esteticamente, inviabilizando o seu uso e acarretando ao descarte. Por se tratar de um mercado extremamente poluente, no caso em questão a produção de roupas, o tema deve ser devidamente explorado para apresentar novas soluções mais sustentáveis.

Portanto, o trabalho em questão busca abordar uma alternativa para remoção de manchas, especificamente manchas de óleo e vinho, sendo a segunda uma das mais difíceis de remover e com poucas soluções de formulação no mercado. Para que assim, pessoas que busquem a limpeza de artigos têxteis, restaurem suas peças, sem haver a necessidade de descarte ou aquisição de novos bens.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Utilizar lipases e lacases provenientes de fungos para retirar manchas em tecido 100 % algodão.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar a atividade enzimática dos extratos obtidos na fermentação para obtenção de lipases e lacases por espectroscopia UV-VIS;
- Desenvolver formulações contendo lipases e lacases;
- Promover manchas nos tecidos 100 % algodão com óleo e vinho tinto;
- Propor tratamentos das manchas de óleo utilizando formulações contendo lipases e de vinho tinto contendo lacases variando-se tempo de contato de tempo de mancha;
- Analisar os resultados obtidos por microscopia óptica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

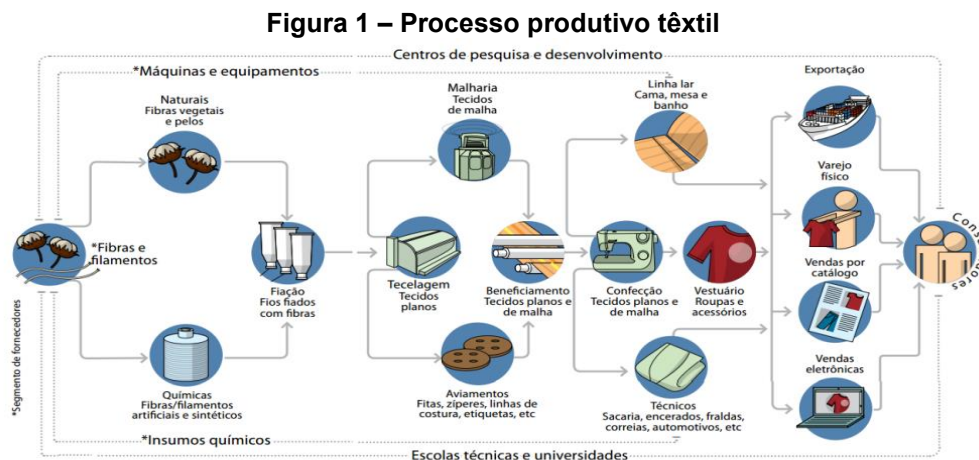
Para realizar processos de lavagem de materiais têxteis é interessante conceituar o tipo de material e sua sujidade. Cada fibra se comporta de forma diferente dependendo do meio em que está sendo analisado. Então se torna necessário um embasamento teórico para correlacionar fibras de algodão e remoção de manchas.

Este capítulo apresentará uma revisão de literatura conceituando a indústria têxtil, associada ao processo de lavanderia com o auxílio de enzimas para remoção de manchas em artigos de algodão.

2.1 A Indústria Têxtil

A indústria têxtil fornece artigos que estão presentes cotidianamente em funções básicas como vestir e até mesmo em funções mais complexas como têxteis médicos. E justamente por isso se torna uma das manufaturas mais importantes e significativas em todo mundo, por se tratar de uma necessidade humana (FUJITA, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT, 2022), o Brasil é a maior Cadeia Têxtil completa do Ocidente. Contando com a produção das fibras, como plantação de algodão, até os desfiles de moda, passando por fiações, tecelagens, beneficiadoras, confecções e forte varejo. A seguir é apresentado conforme ABIT (2013), na Figura 1, a estrutura da cadeia produtiva e de distribuição têxtil e confecção.



Fonte: ABIT (2013)

Dentro dessa cadeia, pode-se ter uma série de processos relacionados à limpeza de artigos têxteis, desde níveis domésticos até escala industrial. Os cuidados serão os mesmos, dependendo basicamente da forma como o artigo é feito (malha ou tecido) e sua composição, que em grande parte das vezes é de algodão.

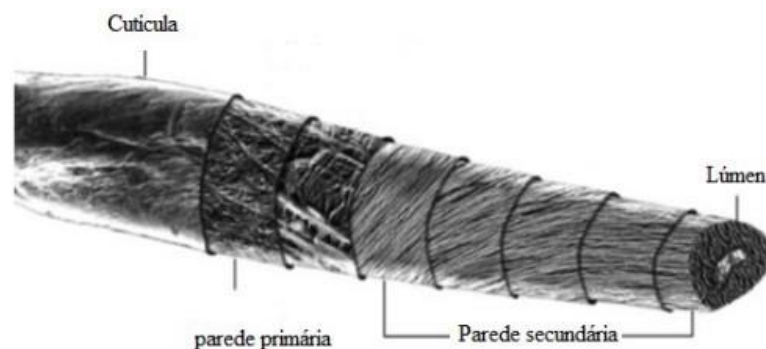
2.1.1 Fibras de algodão

Desde o surgimento de diversas matérias-primas (natural, artificial e sintética), o algodão sempre serviu como principal base da indústria têxtil, suprimindo a demanda de tecidos, roupas e confecções para humanidade, equiparado a alimento e moradia, uma necessidade básica do homem (SANTANA *et al*, 1999).

De acordo com Moore (1996), os principais parâmetros referentes à qualidade da fibra de algodão são a maturidade, o comprimento da fibra, uniformidade, resistência da fibra, grau de branco, e alongamento. Tais parâmetros estão atrelados diretamente à sua morfologia e composição química da fibra.

A sua morfologia é tubular, larga na base e achatada nas extremidades, possui várias torções em sua disposição. A fibra analisada microscopicamente é dividida em quatro partes conforme a Figura 2, podendo citá-las como cutícula, parede primária, parede secundária e lúmen (ECHER; ROSOLEM; RAPHAEL, 2018).

Figura 2 - Representação esquemática da estrutura da fibra de algodão

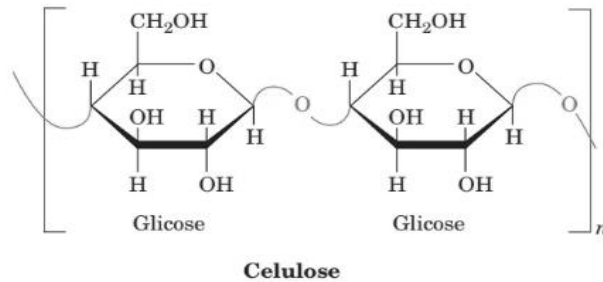


Fonte: Adaptado Lewin (2006)

Quanto a sua estrutura química a celulose é seu principal constituinte, com 94% de toda sua composição, cuja cadeia é feita por moléculas de glicose. Seguido pela cera com proporção de 0,6%, a qual é responsável pela absorção de água da fibra. Em sequência, as proteínas com 1,3%, cinzas com 1,2%, pectina com 0,9% e

o restante entre matéria orgânica e mineral (CORREA, 1965). A estrutura química da celulose pode ser representada conforme a Figura 3.

Figura 3 - A estrutura primária da celulose



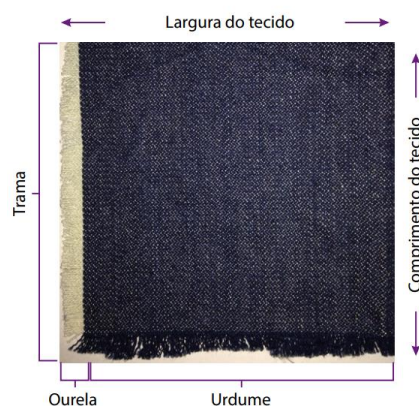
Fonte: Voet e Voet (2013)

2.1.2 Tecidos

As fibras de algodão para serem transformadas em artigos têxteis passam pelo processo de fiação, malharia ou tecelagem. A construção do tecido pode influenciar diretamente no processo de manchamento ou limpeza do artigo, pois é como os fios são sobrepostos, podendo variar a coesão e densidade dos fios.

A estrutura de um tecido plano, objeto de estudo dessa pesquisa, é feita pelo entrelaçamento perpendicular dos fios de urdume com os fios de trama. O tecido plano apresenta duas partes, sendo elas as ourelas e o fundo. Os fios de urdume compõem o fundo no sentido de comprimento do tecido, e os fios de trama na sua largura. Quanto às ourelas, se encontram nas laterais do tecido, com a função de segurar o mesmo no tear (SENAI, 2016). Podemos ver sua representação na Figura 4.

Figura 4 - Representação de um tecido plano



Fonte: SENAI (2016)

2.2 Lavanderia

Segundo Gervini (1995), a finalidade de se lavar uma peça de roupa é tornar o artigo limpo, remover toda sujeira fixada no tecido, para que assim se mantenha preservada as fibras e as cores, garantindo maciez e elasticidade à peça. A sujidade do tecido possui uma relação direta de interação entre substrato e sujeira, sendo assim classificada como fácil, difícil ou de permanente remoção. Essa remoção no caso pode ser feita através de limpeza a água, a seco e a úmido.

A lavanderia possui esse papel, de conservar o substrato têxtil por mais tempo sem alterar seu desempenho ou característica inicial, independentemente de ser a nível doméstico ou industrial. Apesar da diferença desses dois níveis de lavanderia, os parâmetros de lavagem podem ser os mesmos, como tempo, temperatura e agentes mecânicos.

Em relação ao tempo, Forni (2007, p. 2) afirma que o mesmo “interfere no número de ligações rompidas com o processo de higienização, através de uma relação diretamente proporcional”. Ou seja, ele determina durante o processo de limpeza, o rompimento das ligações entre sujeira e substrato têxtil. Quanto mais tempo o têxtil ficar sobre ação de agentes químicos ou mecânicos, maior o número de ligações rompidas entre sujidade e artigo.

Quanto à temperatura, Forni (2007, p. 1) ressalta a relação entre a temperatura de solução com a cinética do banho, de acordo com o autor “a temperatura acelera a velocidade das reações químicas”. Portanto, quanto maior a temperatura, mais agitada estará às moléculas do meio, contribuindo para maior facilidade na remoção de manchas.

Já os agentes mecânicos podem contar com a utilização de esfregões para ajudar na limpeza ou até mesmo o fato de escoamento e colisões do fluido sobre a superfície da sujeira. Esse escoamento contribui na remoção das incrustações e sujidades, auxiliando através das tensões de cisalhamento o desprendimento das partículas de sujeira que estão na superfície do tecido. Além de também homogeneizar os agentes químicos dentro do processo de lavagem (FORNI, 2007).

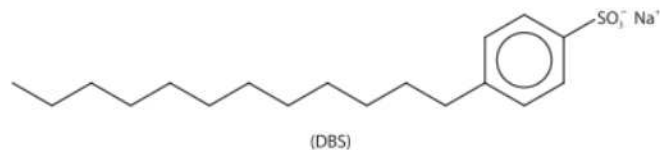
2.2.1 Agentes químicos

Ao mencionar o processo de lavagem de roupas, uma infinidade de agentes químicos são encontrados no mercado com a finalidade de limpeza, se não

separados, estão na formulação de diversos outros produtos, seja para remoção de manchas ou tratamento de todo o artigo, como no caso dos detergentes. Associado aos agentes físicos, os agentes químicos intensificam a higiene e limpeza na hora da lavagem.

Um dos principais agentes são os surfactantes ou tensoativos, derivado da expressão inglesa “*surface active agent*”, sua principal finalidade é reduzir as tensões interfaciais. Basicamente são formados por um grupo polar (cabeça polar - hidrofílica) seguido de uma ou duas cadeias de hidrocarbonetos apolares (parafínicas - hidrofóbica). Ao serem dissolvidos em meio aquoso ocorre à auto-associação ou formação de agregados entre os grupos apolares e a água através de forças eletrostáticas (VIANA, 2008). A seguir, na figura 5, uma representação de tensoativo aniônico, o dodecilbenzeno sulfonato de sódio.

Figura 5 – Molécula constituinte de um surfactante



Fonte: Garcia, Lucas e Binatti (2015)

Em decorrência a parte polar da molécula os tensoativos podem ser classificados como iônicos e não iônicos. Os iônicos possuem uma carga no grupo hidrofílico ligado a cadeia graxa ao se dissociarem em água, e assim podendo subdividir conforme a natureza do seu grupo polar em aniônicos, catiônicos anfóteros e zwitteriônicos. Quanto aos não iônicos, esses tensoativos não possuem carga em seu grupo polar (SOUTO, 2015).

Outro importante agente químico dentro da lavanderia é o alvejante, conhecido usualmente pela sua propriedade de remover manchas e por branquear alguns tecidos, como no caso do algodão. Por meio de ataque oxidante/redutor, os alvejantes têm a capacidade de descolorir o substrato e alterar a interação da mancha com a luz. Dessa forma ele quebra as ligações químicas e conseqüentemente torna a mancha mais solúvel, facilitando o branqueamento.

Normalmente alvejantes domésticos contém o hipoclorito de sódio (NaClO), um dos principais agentes oxidantes (MENDELSON, 2010).

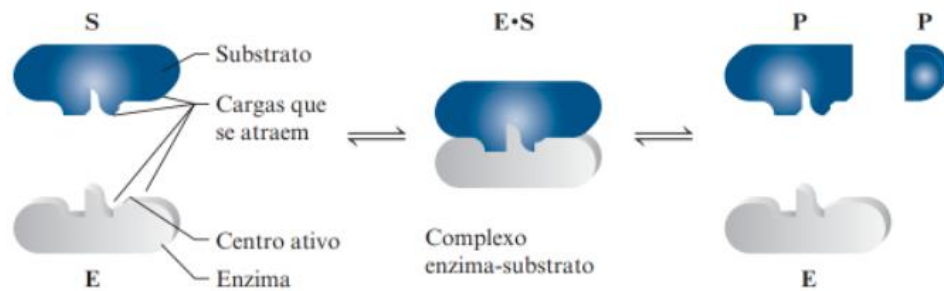
E por fim, uma linha alternativa da indústria têxtil é a utilização de detergentes enzimáticos no processo de lavagem de artigos, o qual atua com o auxílio de todos os outros agentes químicos citados anteriormente. De acordo com Ferreira (2007, p. 27), “neste tipo de produto a principal função das enzimas é a remoção de manchas, porém, o cuidado com os tecidos e manutenção das cores são outras vantagens”. Ainda segundo ele, os detergentes atuais são caracterizados pela formulação multi-enzimas, o qual resulta em um efeito de limpeza sinergista, podendo atuar em uma ampla faixa de pH e temperatura.

2.3 Enzimas na indústria têxtil

Dentro da indústria têxtil as enzimas são aplicadas para reduzir danos sobre as fibras devido à ação de produtos químicos, diminuir o impacto ambiental e por conta das novas aplicações a fim de melhorar propriedades físicas, como a resistência a tração, formação de *pilling*, brilho e maciez. Usualmente são conhecidas principalmente pelos processos de desengomagem, alvejamento e tingimento (KOHAN, CAMPOS, 2007).

As enzimas, com algumas exceções de algumas classes de RNA, podem ser consideradas como proteínas grandes e complexas, que atuam como catalisadores. Ou seja, afetam a velocidade da reação sem interferirem no equilíbrio químico. Essas reações ocorrem no sítio ativo da enzima, onde a molécula de substrato se liga, produzindo um complexo que após a reação é transformado em produto com a regeneração da enzima (LEHNINGER, 2019). A seguir, o diagrama do modelo denominado “chave-fechadura” pode ser representado como na Figura 6, onde “E” é a enzima, “S” o substrato, “ES” complexo enzima-substrato e “P” o produto.

Figura 6 – Diagrama do modelo chave-fechadura para funcionamento de uma enzima

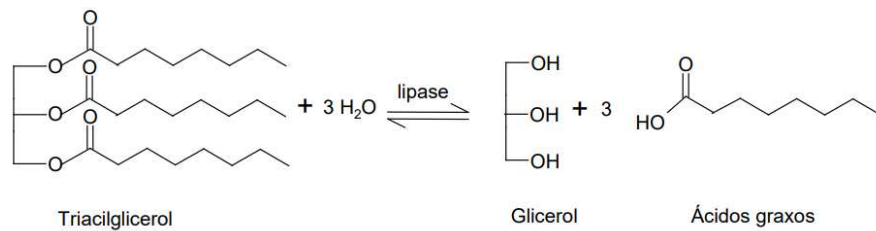


Fonte: Zumdahl e DeCoste (2015)

Consoante Vasconcelos (2005, p. 20), “a maioria dos tratamentos enzimáticos aplicados às fibras celulósicas tem como finalidade a obtenção de novos efeitos de acabamento, ou a substituição de produtos químicos usados nos processos tradicionais”. A aplicação de enzimas como lipases, lacases e celulases se evidencia pela funcionalidade nesses processos.

No caso de lipases, são enzimas que catalisam a hidrólise de gorduras e óleos liberando ácidos graxos diacilgliceróis, monoacilgliceróis e glicerol (JAEGER; REETZ, 1998). As lipases possuem uma vasta aplicação como aditivos em lavanderias industriais e detergentes domésticos. Elas são especialmente selecionadas em detergentes por atender os seguintes requisitos: uma baixa especificidade de substrato, isto é, uma capacidade de hidrolisar gorduras de várias composições; resistentes a condições de lavagens relativamente severas (pH 10 - 11, 30 - 60 °C); e por fim, possuem a capacidade de resistir a surfactantes e enzimas prejudiciais (SHARMA; CHISTI; BANERJEE, 2001). Dentro da indústria têxtil, são usadas principalmente na modificação de superfície de fibras sintéticas, biopolimento e desengomagem de tecidos de algodão, podem ser aplicadas tanto individualmente como com outras enzimas (KALANTZI; KEKKOS; MAMMA, 2019). Conforme Crespo (1999, p. 9) “elas têm sido isoladas de uma ampla variedade de tecidos de animais e plantas, sendo também produzidas por processos de fermentação (fungos e bactérias)”, como por exemplo, a obtenção de lipases através do fungo *Botryosphaeria ribis* EC-01 por fermentação submersa. A seguir, a figura 7 ilustra a ação catalítica de hidrólise das lipases.

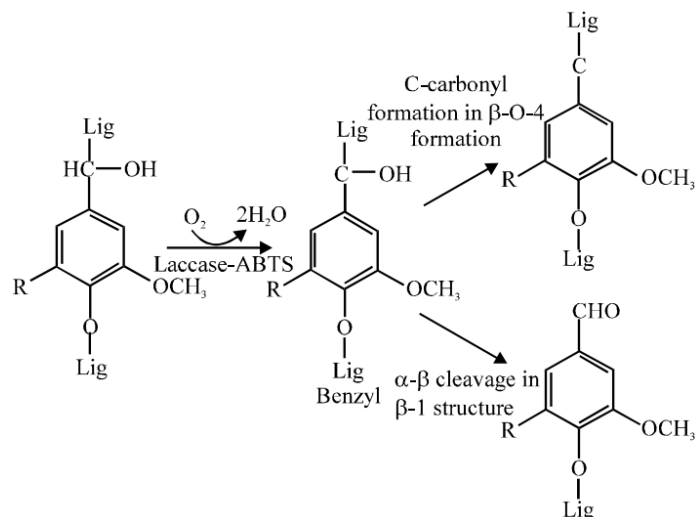
Figura 7 – Reação de atuação de lipase sobre triacilglicerol



Fonte: Adaptado de Jaeger e Reetz (1998)

Quanto às lacases, são enzimas fenoxidases obtidas por plantas e fungos, pertencentes às oxidases, contém o cobre em seu sítio ativo. Podem catalisar a oxidação de uma diversidade de compostos fenólicos e aromáticos com a concomitante redução do oxigênio à água, como no caso da lignina polimérica e substâncias húmicas. (BALDRIAN, 2005). Devido a essa atividade oxidativa de largo espectro, são utilizadas no branqueamento têxtil, processamento de alimentos, síntese orgânica, na prevenção do escurecimento de bebidas, redução de fenólicos em sucos e como estabilizantes de vinhos (KATO-SCHWARTZ *et al.*, 2020). A seguir, na Figura 8 é possível observar a oxidação de lignina não fenólica pela lacase e ABTS como mediador.

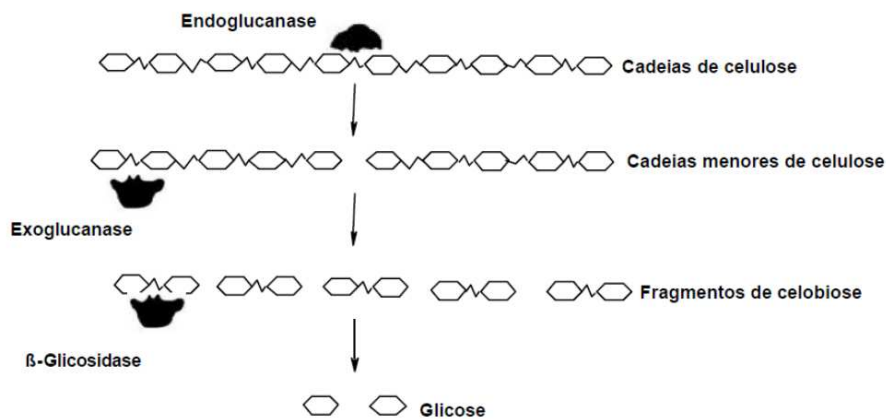
Figura 8 – Oxidação de lignina não fenólica mediada por ABTS



Fonte: Desai e Nityanand (2011)

E por fim, a celulase, conhecida pela sua aplicação no biopolimento e bioacabamento de têxteis, são enzimas responsáveis pela degradação da celulose, assim conseguem remover as fibrilas excedentes na superfície do fio de algodão e proporcionar um acabamento macio ao tecido (TYNDALL, 1992). De acordo com Andreus (2001), dentro da indústria, as celulases mais utilizadas são de origem fúngica, pelo fato de serem de fácil obtenção. De fato, são responsáveis pela quebra das ligações químicas existentes entre as unidades de glicose, principal formador da celulose, e podem ser classificadas em três grupos: endoglucanases, exoglucanases e β -glicosidases (CASTRO, 2010).

Figura 9 – Representação da ação das celulases sobre a molécula de celulose



Fonte: Adaptado de Wright; Wyman; Grohmann, (1988)

2.4 Manchas em tecidos

Segundo Mezzomo (1988), denomina-se mancha quando uma determinada concentração de sujeira é depositada em uma peça de vestuário. Podem ser classificadas como de fácil ou de difícil remoção, e nos piores casos a impossibilidade de remoção, tudo depende da natureza do material. Cada mancha deve receber seu tratamento específico, levando em consideração a sujidade e o tipo de fibra, havendo a possibilidade de dois métodos de remoção, o empírico ou por produtos industrializados.

De acordo com esses dois métodos de remoção classificam-se as possíveis sujidades como sujeira superficial e impregnada. A sujeira superficial é aquela a qual se encontra sobre a superfície do tecido, podendo ser removidas com aspiração ou escovação, a úmido ou a seco (CASTRO, 2015). Já a sujeira impregnada é aquela que permanece sobre o substrato têxtil mesmo após a tentativa de limpeza (BALÁZSY; EASTOP, 2012).

As forças de adesão entre sujeiras e têxteis influenciam diretamente na remoção de manchas. Através de interações físicas secundárias é que se promove a adesão entre moléculas da fibra e sujeira. E para que ocorra a separação entre sujeira e tecido, essas forças de adesão devem ser diminuídas (BALÁZSY; EASTOP, 2012).

Essa adesão no tecido pode ser determinada por inúmeros fatores, como: a polaridade da molécula de sujeira, tempo de permanência da sujeira no tecido, morfologia tanto da sujeira quanto da fibra e a polaridade dos grupos funcionais na superfície das fibras. Fibras celulósicas contêm os grupos funcionais hidroxila, e isso faz com que a ligação molecular seja mais forte entre fibra e sujeira (BALÁZSY; EASTOP, 2012).

Conforme um dos maiores fabricantes de removedores de manchas, o Vanish, a principal diferença entre os vinhos tinto, branco e rosé é a cor, onde o branco é tradicionalmente claro, não sendo um problema para derramamentos acidentais. Porém, os tons de rosa e roxo em vinhos tintos e rosés são devidos a antocianinas, um tipo de pigmento vegetal e antioxidante que causa manchas. E são essas partículas as maiores responsáveis por fazer a mancha e dificultar no processo de remoção.

Com relação às manchas de “gordura”, as quais são popularmente conhecidas, referem-se às moléculas de lipídios, que são formadas por glicerol e ácidos graxos. Essas manchas são devido ao manuseio de óleos que podem conter ácidos graxos saturados e insaturados. O fato de os óleos popularmente conhecidos serem líquidos em temperatura ambiente se justifica pela presença desses ácidos graxos insaturados. Os lipídeos são poucos solúveis em água, apresentam caráter hidrofóbico devido as grandes cadeias carbônicas dos ácidos graxos serem apolares. Este fato se justifica a difícil remoção de manchas de óleo nas roupas; as moléculas de lipídeos e água se repelem pela diferença de polaridades, afinal, a água apresenta caráter polar (CARVALHO, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta sessão será apresentada a descrição dos procedimentos experimentais que foram utilizados nos processos de determinação da atividade de lipases e lacase, na obtenção e remoção de manchas em tecido e na avaliação da remoção das manchas.

3.1 Material

Os fungos produtores de lipases e lacases foram *Botryosphaeria ribis* EC-01 e *Pleurotus ostreatus* respectivamente.

A torta de soja foi doada pela Imcopa Importação, Exportação e Indústria de Óleo S.A. (Cambé – PR).

A enzima celulase utilizada foi adquirida de Akmey Biotecnologia Têxtil, sendo uma celulase ácida.

O tensoativo que foi utilizado é o Goldmul BV adquirido de Golden Technology, apresentando caráter não iônico.

Os substratos para determinação da atividade enzimática que foram utilizados são o palmitato de *p*-nitrofenila (*p*NPP) e (2,2 azino-bis ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico).(ABTS) adquiridos de Sigma-Aldrich (EUA).

Enquanto ao tecido, composição de 100% algodão, estrutura em tela, gramatura de 232 g/m² e todas as amostras utilizadas como corpos de prova foram de um mesmo lote para garantir uniformidade em relação ao tipo de fio, cor, gramatura e umidade do laboratório.

Para realização das manchas de vinho, foi utilizado o vinho tinto chileno Invictas Carménère, tendo em sua composição fermentado de uvas viníferas e conservador anidrido sulfuroso. Em cada tempo de mancha utilizou-se uma nova garrafa, evitando-se possíveis reações de oxidação dos compostos fenólicos que possam interferir na uniformidade das manchas.

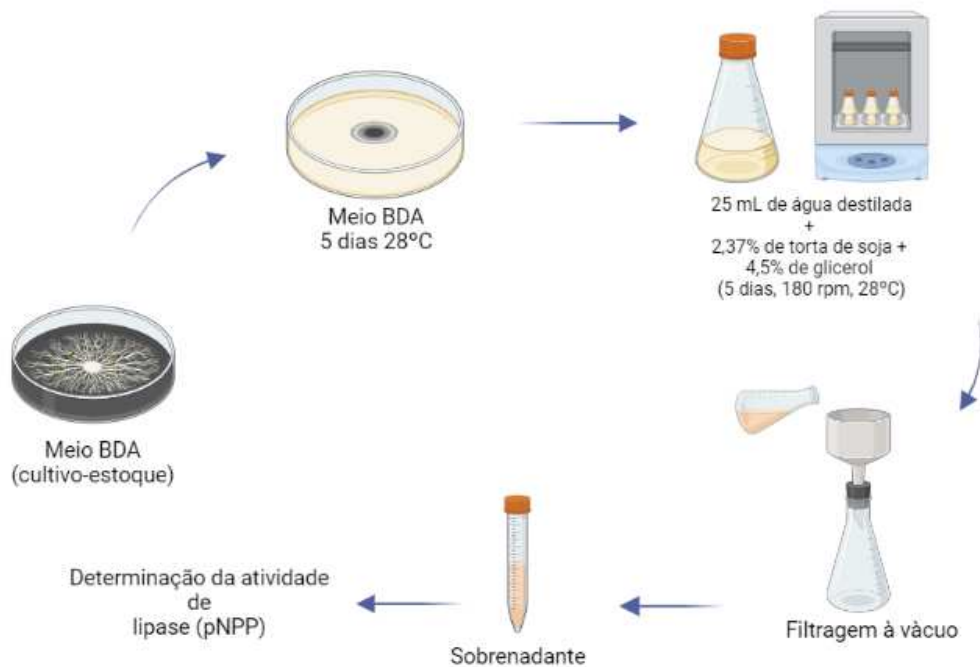
E quanto às manchas óleo, foi utilizado óleo de soja comercial da marca Cocamar, sendo um objeto muito consumido e de fácil acesso. A composição do produto é descrita conforme fabricante, contendo óleo vegetal de soja e antioxidantes.

3.2 Métodos

3.2.1 Cultivo do micro-organismo e produção de lipases

O micro-organismo *Botryosphaeria ribis* EC-01 (GenBank Accession Number DQ852308) foi mantido em BDA (Batata Dextrose Agar) a 4 ± 2 °C e foi transferido deste meio de manutenção para placas de Petri contendo BDA e incubadas a 28 ± 2 °C por 120 h. Após o tempo de crescimento, quatro esferas (~0,7 cm) foram retiradas da placa colonizada contendo hifas e inoculadas em frascos *Erlenmeyer* de 125 mL com 25 mL de meio líquido composto por 2,37% (m/v) de torta de soja e 4,5 % (v/v) de glicerol, otimizado por Andrade et al. (2013). Os cultivos foram incubados a 28 ± 2 °C e 180 rpm por 120 h. Após cinco dias foram interrompidos por filtração a vácuo e os sobrenadantes foram utilizados como fonte de lipases (Figura 10).

Figura 10 - Esquema para produção de lipase



Fonte: Autor (2022)

3.2.2 Cultivo do micro-organismo e produção de lacases

O micro-organismo *Pleurotus ostreatus*, mantido em BDA a 4 ± 2 °C foi transferido para placas de Petri contendo BDA que foram incubadas a 28 ± 2 °C por 12 dias. Após esse tempo, seis esferas (~0,7 cm) foram retiradas das placas colonizadas contendo hifas e inoculadas em frascos *Erlenmeyer* de 250 mL com 50 mL de meio líquido composto por 2 % (v/v) de Meio Mínimo de Sais de Vogel (MMSV) (VOGEL, 1956), 4 % (m/v) de extrato de levedura e 1 % (v/v) de glucose. Os cultivos foram incubados a 28 ± 2 °C e 180 rpm por 120 h. Após cinco dias foram interrompidos por filtração a vácuo e os sobrenadantes foram utilizados como fonte de lacases.

3.2.3 Determinação da atividade de lipase

A atividade de lipase foi determinada utilizando palmitato de *p*-nitrofenila (*p*NPP) como substrato (WINKLER; STUKMANN, 1979). Este método se baseia na hidrólise do *p*NPP, em meio aquoso, contendo Triton X-100. Conduziu-se a reação em tampão fosfato de sódio $0,05 \text{ molL}^{-1}$ (pH 8) a 55 °C por 2 minutos e quantificou-se a 410 nm (MESSIAS et al., 2009). O coeficiente de extinção molar para o *p*NP: $1,5 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ foi utilizado para correlacionar a concentração do produto com a absorbância obtida na leitura. Uma unidade de atividade de lipase é definida como 1 μmol de *p*NP (*p*-nitrofenol), liberado por minuto por mL da solução da enzima.

O procedimento é iniciado pelo preparo das soluções abaixo:

- a) Solução A: palmitato de *p*-nitrofenila em isopropanol, em uma concentração de 3,0 mg/mL;
- b) Solução B: 2 g de Triton X-100 dissolvidos em 450 mL de tampão fosfato $0,05 \text{ mol/L}$, pH 8,0.

Para a reação, 1 mL da solução A foi adicionado em 10 mL da solução B. Em banho termostatizado a 55 °C, 0,9 mL da mistura foi adicionado em um tubo de ensaio e em seguida, 0,1 mL do extrato enzimático também é adicionado. Para o controle da reação utilizou-se 0,1 mL de água destilada, no lugar do extrato

enzimático. Decorrido dois minutos de reação, a leitura da atividade foi efetuada a 410 nm.

Para o cálculo da atividade enzimática livre e imobilizada utilizou-se a fórmula geral (1):

$$U/mL /= \left[\frac{Abs}{\varepsilon} \times \frac{1}{V_e} \times \frac{1}{t_r} \times DF \times 10^3 \right] \quad (1).$$

Em que:

U/mL: unidade de atividade enzimática da solução da enzima, definida de acordo com o método utilizado, nas condições padrão de ensaio;

Abs = absorvância a λ (nm);

ε = coeficiente de extinção molar ($M^{-1} \cdot cm^{-1}$);

V_e = volume de enzima utilizado no ensaio (mL);

t_r = tempo de reação (minutos);

DF = fator de diluição;

10^3 = fator de conversão de mol/L para $\mu \cdot mol/mL$.

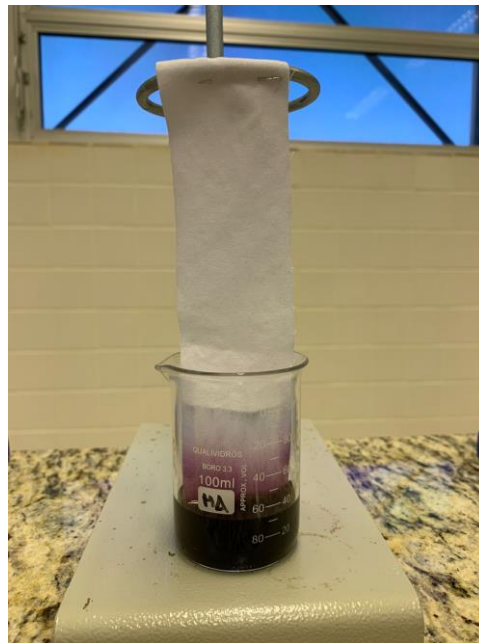
3.2.4 Determinação da atividade de lacase

A atividade de lacase foi determinada conforme descrito por Barbosa; Dekker; Hardy (1996), utilizando-se como substrato o ABTS (2,2 azino-bis ácido 3- etilbenzotiazolina-6-sulfônico) a 50 nm. O sistema de incubação consistiu de 50 μ L de ABTS, 150 μ L de tampão McIlvaine (pH 3,0), 100 μ L de solução enzimática (diluída quando necessário) e 700 μ L de água deionizada para completar o volume final da reação (1,0 mL). Depois de cinco minutos de incubação a 50°C, a leitura foi determinada a 420 nm pelo espectrômetro Lambda 750 UV/VIS/NIR *Spectrometer* (PerkinElmer). Uma unidade de atividade de lacase é expressa como o número de μ mols de substrato oxidado por minuto, por mL da solução de enzima.

3.2.5 Manchamento do tecido

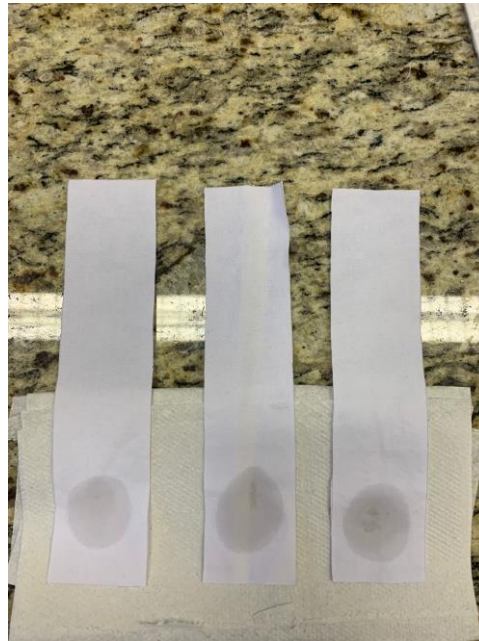
A metodologia proposta por Silva (2013) foi utilizada com modificações para manchar o tecido com vinho. Assim, para este procedimento, as amostras foram cortadas em tiras (20 x 4,5 cm), e em seguida, 5 cm da tira foram imersos em vinho. O tempo de ensaio decorreu até que o vinho chegasse a 2/3 da amostra, conforme Figura 11.

Figura 11 - Ensaio de capilaridade



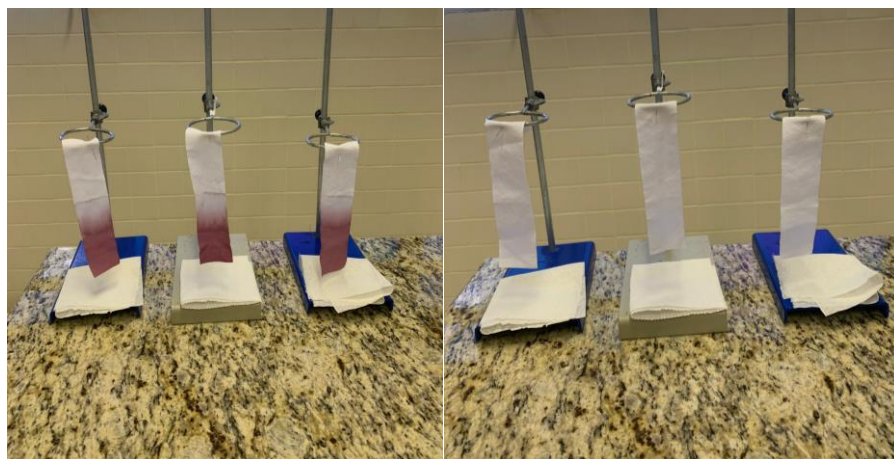
Fonte: Autor (2022)

Quanto as manchas de óleo, aproximadamente 5 gotas do produto foram depositadas nas amostras de tecido de mesma dimensão (20 x 4,5 cm) na mesma região, podendo ser observado o método na Figura 12.

Figura 12 - Mancha de óleo

Fonte: Autor (2022)

Em ambos procedimentos foi variado o tempo de manchas para os dois produtos nos tempos de 20 dias, 72 horas, 1 hora e 15 minutos. Realizou-se cada teste em triplicata conforme Figura 13, onde cada amostra foi secada em pé, após seu devido ensaio.

Figura 13 - Secagem das amostras

Fonte: Autor (2022)

3.2.6 Testes de remoção de manchas

Nos ensaios de remoção de manchas, a metodologia foi adaptada da norma ABNT NBR ISO 105-C06, utilizando a máquina de tingimento em canecos Kimak – AT1- SW.

Em cada caneco foi adicionado o corpo de prova manchado junto a uma solução de lavagem. Para cada componente desta solução foi mensurado uma proporção considerando os 100 mL do caneco, contendo 0,5% de celulase ácida, 8% de tensoativo em concentração de 0,033 g/mL e 91,5% de enzimas diluídas em meio aquoso, sendo lacase para remoção do vinho e lipase para remoção do óleo. Uma terceira solução de lavagem foi preparada sem enzimas, apenas com água, celulase e tensoativo na mesma concentração. As lavagens ocorreram por 30 minutos a 40 °C com o auxílio de 3 esferas de aço de 6 mm. Cada solução pode ser analisada na Figura 14, sendo a primeira contendo lacase, a segunda lipase e a terceira água no lugar das enzimas.

Figura 14 - Soluções enzimáticas



Fonte: Autor (2022)

3.2.7 Avaliação do desempenho de lavagem

Análises de espectrofotometria foram realizadas para avaliar a remoção da sujidade, considerando a amostra antes de manchar como padrão, e após manchamento e lavagem como comparativo. Foi utilizado o espectrofotômetro nacional Delta Vista (DELTA COLOR), escala CIELAB (L^* , a^* , b^*). O parâmetro “L” mede a luminosidade, o “a” é a variação da cor verde ao vermelho e “b” a variação de cor entre amarelo e azul (SENAI, 2016). A diferença de cor é denominada pelos Deltas (Δ) do padrão e da amostra, onde a diferença total Delta E (ΔE^*) é dada pela equação (2):

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_{amostra} - L_{padrão})^2 + (a_{amostra} - a_{padrão})^2 + (b_{amostra} - b_{padrão})^2} \quad (2).$$

O ΔE é muito usual para julgar a precisão de uma cor. Para valores de ΔE próximos de 0 e menores que 1, pode-se considerar que não existe diferença perceptível quando se comparado duas cores. Quanto a valores de ΔE até 3 não existe uma diferença expressiva (BENQ, 2019).

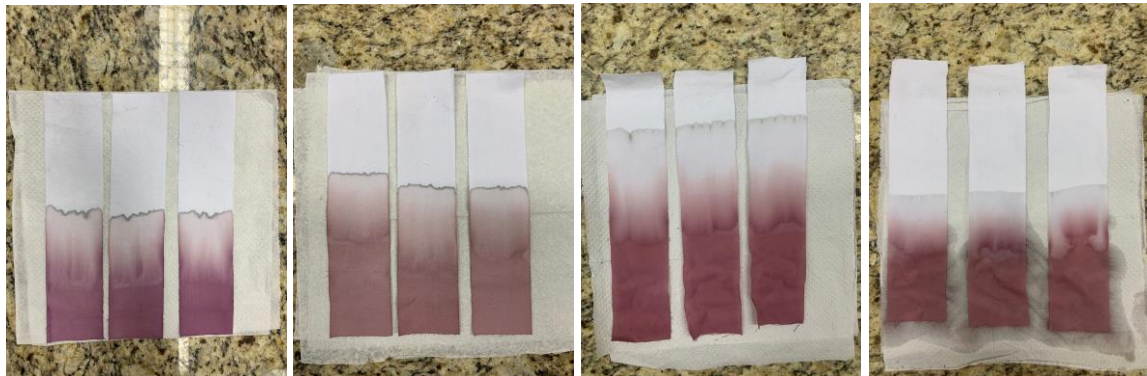
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Manchamento do tecido

As manchas produzidas com vinho apresentaram certa desuniformidade em relação a cor, devido ao fato de serem garrafas de safras de anos diferentes. A hora da colheita da madures da uva, o grau de acidez do vinho e também a quantidade de anidrido sulfuroso, quanto maior sua concentração, maior a fixação da cor. Outro fator que pode interferir na coloração da mancha é que o aspecto visual do vinho está sempre em constante evolução devido a polimerização das antocianinas e dos taninos, que são pigmentos constituintes. Suas moléculas se juntam e assim aumentam seu tamanho, ocasionando a precipitação dessas moléculas formando a denominada “borra” no fundo da garrafa (ORDENES, 2018).

Tais parâmetros podem ter influenciado diretamente na mancha, além de que seu “tempo de vida”, que foi avaliado em quatro tempos, variando assim também o tempo de exposição ao oxigênio. Além de que seus compostos fenólicos também variam estruturalmente com o tempo, sendo fatores de difícil controle (SANTOS, 2008). Todas as manchas e corpos de provas são expressos na Figura 15, sendo evidente a variação de cor de amostra para amostra.

Figura 15 - Manchas de vinho nos tempos de 20 dias, 72 horas, 1 hora e 15 minutos respectivamente.



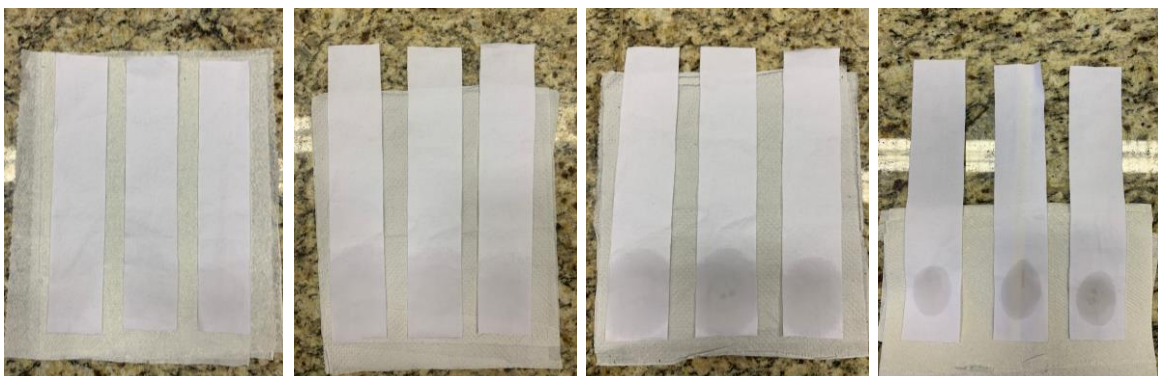
Fonte: Autor (2022)

É importante salientar que tal acontecimento não é de defeito para estudo, pois é incontornável manter um padrão para cada mancha de vinho decorrida no cotidiano dos consumidores do produto, afinal se trata de um acidente que envolve diversos indicadores. Outro ponto importante é a escolha do teste de capilaridade, que se deu pela faixa de variação da mancha, apresentando assim uma modificação de tonalidade ao decorrer do corpo de prova, sendo possível observar em que concentração de mancha ocorre a maior remoção.

Em relação a mancha de óleo foi abordado outro procedimento de reprodução devido ao fato do tecido se comportar de forma diferente ao se aplicar o teste de capilaridade neste tipo de produto. O óleo não apresenta variação de cor devido a sua aparência translúcida, além do tecido possuir uma baixa absorção de óleo resultante da sua viscosidade e seu caráter hidrofóbico, encontrando uma maior dificuldade para penetrar nas fibras de algodão que são hidrofílicas (SILVA, 2019). Sendo assim mais viável depositar as gotas de óleo em determinada região do tecido, garantindo a impregnação de mesma quantidade em todas as amostras.

É possível observar que quanto maior o tempo da mancha, maior a impregnação do óleo no tecido, sendo quase imperceptível a visualização da mancha na amostra de 20 dias. A seguir na Figura 16, encontram-se todas as manchas de óleo em seus respectivos tempos de manchamento.

Figura 16 - Manchas de óleo nos tempos de 20 dias, 72 horas, 1 hora e 15 minutos respectivamente



Fonte: Autor (2022)

Os devidos tempos escolhidos para reprodução de cada mancha se deram por conta de mais assemelhar-se a acidentes do cotidiano e duração do tempo até o processo de lavagem. Quando ocorre o derramamento de bebidas e alimentos, na maior parte das vezes, a mancha não é lavada em seguida, sempre após algum espaço de tempo, variando em dias e até mesmo em horas e algumas raras ocasiões são lavadas de imediato.

4.2 Testes de remoção de mancha

Após a recreação de todas as manchas de óleo e vinho, cada corpo de prova foi submetido ao processo de lavagem na máquina de canecos com suas respectivas soluções enzimáticas. A solução de lipase resultou uma atividade enzimática de 15 U/mL e a de lacase uma atividade final de 5 U/mL, significando a não interferência do tensoativo na atividade enzimática.

A Figura 17 ilustra todas as amostras após lavagem e secagem, sendo as duas primeiras tratadas com enzima e a terceira sem enzima, e seus respectivos tempos nas ordens de 20 dias, 72 horas, 1 hora e 15 minutos.

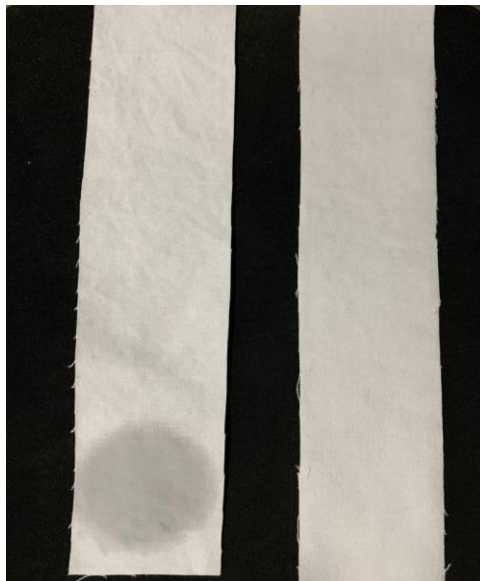
Figura 17 - Amostras após a lavagem



Fonte: Autor (2022)

De forma geral a remoção de manchas de óleo com a solução de lipase foi satisfatória, sendo possível a constatação visual, dispensando qualquer outro ensaio, como o de espectrofotometria. Tal resultado já era esperado devido às lipases catalisarem reações de hidrólise de óleos e gorduras (JAEGER; REETZ, 1998). Porém, a terceira amostra de cada tempo encontrou-se devidamente limpa, indicando então a contribuição do tensoativo e da celulase independentes da lipase, fatores esses justificados pela aplicação de suas finalidades, como ação detergente e degradação da celulose. Uma forma de melhor observar os resultados seria uma lavagem unicamente com a enzima no intuito de analisar realmente o seu desempenho. A Figura 18 mostra um comparativo da amostra com uma mancha de 15 minutos antes e depois da lavagem.

Figura 18 - Comparativo de mancha antes e depois a lavagem

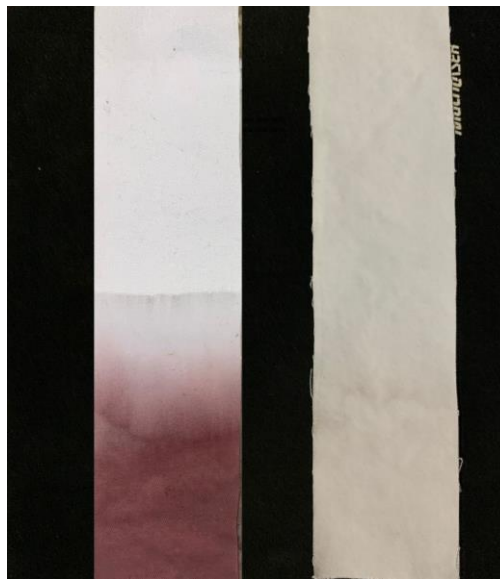


Fonte: Autor (2022)

Quanto às manchas de vinho, obteve-se uma considerável variação na remoção de cor de acordo com o tempo de mancha. Visualmente, todas as manchas perderam intensidade na cor, onde a amostra de 15 minutos apresentou melhor resultado quando comparada às outras amostras, evidenciando que o maior tempo de mancha ocasiona em maior impregnação e maior dificuldade de remoção. Em relação a amostra sem lacase, também é possível identificar uma diferença na cor comparada às outras amostras, apresentando um tom levemente mais escuro e

avermelhado, ressaltando assim o desempenho da enzima aplicada. De acordo com Minussi et al. (2007), a lacase já apresentou grandes resultados na oxidação de compostos fenólicos como também uma influência em teor de fenóis totais em vinhos comerciais, fatores que podem elucidar a eficiente remoção da mancha. Na Figura 19 é comparado a amostra de mancha de vinho de 15 minutos antes e depois a lavagem.

Figura 19 - Comparativo de mancha antes e depois a lavagem



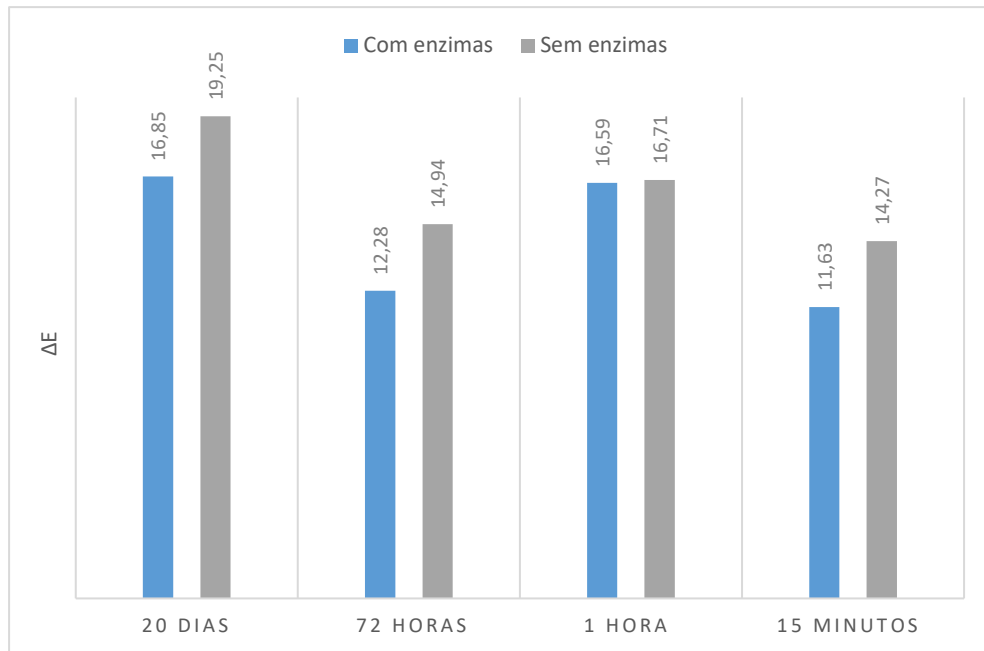
Fonte: Autor (2022)

4.3 Avaliação do desempenho de lavagem

Com relação a avaliação do índice de alteração da cor da mancha de vinho quando comparado as amostras sem manchar, pode-se observar que todos ensaios obtiveram uma variação de cor visual.

Em relação as manchas de óleo, houve a remoção completa dispensando a análise de espectrofotometria. A seguir, na Figura 20 são apresentados os valores de variação da cor quando comparados ao tecido sem manchar (ΔE).

Figura 20 - Gráfico de ΔE para manchas de vinho



Fonte: Autor (2022)

Todos ensaios ficaram com valores fora da faixa aceitável de ΔE , entre 0 e 3, é compreensível tais valores obtidos, pois chegar novamente ao grau de alvura inicial exige o auxílio de outros agentes. Segundo Freitas (2009) o grau de alvura está relacionado diretamente com o surfactante, onde ao aumentar sua quantidade pode-se aumentar o grau de branco. De fato, as soluções podem ter removido a sujidade, mas ainda sim deixando resquícios da cor.

As antocianinas presentes no vinho também podem ter influenciado no processo de descoloração devido ao seu diferente comportamento da cor dependendo do pH do meio em que elas se encontram (MACHEIX; FLEURIET; BILLOT, 1990). Estudos anteriores obtidos por Rubinskiene et al. (2005) citam que além do pH do meio, esse pigmento também pode variar de acordo com a temperatura e enzimas, parâmetros fundamentais do processo.

Os melhores resultados são obtidos em 72 horas e 15 minutos, com as menores variações. A amostra de 1 hora foge da linearidade esperada, podendo ser explicada devido a sensibilidade do método de avaliação quando se aplicado a manchas, as quais não apresentam a mesma homogeneidade comparadas a um tecido tingido. Para melhores resultados, seria indicado um numero maior de leituras

e assim calcular a média desses pontos da mancha, garantindo uma maior uniformidade dos resultados.

Em relação ao manchamento de 20 dias, foi a condição que apresentou maiores valores para ΔE , exemplificando assim informações anteriormente mencionadas, de que quanto maior tempo o substrato têxtil fica sujeito a mancha, mais fortes são as ligações entre tecido e sujidade, decorrendo então uma maior dificuldade de remoção.

Outro ponto importante é que todos os ensaios obtiveram valores menores de variação da cor quando se comparados as soluções sem enzimas, indicando a importância de lipase e lacase no meio aquoso. O uso de enzimas em formulações detergentes apresenta uma grande seletividade, eficiência, e uma menor agressão as fibras dos tecidos (VASCONCELOS, 2006).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou uma remoção efetiva das manchas de óleo e uma descoloração considerável das manchas de vinho através da aplicação das enzimas lipases e lacases.

Os testes de atividade enzimática demonstraram que as enzimas permaneceram ativas mesmo na presença do tensoativo, indicando a participação das enzimas no processo de limpeza.

Com a análise de espectrofotometria foi possível identificar a variação de remoção de mancha quando se utiliza a enzima lacase nas manchas de vinho. E quanto às manchas de óleo, é constatado total remoção a “olho nu”, apenas fazendo um comparativo com amostras sem manchar, indicando a possível contribuição de lipases no processo.

Para melhores resultados sugere-se analisar os efeitos de diferentes condições de trabalho, como temperatura, pH, concentração de enzimas, concentração de tensoativo ou até mesmo a adição de outros compostos.

Os resultados deste estudo contribuem para a remoção de manchas de vinho e óleo, visto a pouca existência de informações na literatura.

REFERÊNCIAS

- ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção). **Perfil do Setor: produção da confecção**. São Paulo: ABIT, 2022.
- ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção). **Cartilha da indústria têxtil e confecção Brasileira**. Brasília: ABIT, jun. 2013.
- ANDREAUS, J. **A aplicação de celulase em processos de desbotamento**. ISSN 0102- 8235, RevistaQuímicaTêxtil, nº64, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-C06: Têxteis, ensaios de solidez da cor. Parte C06: Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- BALÁZSY, T.; EASTOP, D. *Chemical Principles of Textile Conservation*. Chemical principles of textile conservation. Routledge, 2012.
- BALDRIAN, P. Fungal laccases occurrence and properties. Laboratory of Biochemistry of Wood-Rotting Fungi, Institute of Microbiology ASCR, Prague, Czech Republic, 2005.
- BARBOSA, A.M.; DEKKER, R.F.H.; HARDY, G.E. **Veratryl alcohol as an inducer of laccase by an ascomycete, Botryosphaeria sp., when screened on the polymeric dye Poly R-478**. Letters in Applied Microbiology, v. 23, p. 93-96. 1996.
- BENQ Corporation. **Define accurate color**. Disponível em: <<https://www.benq.com/pt-br/knowledge-center/knowledge/defineaccurate-color.html>>. Acesso em: 24 nov. 2022.
- CARVALHO, L. T. Por que manchas de gordura são tão difíceis de remover, afinal? **Cuidados domésticos**. 16 mar. 2020. Disponível em: <https://www.bioblog.com.br/por-que-manchas-de-gordura-sao-tao-dificeis-de-remover-afinal/>. Acesso em: 16 mai. 2022.
- CASTRO, A. M. De. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. Rio de Janeiro: **Química nova**, v. 33, n. 1, p. 181–188, 2010.
- CASTRO, J.R. **Reprodução e caracterização de manchamentos causados por desodorante antitranspirante em malha de algodão buscando melhorar o desempenho de remoção**. Dissertação (Mestrado em Ciências) Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- CORREA, F. A. A fibra e os subprodutos. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. **Cultura e adubação do algodoeiro**. São Paulo, p. 509-540, 1965.
- CRESPO, J. S. **Imobilização de lipases em materiais poliméricos**. Dissertação (Mestrado em Físico-química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- DESAI, S. S.; NITYANAND C. Microbial Laccases and their Applications: A Review. Asian Journal of Biotechnology, p.98-124, 2011.

ECHER, F.; ROSOLEM, C. A.; RAPHAEL, J.P. A. Desenvolvimento da planta e qualidade da fibra. **Manual de qualidade da fibra**, Cuiabá, p. 209, 2018.

FERREIRA, F. L. **Desenvolvimento de um detergente enzimático ácido para limpeza de ordenhadeiras e avaliação de sua viabilidade econômica de produção**. Dissertação (Mestrado em Biologia Molecular e Celular) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Molecular e Celular, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

FLYNN, M. **Detergentes e poluentes REPT**. 18 jul. 2014. Disponível em: <https://br.lisam.com/pt-br/lisam/news/detergentes-e-poluentes-retp/>. Acesso em: 27 abr. 2022.

FORNI, R. **Higienização. Projeto Mecânico de um sistema de higienização CIP (Cleaning In Place)**. Monografia (Graduação em engenharia mecânica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

FREITAS, K. R. **Estabilização Enzimática para Aplicação em Biopurga de Tecidos de Malha de Algodão**. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Química, Programa Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

FUJITA, R. M L. e JORENTE, M. J. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **Revista ModaPalavra** e-Periódico vol.8, n.15, 2015.

GARCIA, C. F.; LUCAS, E. M. E.; BINATTI, I. **Química Orgânica: Estrutura e Propriedades**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.

GERVINI, M. E. I. **Higienização das roupas: de conceitos básicos à aplicação prática**. Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, 1995.

JAEGER, K. E.; REETZ, M. T. Microbial Lipases Form Versatile Tools For Biotechnology. *Trends in Biotechnology*, v. 16, p. 396-403, 1998.

KALANTZI, S.; KEKOS, D.; MAMMA, D.; Bioscouring of cotton fabrics by multienzyme combinations: application of Box–Behnken design and desirability function, 2019.

KATO-SCHWARTZ, C. G.; *et al.* Aplicação de lacases em síntese orgânica para obtenção de bioativos com atividade antioxidante: uma revisão. *In: Congresso Internacional da Agroindústria*. 2020, Maringá. Anais [...] Maringá: UEM, 2020.

KOHAN, L.; CAMPOS, M. A. **Processos Enzimáticos na Indústria Têxtil: uma alternativa com menor impacto ambiental**. Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2007.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. 7. Ed. In: NELSON, D. L.; COX, M. M. *Enzimas*. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2019, p. 189 – 199.

LEWIN, M. **Handbook of fiber chemistry**. 3. ed. London, New York: Taylor & Francis Group, 2006. v. 16.

MACHEIX, J. J.; FLEURIET, A.; BILLOT, J. **The main phenolics of fruits**. In: *Fruit Phenolics*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1990. p. 1-98.

MENDELSON, C. *Laundry: The Home Comforts Book of Caring for Clothes and Linens*. 1. ed. Nova York: Scribner, 2005.

MESSIAS, J. M.; COSTA, B. Z.; LIMA, V. M. G; DEKKER, R .F. H.; REZENDE, M. I; KRIEGER, N.; BARBOSA, A. M. Screening *Botryosphaeria* species for lipases: Production of lipase by *Botryosphaeria ribis* EC-01 grown on soybean oil and other carbon sources. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 45, p. 426-431, 2009.

MEZZOMO, A. A. **Lavanderia Hospitalar: Organização e técnica**. São Paulo: CEDAS. 1980.

MINUSSI, R. C. et al. Phenols removal in musts: Strategy for wine stabilization by laccase. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. V. 45, p. 102-107, 2007.

MOORE, J. F. Cotton classification and quality. *The Cotton Industry in the United States*. USDA-ERS Agriculture Economy Report N°739, Washington DC, p. 51-57, 1996.

ORTENES, D. **A mudança na cor dos vinhos**. Disponível em: <http://winechef.com.br/o-que-nunca-ninguem-conseguiu-explicar-a-mudanca-na-cor-dos-vinhos/>. Acesso em: 23 nov. 2022.

RUBINSKIENE, M. et al. Impact of various factors on the composition and stability of black currant anthocyanins. *Food Research International*, v. 38, n. 8-9, p. 867-871, 2005.

SANTANA, J. C. F. de; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. Características da fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In: **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologias, 1999.

SANTOS, C. I. E. **Caracterização elementar do vinho gaúcho**. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física da UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem). Beneficiamento Secundário: tingimento. **Beneficiamento – Vol. 2**. Rio de Janeiro, p. 207, 2016.

SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem). Tecido Plano: estudos básicos sobre tecelagem plana. **Tecelagem – Vol. 1**. Rio de Janeiro, p. 23, 2016.

SHARMA, R.; CHISTI, Y.; BANERJEE, U.C. Production, purification, characterization, and applications of lipases. *Biotechnology Advances*, v.19, p.627-662, 2001.

SILVA, C. B. **Comparativo das propriedades de transporte de umidade, capilaridade, permeabilidade ao vapor e permeabilidade ao ar em tecidos planos de poliéster**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2013.

SILVA, R. K. **Obtenção de sistema micelar do tipo O/A com óleos essenciais aplicados em tecido 100% algodão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Têxtil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

SOUTO, M. L.; **Separação de fases em fluidos de perfuração base água utilizando tensoativos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

TYNDALL, R. M. Application Of Cellulase Enzymes To Cotton Fabrics And Garments. *Textile Chemist and Colorist*, v. 24, n. 6, p.23-26, 1992.

VANISH. O que são antocianinas? **Manchas de vinho nas roupas**. Disponível em: <https://www.vanish.com.br/remocao-de-manchas/alimentos-and-bebidas/vinho/>. Acesso em: 16 mai. 2022.

VASCONCELOS, A. et al. Detergent formulations for wool domestic washings containing immobilized enzymes. *Biotechnology Letters*, v. 28, n. 10, p. 725–731, 2006.

VASCONCELOS, A. J. C. **Obtenção de tecidos de poliéster de baixo peso por tratamento enzimático**. Dissertação (Mestrado em Química Têxtil) – Departamento de Engenharia Têxtil, Universidade do Minho, 2005.

VIANA, R. B. **Espectroscopia de infravermelho de cristalitos de surfactantes**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

VOET, D.; VOET, J.G. **Bioquímica**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2013.

WINKLER. U.K; STUCKMANN. M. Glycogen, Hyaluronate, and some other polysaccharides greatly enhance the formation of exolipase by *Serratia marcescens*. *J. Bacteriol.* 1979.

WRIGHT, J. D.; WYMAN, C. E.; GROCHMANN, K. Simultaneous Saccharification And Fermentation Of Lignocellulose: Process Evaluation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 17, p. 75-90, 1988.

ZUMDAHL, S. S.; DECOSTE, J. D.; **Introdução a química: fundamentos**. 8 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.