

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE BELAS ARTES  
CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE BENS CULTURAIS MÓVEIS

Claudia Valeria Amorim Silveira

**Biodeterioração fúngica de coleções têxteis: prevenção e controle**

Belo Horizonte

2022

CLAUDIA VALERIA AMORIM SILVEIRA

**BIODETERIORAÇÃO FÚNGICA DE COLEÇÕES TÊXTEIS:  
PREVENÇÃO E CONTROLE**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Conservação e Restauração pelo curso de Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Cristina A. Cordeiro

Belo Horizonte

2022

CLAUDIA VALERIA AMORIM SILVEIRA

BIODETERIORAÇÃO FÚNGICA DE COLEÇÕES TÊXTEIS:  
PREVENÇÃO E CONTROLE

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Conservação e Restauração pelo curso de Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis da Universidade Federal de Minas Gerais.

Aprovada pela banca examinadora constituída pelos professores:

---

Orientadora Profª. Drª. Amanda Cristina A. Cordeiro – EBA / UFMG

---

Sarah Bernardo Souza Almeida

---

Valquíria Oliveira Silva

---

1/23/23, 6:55 PM

SEI/UFMG - 1924336 - Ata



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE BELAS ARTES  
DEPARTAMENTO DE ARTES PLÁSTICAS

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA / TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Às 13:00 horas do dia 16/12/2022, reuniu-se no Laboratório de Conservação-Restauração de Escultura – LaboRE, a Banca Examinadora, constituída pela docente **AMANDA CRISTINA ALVES CORDEIRO** (orientadora) e pelas pesquisadoras **SARAH BERNARDO SOUZA ALMEIDA** (examinadora) e **VALQUÍRIA DE OLIVEIRA SILVA** (examinadora) para avaliarem o Trabalho de Conclusão do Curso – TCC, da candidata **CLÁUDIA VALÉRIA AMORIM SILVEIRA**, matrícula 2015008343, intitulado “Biodeterioração fúngica de coleções têxteis: Preservação e Controle” como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis. A orientadora, Prof.a **AMANDA CRISTINA ALVES CORDEIRO**, abriu a sessão apresentando os membros da Banca e a candidata teve quinze minutos para a apresentação de seu trabalho escrito. As examinadoras ouviram, cada uma, quinze minutos para proceder à arguição/explanação, tendo também a candidata quinze minutos para a resposta a cada um. Em seguida, a Banca se reuniu sem a presença da candidata para deliberação sobre a nota. A Banca atribuiu-lhe o valor de **97** pontos. O resultado final foi comunicado publicamente, encerrando-se a sessão com a assinatura da presente Ata.

Belo Horizonte, 16 de dezembro de 2022

Prof.a **AMANDA CRISTINA ALVES CORDEIRO**  
Orientadora

Pesquisadora **SARAH BERNARDO SOUZA ALMEIDA**  
Examinadora

Pesquisadora **VALQUÍRIA DE OLIVEIRA SILVA**  
Examinadora



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Cristina Alves Cordeiro, Professora do Magistério Superior**, em 19/12/2022, às 11:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Sarah Bernardo Souza Almeida, Usuária Externa**, em 22/12/2022, às 19:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Valquíria de Oliveira Silva, Técnica em Enfermagem**, em 22/12/2022, às 19:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=1](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=1), informando o código verificador 1924336 e o código CRC ED89E6A9.

Belo Horizonte, 16 de dezembro de 2022.

## **AGRADECIMENTOS**

Conheci e aprendi a valorizar uma profissão complexa e intrigante que consegue reunir em torno de si um universo de desafios e possibilidades jamais imaginados, levada pela mão por profissionais sérios e apaixonados que conservam e restauram muito mais que bens culturais móveis. A cada um deles só posso agradecer e dizer do privilégio de tê-los comigo nesta jornada, um pouco mais longa do que o habitual, vivida em cada instante.

Mas, de maneira muito especial, será para sempre minha gratidão à professora e orientadora Amanda Cordeiro, por seu incentivo, apoio e por ter acreditado e confiado em minha capacidade, mais do que eu mesma acreditava. Seu comprometimento com o trabalho, o cuidado com os objetos e com as pessoas, a disponibilidade de compartilhar conhecimento e amizade ficarão como um exemplo que vale a pena ser seguido. Obrigada, mestra!

À equipe do Núcleo de Acervo e Conservação do Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand – MASP, agradeço o incentivo e apoio a esta pesquisa, na esperança de que ela possa contribuir na preservação do nosso patrimônio.

Sarah Bernardo e Valquiria Oliveira, minha gratidão pela leitura cuidadosa que resultou em sugestões preciosas e enriquecedoras.

Aos jovens de todas as idades que também trilharam comigo esta caminhada, apoiando uns aos outros, pelas turmas por onde passei, agradeço a acolhida, sabendo que ainda temos muito a aprender e algumas boas batalhas a enfrentar.

Do outro lado do muro, minha família, sempre paciente e incentivadora dos meus voos, sabe o quanto ela é importante para mim. Obrigada, meu companheiro e minha filha.

## **RESUMO**

A prevenção e o controle da biodeterioração fúngica em coleções têxteis é o tema abordado neste trabalho de conclusão de curso. É inegável o valor dos artefatos têxteis como fonte e documento histórico. A riqueza destas coleções, apoiada na diversidade de objetos, formas, dimensões e funções contrasta, porém, com sua vulnerabilidade. Compostos por materiais orgânicos, os têxteis são propensos a processos naturais de deterioração, especialmente ataques fúngicos. A carência de profissionais, a falta de cursos de formação e a escassez de literatura especializada, em língua portuguesa, corroboram para a vulnerabilidade deste tipo de acervo, tornando sua conservação e restauração um desafio. De maneira geral a literatura disponível, ao tratar de contaminação fúngica, restringe-se aos suportes papel e pedra. A proposta deste trabalho é a compilação das informações pertinentes ao tema, a partir de uma pesquisa de fontes bibliográficas especializadas, estabelecendo uma metodologia de ação. Como resultado é apresentada, ao final, uma proposta de ação, visando a prevenção e o controle da biodeterioração fúngica dentro do universo da coleção têxtil, incluindo alternativas de tratamento como o uso de óleos essenciais.

**Palavras-chave:** Têxteis. Biodeterioração. Fungos. Prevenção. Controle. Óleos essenciais.

---

## **ABSTRACT**

The prevention and control of fungal biodeterioration in textile collections is the topic addressed in this course completion work. The value of textile artifacts as a source and historical document is undeniable. The richness of these collections, based on the diversity of objects, shapes, dimensions and functions, however, contrasts with their vulnerability. Composed of organic materials, textiles are prone to natural deterioration processes, especially fungal attacks. The lack of professionals, the lack of training courses and the scarcity of specialized literature, in Portuguese, corroborate the vulnerability of this type of collection, making its conservation and restoration a challenge. In general, the available literature, when dealing with fungal contamination, is restricted to paper and stone supports. The purpose of this work is the compilation of information relevant to the subject, based on a search of specialized bibliographic sources, establishing an action methodology. As a result, a proposal for action is presented at the end, aiming at the prevention and control of fungal biodeterioration within the universe of the textile collection, including treatment alternatives such as the use of essential oils.

**Keywords:** Textiles. Biodeterioration. Fungi. Prevention. Control. Essencial oils.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. TÊXTEIS E BIODETERIORAÇÃO FÚNGICA	9
2.1 TÊXTEIS	9
2.2 BIODETERIORAÇÃO FÚNGICA	11
2.2.1 FUNGOS	12
2.2.2 DANOS	12
2.2.3 CRESCIMENTO DOS FUNGOS	13
2.3 BIORRECEPTIVIDADE	14
3. PREVENÇÃO	17
3.1 CONTROLE DE TEMPERATURA	17
3.2 CONTROLE DE UMIDADE	18
3.3 CONTROLE DE VENTILAÇÃO	19
3.4 REDUÇÃO DE FONTES DE NUTRIENTES	20
3.5 REDUÇÃO DA ENTRADA DE MICRORGANISMOS	21
3.6 MONITORAMENTO – USO DE BIOSENSORES	22
4. CONTROLE	24
4.1 MÉTODOS FÍSICOS	25
4.1.1 SECAGEM	25
4.1.2 REMOÇÃO MECÂNICA	26
4.1.3 RADIAÇÃO GAMA	27
4.1.4 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	28
4.1.5 CONGELAMETO	28
4.1.6 ATMOSFERAS MODIFICADAS	29
4.2 MÉTODOS QUÍMICOS	30
4.2.1 BIOCIDAS TRADICIONAIS	31
4.2.2 BIOCIDAS “VERDES”	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	40
APENDICE A - Protocolo de ação para mitigação de biodeterioração fúngica em coleção têxtil	47
ANEXO A – Banco de imagens de fibras	67
ANEXO B – Composição básica de alguns óleos essenciais	70

## 1. INTRODUÇÃO

Em um seminário ocorrido em maio de 2006, a conservadora, Teresa de Paula, lamentava as dificuldades enfrentadas pela conservação de têxteis no país e do fato do Brasil ter-se “inventado sobre a ideia de ser uma cultura sem tecidos” (PAULA, 2006). Luciana Silveira, no mesmo evento, abordava os problemas que afetavam diretamente profissionais e instituições na preservação destes objetos. A carência de profissionais, a falta de cursos de formação, pouca literatura especializada na língua portuguesa eram alguns dos aspectos apontados (SILVEIRA, 2006).

Uma década e meia após o seminário, percebemos um aumento no interesse por parte de restauradores que buscam cada vez mais orientações e informações sobre a conservação de têxteis. Porém, pouca mudança foi constatada em relação a cursos de formação, literatura mais acessível ou profissionais habilitados.

Entretanto, a força intrínseca do artefato têxtil grita nas reservas dos museus. Como negar seu valor como fonte e documento histórico, seu potencial simbólico, carregado de memórias?

Para falar da economia, do comportamento e relações sociais, das relações de hierarquia, de religiosidade e religiões, de guerra, de paz, de moda e de arte, os têxteis vão ocupando espaço que não existe, exigindo qualidade ambiental e cuidados especiais. Matéria orgânica que são, trazem consigo a vulnerabilidade, e uma infinidade de demandas.

Equipes de conservação em instituições museais empenham-se em buscar recursos para desempenhar, da melhor maneira possível, atividades para as quais não foram preparadas. Preocupados com esta questão, a equipe do Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand – MASP resolveu buscar o auxílio da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, na pessoa da professora Amanda Cordeiro, para orientações em relação aos riscos de biodeterioração fúngica em coleções têxteis.

A demanda evidenciou a permanência dos problemas relatados naquele evento de 2006: a dificuldade de indicação de literatura que trate, de maneira global, deste assunto multifacetado, onde cada um dos aspectos a serem investigados implicam o sucesso do tratamento ou um comprometimento ainda maior dos objetos. Dela surgiu a ideia de reunirmos em um único texto os pontos relevantes a serem observados.

Com o incentivo e apoio do MASP à nossa pesquisa, decidimos partir do problema: “como agir para prevenir e controlar a biodeterioração fúngica em coleções têxteis”, estabelecendo uma metodologia de ação a partir da pesquisa bibliográfica, baseada em fontes especializadas.

O objetivo geral do trabalho será a elaboração de uma proposta de ação, visando a prevenção e o controle da biodeterioração fúngica dentro do universo da coleção têxtil.

Para este fim teremos como objetivos secundários:

- Realizar um levantamento da bibliografia especializada, relacionada ao tema proposto;
- Compilar os pontos relevantes de forma a compor um conhecimento conciso e prático que auxilie a tomada de decisões de prevenção e controle;
- Avaliar a aplicabilidade dos métodos e critérios aprendidos na formação do restaurador conservador na intervenção em objetos têxteis.

O Trabalho apresentará em seu corpo, de maneira teórica, um apanhado, resgatado da literatura especializada, dos itens que envolvem a questão proposta: a materialidade dos objetos em estudo, a biodeterioração, seus agentes e causas, a biorreceptividade, as medidas protetivas e os tratamentos possíveis com suas vantagens e desvantagens.

Ao final, apresentamos, em forma de apêndice, uma proposta de ações práticas, também resgatadas da literatura especializada. Nossa intenção é a de fornecer aos profissionais que lidam com coleções têxteis uma ferramenta prática para consulta. Mas não pretendemos, de forma alguma, esgotar o tema que, como dito anteriormente, é multifacetário e, como fruto de relações naturais, é dinâmico.

## 2. TÊXTEIS E BIODETERIORAÇÃO FÚNGICA

### 2.1. TÊXTEIS

A principal característica das coleções têxteis é possivelmente a sua diversidade, reunindo objetos de variadas formas, dimensões e distintas funções. Estes objetos podem, ainda, ser compostos por diferentes materiais, cada qual com diferentes qualidades de acabamentos, corantes e decorações.

Para Jentina Leene:

O termo têxtil pode ser aplicado a vários tipos de materiais sob algumas definições relacionadas. A definição mais básica de um têxtil é um material que foi fabricado por algum tipo de processo de tecelagem. Esta definição é derivada da raiz latina da palavra “têxtil”, *textere*, que significa “tecer”. O termo têxtil também pode ser aplicado a materiais fabricados pelo entrelaçamento de materiais semelhantes a fios, como objetos feitos por tranças, malhas e rendas, bem como a alguns materiais não à base de fios, como feltros, nos quais as fibras ganharam coerência por tratamentos mecânicos ou processos químicos. Em casos raros, peles, couros e plásticos também podem ser considerados têxteis, especialmente quando são usados na fabricação de peças de vestuário (Leene, 1972 apud BITTNER, 2004, p.1, tradução nossa).

Neiva (2014) salienta que os têxteis podem ser identificados a partir de três matrizes: sua matéria-prima, estrutura de tecimento e padrão de ornamentação, que podem ser combinadas infinitamente nas variações previstas em sua natureza material. Esta amplitude de possibilidades de variações traz consigo a necessidade de conhecimento técnico para que se possa trabalhar com itens têxteis e garantir sua conservação.

Com foco no estudo aqui proposto, a primeira matriz a ser investigada é a matéria prima do objeto, uma vez que:

Os tecidos, como matéria orgânica, encabeçam os materiais mais vulneráveis no conjunto das obras de arte, fato motivado pela sua própria natureza, extremamente sensível aos agentes externos.

Dependendo da origem das fibras que compõem os tecidos, estabeleceremos a divisão em dois grandes grupos que se comportam de maneira diferente nas mesmas condições ambientais. Trata-se de tecidos constituídos por fibras proteicas e os constituídos por fibras celulósicas (ROJAS, GARCIA 2001, p.677, tradução nossa).

Os têxteis de origem vegetal, formados por fibras celulósicas, mais comuns são o algodão, o linho, o cânhamo, a juta e o sisal. Estas fibras, segundo Landi (1992), consistem em um polímero de celulose produzido a partir de unidades de celobiose, com pares de anéis de glicose, são unidos em uma molécula de cadeia longa

conectadas por ligações de valência. Junto à celulose cristalina, encontramos “outros polímeros como hemicelulose, pectina e lignina, e componentes menores, incluindo óleos, ceras, pigmentos, minerais e proteína residual” (GARSIDE, 2010, p. 100).

Os têxteis formados por fibras proteicas subdividem-se em lãs e sedas. As fibras das lãs, segundo ensina-nos Tiano (2009), são produzidas a partir do pelo de mamíferos como ovelhas, alpacas, vicunhas; consistentes principalmente de queratina, uma proteína altamente insolúvel que contém ligações de enxofre na molécula.

A seda comercial, ainda segundo Tiano (2009), é um filamento protéico secretado pelo "bicho-da-seda" (*Bombyx mori*). A fibra é composta por dois filamentos constituídos por uma proteína (60-70%), fibroína, unidos por outra proteína (25-30%), sericina, uma substância albuminóide.

As fibras naturais de origem vegetal e animal são usadas desde as origens da fiação e tecelagem até os dias atuais. Porém, "desde o século XIX, os fabricantes experimentam fabricar fibras em laboratório" (LANDI, 1992, p. 8). Estas fibras produzidas pelo homem são classificadas, segundo o Manual Técnico do SENAI (2015), em artificiais e sintéticas. As artificiais, como por exemplo o acetato, viscose, liocel, são “fibras produzidas por dissolução, modificação e regeneração ou modificação de polímeros naturais” (BALAZSY; EASTOP, 1998, p.55). As sintéticas, como poliéster, poliamida, acrílico, elastano, usam “como matéria prima produtos da indústria petroquímica” (Manual Técnico SENAI, 2015, p. 7).

Na diversidade de objetos que compõem as coleções têxteis, incluem-se artefatos produzidos com peles que genericamente denominamos “couro”. O couro possui uma composição química semelhante ao pergaminho, é composto de colágeno, alguma quantidade de queratina, elastina e uma quantidade mínima de albumina e globulina de acordo com Tiano (2009).

Sheila Landi (1992) afirma que a natureza do objeto influenciará de maneira fundamental qualquer decisão a ser tomada em relação à sua conservação preventiva ou intervenções corretivas e completa:

Importante dentro da estrutura molecular são o tamanho e o número de cadeias laterais que ligam as moléculas e a presença de áreas cristalinas e amorfas, que influenciam as propriedades de resistência mecânica, flexibilidade e absorção de água. [...] É necessário um entendimento de seu comportamento, não apenas por causa de seu uso em conservação, mas também porque são a fonte da qual os problemas de conservação evoluem (LANDI, 1992, p.8, tradução nossa).

Os têxteis possuem características muito particulares que favorecem sua deterioração ou degradação.

Segundo Dancause (2018), os materiais orgânicos de que são feitos os têxteis são propensos a processos naturais de deterioração quando submetidos a determinados níveis de temperatura, umidade, luz, poluentes e também pelo uso e desgaste. Por possuírem uma grande área superficial de fibras expostas são suscetíveis aos efeitos de substâncias nocivas do meio ambiente. Por serem muito flexíveis, são propensos a distorções, amassados e vincos que podem tornar-se rupturas. São, em maioria, absorventes e porosos, podendo facilmente ficar sujos ou manchados.

Uma das formas de deterioração que ameaçam as coleções têxteis é a biodeterioração à qual associa-se o conceito de biorreceptividade, diretamente relacionado às características físico-químicas dos têxteis, o que será tratado nos capítulos subsequentes.

## 2.2. BIODETERIORAÇÃO FÚNGICA

Para Sanmartin (2021), a definição de biodeterioração mais consolidada e difundida é aquela oferecida por Hueck em 1965: ‘qualquer mudança indesejável nas propriedades de um material causada pelas atividades vitais dos organismos’, podendo ser classificada em três categorias: física ou mecânica, química e estética.

A biodeterioração é causada por agentes biológicos, macro e microrganismos, dentre os quais insetos e fungos têm papel de destaque, de acordo com Vaillant Callol (2013). A professora salienta que, além dos danos aos acervos, “a sua presença no ambiente das nossas instituições constitui um risco de contágio para as pessoas que estão em contato com objetos e materiais contaminados” (CALLOL, 2013, p. 16).

Para Romero:

[...] a capacidade dos têxteis de absorver e reter a umidade do ambiente envolvente nos museus, aliada aos seus componentes orgânicos torna-os altamente suscetíveis à deterioração biológica, sendo os fungos um dos principais problemas (ROMERO, 2021, p. 114, tradução nossa.)

### 2.2.1. FUNGOS

"Os fungos são organismos vivos que constituem um reino inteiro, o que mostra a grande dimensão de sua diversidade" (ARROYO, 2009, p.41).

Dos ensinamentos de Arroyo (2009), Cameron (1997) e Santos (2015) extraímos que os fungos são microrganismos oportunistas de natureza ubíqua, ou seja, podem ser encontrados em todos os lugares, em qualquer parte. São compostos de talos que podem ser unicelulares (leveduriformes) ou pluricelulares (filamentosos). Nos fungos filamentosos, o conjunto de filamentos que compõem o talo é denominado micélio e as unidades individuais são as hifas que têm um diâmetro de cerca de 5 a 9 µm e podem ter até vários metros de comprimento. O micélio é responsável por explorar e acumular nutrientes para permitir o crescimento do fungo.

Os fungos geralmente são compostos por um corpo de frutificação onde se dá sua reprodução pela produção de estruturas de esporos.

Os esporos, produzidos em uma grande variedade de cores, formas e tamanhos são resistentes à dessecação e podem ser viáveis após mais de um ano, em muitos casos depois de décadas. Eles podem ser transportados por meios naturais (vento, água) para locais distantes e iniciar novas colonizações.

Todos os fungos são heterotróficos, eles dependem de matéria orgânica, viva ou morta, como fonte de energia. A maioria é saprófita, alimenta-se de matéria orgânica originária de processos de decomposição, exclusivamente pela liberação de enzimas digestivas no substrato onde crescem. Porém, existem espécies parasitárias que atacam diretamente o substrato, potencialmente causando danos significativos.

### 2.2.2. DANOS

Os fungos podem causar danos aos objetos direta ou indiretamente, de várias maneiras, segundo Agnes Brokerhof (2007). De maneira direta, explica, podem obstruir a visão, ou fruição se falamos de objeto artístico, ao crescerem em sua superfície. Podem também provocar fissuras, uma vez que as hifas penetram na estrutura do material, quebrando-o com auxílio de enzimas para obter nutrientes. Os fungos produzem metabólitos ácidos ou coloridos, podendo provocar reações

químicas danosas e manchas. Pequenas manchas vermelhas, marrons ou pretas conhecidas como “foxing” podem ser originadas pela ação de atividade fúngica<sup>1</sup>.

Garside corrobora com esta informação, explicando:

A degradação microbiana pode assumir várias formas: ataque enzimático, levando à quebra do polímero ou aditivos e a subsequente metabolização dos produtos resultantes; ataque por subprodutos metabólicos (principalmente ácidos); ruptura física através da penetração no material; aumento da retenção de água; e mudanças na aparência, textura e drapejamento causadas pelo revestimento da superfície e excreção de pigmentos (GARSIDE, 2010, p.98, tradução nossa).

### 2.2.3. CRESCIMENTO DOS FUNGOS

Segundo Santos (2015):

Além de fonte de matéria orgânica, os fungos dependem de água líquida para seu crescimento, essencial para todo o processo vital. A maioria depende de oxigênio para a respiração, sendo, portanto, aeróbios. Alguns podem ser anaeróbios facultativos, pois respiram na presença de O<sub>2</sub> e fermentam na sua ausência (SANTOS, 2015, p.8).

A condição mais importante para o crescimento dos fungos é a umidade, afirma Brokerhof (2007). Para seu desenvolvimento, precisam de uma umidade relativa (UR) entre 70 e 100%, não havendo, em geral, crescimento de fungos com UR abaixo de 65%. A autora adverte, entretanto, que, após a germinação, algumas espécies podem continuar a crescer em uma UR mais baixa, uma vez que são capazes de produzir sua própria água.

Para Valentin (2009), é importante avaliar dois parâmetros, a umidade de equilíbrio e a atividade da água. Ela explica que os materiais possuem um conteúdo de umidade que está em equilíbrio com a umidade relativa (UR) do meio ambiente, aumentando quando a UR aumenta. Já a atividade da água (aw) “é a quantidade mínima de água que um material pode ter para possibilitar o desenvolvimento e multiplicação de organismos contaminantes” (VALENTIN, 2009 p.11). Os fungos requerem de uma atividade de água (aw) entre 60-99.

Com relação às temperaturas, eles podem se desenvolver em ambientes que variam de 4 a 40ºC.

---

<sup>1</sup> Em relação ao “foxing”, Brokerhof alega que “a causa dessas manchas pode variar: pequenas partículas de ferro enferrujado, atividade bacteriana, fungos e os efeitos da umidade” (BROKERHOF, 2007, p.68). Para Valentin, entretanto, “el foxing es um claro processo de biodeterioro” (VALENTIN, 2009, p. 25).

Valentin, entretanto, faz uma importante observação:

É evidente que os fungos e bactérias estão sempre presentes no ar. No entanto, devemos ter em mente que os níveis de risco de atividade e multiplicação são determinados pelo teor de umidade dos materiais, pela umidade relativa, pela temperatura ambiente e pela renovação do ar em uma reserva, sala ou depósito. Um fenômeno isolado não implica necessariamente em risco de contaminação. Ao contrário, para que a biodeterioração de um material seja ativada, devem ser conjugados diferentes fatores que atuam em combinação. (VALENTIN, 2005, p. 3, tradução nossa)

### **2.3. BIORRECEPTIVIDADE**

Considerando, então, a necessidade de uma combinação de fatores para que ocorra a biodeterioração, é importante entendermos em que medida um objeto têxtil pode contribuir neste processo, ou qual é o seu potencial de biorreceptividade.

Primeiramente recorremos a Guilliete que nos diz a respeito deste conceito:

[...] definiríamos o termo “bioreceptividade” como a aptidão de um material (ou qualquer outro objeto inanimado) para ser colonizado por um ou vários grupos de organismos vivos sem necessariamente sofrer qualquer biodeterioração. A palavra ‘colonizar’ é importante, pois indica que as condições de abrigo, desenvolvimento e multiplicação devem ser atendidas e exclui a capacidade de um material receber organismos vivos de maneira transitória e fortuita. Isso implica que há uma relação ecológica entre o material e a relação colonizadora (GUILLITTE, 1995, p. 216, tradução nossa).

Segundo Paul Garside (2010), as fibras têxteis constituídas de polímeros orgânicos apresentam risco potencial de ataque microbiológico que pode ser agravado se sua superfície contiver nutrientes adicionais como aditivos, sujeira, suor. Fatores como o peso molecular do polímero e seu grau de cristalinidade podem favorecer ou dificultar os ataques. Ele salienta que, em geral, as fibras têxteis são altamente cristalinas e possuem alto grau de polimerização o que faz com que os ataques microbiológicos começem com componentes auxiliares muitas vezes derivados de amido, proteína, óleos, gorduras, ceras ou em sujidade presente na superfície.

O autor completa:

De todas as classes de fibras, as derivadas de plantas são as mais suscetíveis à deterioração microbiológica, existindo uma ampla gama de organismos capazes de atacar os materiais. Isso pode ser facilitado pela presença de poros e vazios extensos que podem melhorar a acessibilidade do interior da fibra e, como esses materiais também dependem da água como plastificante, geralmente há umidade presente que pode ser explorada por microrganismos (GARSIDE, 2010, p.101, tradução nossa.).

Entre os componentes das fibras vegetais, a hemicelulose e a pectina tendem a formar polímeros ramificados e amorfos, mais facilmente atacadas por microrganismos. A lignina, porém, é um polímero fenólico amorfo e ácido mais resistente ao ataque. No ataque, os fungos produzem enzimas celulolíticas que provocam a cisão e fragmentação progressiva do polímero de celulose que é decomposto em açúcares mais simples, usados como nutrientes. “Onde as regiões internas de uma fibra são expostas, por abrasão, fratura ou cortes, o crescimento microbiano será estabelecido muito mais rapidamente” (GARSIDE, 2010, p.102).

Em relação às fibras animais, Garside (2010) diz que sedas e lãs possuem características e propriedades muito distintas. A seda é composta por fibroína de alta cristalinidade que lhe confere força e resistência, mas possui também sericina, um material amorfó, solúvel em água e vulnerável aos danos. A sericina é geralmente removida num processo denominado degomagem, utilizado para favorecer o brilho da fibroína, deixando a seda mais resistente aos ataques. Porém, se submetida a danos físicos, a seda pode apresentar micro rupturas e regiões enfraquecidas que podem ser acessadas por hifas ainda que seu crescimento posterior seja lento.

Por sua vez:

A lã e outros pelos de mamíferos são em grande parte compostos de proteínas de queratina e têm uma estrutura celular, consistindo de células de cutícula (escamas) sobrepostas achatadas e relativamente duras que cercam células corticais aproximadamente cilíndricas [...] A própria proteína de queratina é geralmente resistente à ação microbiana, mas como acontece com outras fibras, impurezas ou aditivos podem fornecer um substrato adequado para estabelecer o crescimento, assim como áreas de danos preexistentes (GARSIDE, 2010, p.103,104, tradução nossa).

Em materiais queratinosos, como o couro, “os microrganismos inicialmente usam componentes de substrato não queratinosos, como material de membrana, restos nucleicos, resíduos de citoplasma ou um complexo de membrana celular, bem como lipídios” (Romero, 2021, p. 114-115, tradução nossa). O colágeno, segundo Tiano (2009) é uma das proteínas mais resistentes ao ataque de microrganismos. Porém os couros curtidos sofrem alterações químicas e físicas que o deixam com o pH entre 3 e 5, adequado ao crescimento de fungos. Tiano acrescenta:

Os couros curtidos com vegetais são mais suscetíveis ao crescimento de fungos do que os curtidos com cromo porque contêm uma certa quantidade de glicosídeos. O couro curtido ao cromo parece apresentar alguma atividade fungistática e proteção contra a atividade microbiana, mas às vezes esse tipo de couro apresenta o crescimento de fungos dos gêneros *Penicillium* e *Paecilomyces*, que são tolerantes aos compostos de cromo (TIANO, 2009, p.15, tradução nossa).

“No caso do couro, a atividade microbiana começa com uma contaminação superficial que acaba por invadir toda a espessura do objeto” (Romero, 2021, p. 114, tradução nossa).

As fibras artificiais, derivadas de materiais poliméricos naturais, em função da redução no grau de polimerização e perda de microestrutura, podem mostrar-se mais vulneráveis aos microrganismos do que seus materiais de origem, é o que afirma Garside (2010). Os materiais sintéticos, por sua vez, contêm porções químicas normalmente não encontradas na natureza o que os tornam altamente resistentes, porém “pequenas mudanças na funcionalidade química podem resultar em mudanças significativas na biodegradabilidade” (GARSIDE, 2010, p.105, tradução nossa).

Além disto:

Outras características dos materiais como pH, presença de impurezas e teor de água condicionarão o desenvolvimento de biodeteriogênicos. Um certo pH favorecerá o crescimento da microflora acidófila ou basófila. A UR e consequentemente o teor de água dos materiais são muito importantes, e os materiais orgânicos são muito mais higroscópicos do que os inorgânicos. As impurezas podem ser constitucionais (por exemplo, dependendo de diferentes técnicas de fabricação), natural ou artificialmente sobrepostas ao substrato e podem determinar uma maior suscetibilidade à biodeterioração ou ampliar a gama de microrganismos que podem se desenvolver. Além disso, outros tipos de deterioração (física ou química) são muito importantes porque podem facilitar a biodeterioração (CANEVA, 1991, p. 25, tradução nossa).

Segundo Brokerhof (2007), os gêneros de fungos mais comuns encontradas em coleções têxteis são: *Alternaria sp.* (micélio verde-oliva a preto/cinza), *Aspergillus sp.* (micélio espesso branco/amarelo a verde/preto), *Cladosporium sp.* (micélio aveludado verde-oliva/marrom), *Fusarium sp.* (micélio tipo velo branco/amarelo/rosa a marrom-avermelhado) e *Penicillium sp.* (micélio espesso cinza/verde).

*Aspergillus* e *Penicillium* são provavelmente as fontes mais importantes de danos, pois podem crescer com relativamente pouca umidade e, portanto, podem ser particularmente problemáticos em coleções mantidas em condições consideradas seguras para os objetos. Uma vez estabelecidos, eles podem aumentar o nível de umidade local até o ponto em que outros organismos possam se desenvolver (GARSIDE, 2010, p.102, tradução nossa).

Entretanto, como ressalta Sheila Landi, “existem muitos tipos diferentes de fungos e sua identificação é só de interesse acadêmico. Não fará qualquer diferença para os subsequentes procedimentos” (LANDI, 1992 p. 58).

### 3. PREVENÇÃO

Ao pensarmos em prevenção, no âmbito do patrimônio cultural, somos remetidos ao conceito de conservação preventiva, cujos objetivos “consistem na erradicação ou diminuição das causas de deterioração (*reduction of the cause of damage*) e na descoberta precoce das ameaças (*early discovery*), com a finalidade de evitar o recurso a uma intervenção curativa” (ALARÇÃO, p. 11,12).

Discorrendo sobre a infestações em arquivos documentais Milagros Callol aponta para os fatores da biodeterioração cabíveis também para as coleções têxteis:

Os fatores internos, também chamados de “vícios inerentes”, são aqueles relacionados ao processo de fabricação, incluindo: tipo e qualidade do material fibroso ou pasta utilizada, processos e materiais para encolagem, cargas, aditivos químicos, acidez e presença de compostos metálicos, entre outros. Estes não podem ser controlados [...]

Os fatores externos de deterioração são aqueles relacionados às condições ambientais e à ecologia que envolve o patrimônio documental durante seu uso, seu manuseio e armazenamento nas instituições, ao longo de sua vida útil. Entre eles devemos destacar: umidade relativa, temperatura, iluminação, poluentes atmosféricos, agentes biológicos, ventilação, processos e tratamentos inadequados, [...] Sobre eles, sim, podemos agir e podemos modificá-los, estabelecendo as condições adequadas de acordo com os requisitos dos materiais constituintes (CALLOL 2013, p. 28,29, tradução nossa).

Assim, a prevenção ao ataque biológico deverá se dar no âmbito dos fatores externos: a umidade (UR e teor de água dos materiais), temperatura, ventilação. É possível também a redução de fontes de nutrientes que não se relacionem com a materialidade do objeto, como poeiras, sujidades de natureza orgânica e materiais de restauração inadequados.

Os fungos possuem natureza ubíqua e são facilmente transportados sendo praticamente impossível eliminá-los completamente. Porém, alguns cuidados podem ser adotados para que sejam reduzidos e, principalmente, se mantenham em estado de dormência.

#### 3.1. CONTROLE DE TEMPERATURA

Muitas espécies de fungos sobrevivem em uma faixa extensa de temperatura, isto, portanto, não será um fator limitante para seu desenvolvimento.

Callol, entretanto, adverte que “as temperaturas elevadas favorecem o desenvolvimento de insetos e de microrganismos biodeteriorantes. Por isto, é recomendável mantê-la na faixa 18-20°C” (CALLOL, 2013, p. 86).

Para o controle da temperatura, muitas instituições adotaram o uso de sistemas de ar condicionado. Nestes casos é importante estar atento à colocação de Valentin:

Paradoxalmente, foi comprovado que o ar condicionado pode permitir o desenvolvimento de micélios fúngicos nas próprias grelhas de saída de ar. Isto é devido à produção de condensação fria. Também pode servir como distribuição de contaminantes microbianos nas dependências de uma edificação, produzindo alterações nos materiais e na saúde das pessoas (VALENTIN, 2005, p. 3, tradução nossa).

Entre as medidas de prevenção incluem-se, portanto, a manutenção e limpeza adequadas e periódicas dos equipamentos utilizados e a necessidade de utilização de sistemas de filtragem do ar.

### **3.2. CONTROLE DA UMIDADE**

Os fungos utilizam-se da água disponível nos substratos têxteis para se desenvolverem. Os têxteis são materiais higroscópicos, absorvem a umidade do ar. Seu conteúdo de água é, portanto, influenciado pelo teor de umidade relativa, UR, no ambiente.

Michalski (2021), avaliando a possibilidade de deterioração fúngica, ativada por UR inadequada, classifica os acervos têxteis como de média e alta sensibilidade e faz a seguinte correlação entre valores de UR e tempo necessário para que ocorra o crescimento de fungos:

- Em materiais orgânicos com uma superfície rica em proteína solúvel, amido ou açúcar, tais como couro, pele, pergaminho, tecidos engomados ou sujos, poderá ocorrer desenvolvimento de fungos nas seguintes condições: - 70% UR, crescimento em 100 dias; 80% UR, crescimento em 10 dias; 90 a 100% UR, crescimento em 2 dias

- Em materiais orgânicos à base de plantas, limpos, o crescimento de fungos normalmente requer 80% a 85% de umidade relativa. (MICHALSKI, 2021, tabela 1)

Portanto, a UR alta deve ser evitada:

A primeira medida de controlo ambiental consiste na manutenção dos espaços e do edifício, dado que muitas vezes os problemas têm origem em infiltrações, fugas em canalizações, deficientes drenagens ou má calafetagem de portas e janelas. Não existindo um valor único [de UR] para todos os objetos, é necessário assumir uma situação de compromisso, tendo em conta os materiais mais sensíveis. (ALARCÃO, 2004, p. 28).

São conhecidas as fontes de umidade relativa inadequada como os sistemas de drenagem do solo e de águas pluviais deficientes, telhados com inclinações inadequadas, infiltrações, entre outras. Michalski (2021), entretanto, chama a atenção para a elevação de UR que pode ser derivada de microclimas gerados no interior das salas e mesmo em caixas ou embalagens de armazenamento.

Prateleiras ou armários colocados contra paredes externas sofrem alta UR durante o tempo frio. Objetos que são bons isolantes, como tecidos enrolados, trajes, sofrem mais. Prateleiras e armários agravam ainda mais o problema de alta UR perto de pisos frios, pois o ar frio desce. [...]

Se o piso for de concreto ou de madeira acima de um espaço de terra batida, pode ser uma fonte de umidade ascendente. Quando os museus usam coberturas plásticas contra poeira sobre essas fontes de umidade, ou se o chão é propenso a poças ocasionais, o filme plástico retém a umidade e agrava o problema. Verifique se há umidade ascendente no piso, conforme observado anteriormente. (MICHALSKI, 2021, tradução nossa).

Como solução o autor propõe que as superfícies quentes e frias sejam isoladas para evitar as transferências de calor. Orienta ainda, que o isolamento pode ser apenas um espaço, de 20 cm ou mais, entre objetos ou em relação às superfícies que permita a circulação de ar.

### **3.3. CONTROLE DA VENTILAÇÃO**

O engenheiro mecânico, Shin Maekawa (2007), relata uma série de testes em escala real de sistemas alternativos de controle climático, baseados na utilização de sistemas de ventilação: - as investigações, que incluíram a Biblioteca do Museu Casa de Rui Barbosa, no Rio de Janeiro, e o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), em Belém, demonstraram a eficácia da ventilação como método de controle da biodeterioração.

Nieves Valentin, parceira de Maekawa, considera a ventilação uma maneira útil, simples e segura de tratar objetos contaminados e explica:

Para minorar os problemas de alteração química dos suportes e toxicidade, tem-se recorrido à instalação de sistemas de ventilação mecânica destinados a controlar as condições ambientais. Com isso, pretende-se evitar oscilações significativas nos parâmetros de temperatura e umidade relativa, que provocam a multiplicação de fungos e bactérias. Da mesma forma, é possível diminuir o teor de água dos suportes que facilitam a multiplicação celular de agentes biodegradantes. O resultado é a paralisação e diminuição de contaminantes microbianos tanto por metro cúbico de ar quanto por cm<sup>2</sup> de superfície de um objeto.

Este procedimento pode ser extrapolado para o campo da descontaminação de materiais históricos, se aliado a um sistema de limpeza adequado. Este procedimento pode ser adaptado para ser aplicado em caso de desastres como enchentes, ou danos pontuais causados por goteiras ou infiltrações na edificação. (VALENTIN, 2005, p. 5, tradução nossa).

Valentin (2005) afirma que é possível controlar a biodeterioração em uma sala com troca de ar adequada, mesmo que ela apresente umidade relativa entre 70-75%; porém, em uma sala, onde se encontrem materiais higroscópicos e poeira, com UR entre 55-60%, a ausência de ventilação pode favorecer o desenvolvimento de fungos.

Afirma ainda que: “uma ventilação adequada pode ser estabelecida com sistemas que permitam a renovação do ar através de equipamentos simples, econômicos e seguros para o cuidado de objetos históricos.”(VALENTIN, 2004, p. 85).

A ventilação é avaliada pelo número de vezes que o volume de ar de um ambiente é completamente substituído pelo ar externo no período de uma hora. A ACH (*air changes per hour/ trocas de ar por hora*) é a taxa de fluxo de ar ventilado (m<sup>3</sup>/h) dividido pelo volume da sala.

Os experimentos demonstraram que fungos e bactérias têm seu crescimento reduzido quando expostos a ventilação de baixo nível, mas constante:

A troca mínima de ar por hora (ACH) necessária para minimizar as flutuações de UR e diminuir o crescimento microbiano tanto no ambiente quanto nos itens de coleta depende da taxa de ventilação do fluxo de ar, da temperatura e do volume da sala. [...]

Para diminuir ou interromper o crescimento microbiano em objetos fortemente contaminados, a ventilação contínua por 3 meses com 4 ACH é eficaz em uma sala de 25-50 m<sup>2</sup>. (VALENTIN, 2010, p.5, tradução nossa).

### **3.4. REDUÇÃO DE FONTES DE NUTRIENTES**

A matéria orgânica utilizada como fonte de energia para o desenvolvimento das colônias de fungos pode não estar diretamente associada aos componentes dos objetos patrimoniais.

Os objetos têxteis têm a peculiaridade de, na maioria das vezes, terem sido objetos de uso pessoal ou doméstico e podem ter consigo as marcas deste uso.

Poeira e sujeira, além de absorverem água, constituem fonte de nutrientes para organismos fúngicos. Aí incluem-se restos de insetos, resíduos de contaminações antigas e mesmo vestígios de ácidos graxos, deixados pela manipulação, e suor.

Poeira e sujeira são a cereja do bolo para insetos e fungos. Uma boa arrumação é o ponto de partida de todas as medidas preventivas. Quartos e objetos limpos e sem poeira não são particularmente atraentes para as pragas. Pode não ser possível limpar completamente alguns objetos - a limpeza de objetos está sujeita a considerações éticas e técnicas [...]. Mantenha os alimentos afastados das coletas; retire todo o lixo, principalmente de restaurantes e cozinhas, e guarde em local distante das áreas de coleta, de preferência em recipiente fechado (BROKERHOF, 2007, p.70, tradução nossa).

Aspirar espaços e objetos com aspirador com filtro HEPA, mantê-los adequadamente embalados, para evitar que pó e esporos de fungos se assentem sobre eles são medidas necessárias.

Além disto, alimentos, plantas e objetos com sujidades deverão ser evitados nas áreas de manipulação e guarda das coleções.

### **3.5. REDUÇÃO DA ENTRADA DE MICRORGANISMOS**

Os esporos podem ser muito facilmente transportados pelo ar ou água, por insetos ou mesmo aderidos a objetos diversos.

Cuidado redobrado deve ser tomado com os objetos patrimoniais:

A via de entrada mais importante de insetos e fungos nas coleções são provavelmente objetos recém-adquiridos, empréstimos ou objetos devolvidos de empréstimo. Todos os objetos recebidos devem ser inspecionados. Em caso de dúvida, mantenha objetos suspeitos em quarentena por duas a seis semanas. Coloque os objetos em uma sala de quarentena designada ou - caso tal espaço não esteja disponível - coloque-os em uma caixa de papelão bem fechada ou sele-os dentro de plástico transparente. Sempre tome muito cuidado com o material úmido devido ao risco de crescimento de fungos. (BROKERHOF, 2007, p.70, tradução nossa).

Janelas e portas devem ser mantidas fechadas e quaisquer orifícios como buracos e rachaduras nas paredes devem ser reparados. Filtros devem ser instalados e monitorados em dutos de unidades de ar condicionado e orifícios de ventilação.

Casacos, bolsas, materiais de embalagens que não estão em uso devem ser guardados fora das áreas de reserva técnica.

### **3.6. MONITORAMENTO - USO DE BIOSENSORES**

Para que todas as medidas anteriores possam ser adotadas, é necessário, primeiramente, um conhecimento das condições gerais tanto dos espaços de guarda e de manipulação das coleções, quanto dos próprios objetos.

Inspeções regulares e monitoramento constante são necessários para verificar se as medidas preventivas são adequadas. Durante as inspeções visuais, os objetos são verificados quanto a sinais de infestação de insetos ou contaminação por fungos. Para complementar as inspeções visuais, um sistema de monitoramento de insetos pode ser implementado usando armadilhas (BROKERHOF, 2007, p.70, tradução nossa).

Segundo Eckstein (2014), o monitoramento são vistorias rotineiras nos espaços, áreas de acervos, e objetos para detectar atividades de pragas; a inspeção implica o exame de perto destes objetos e áreas.

O monitoramento deve se dar de forma sistemática, com estabelecimento de tarefas e responsabilidades, registros para verificação e acompanhamento de resultados, para uma resposta imediata em situações de urgência.

Todas as áreas precisam ser inspecionadas, mas é preciso priorizar aquelas mais suscetíveis aos ataques biológicos, onde há maior concentração de materiais orgânicos. Armários, embalagens e objetos precisam ser avaliados de perto com cuidado e atenção.

Para o monitoramento, Valentin (2015) sugere a utilização de “biossensores” que são capazes de detectar de maneira precoce o crescimento de microrganismos.

É um sistema que consiste num suporte higroscópico de natureza celulósica ou proteica. O suporte é pincelado com um meio de cultura adequado para o desenvolvimento de contaminantes comuns. Um produto marcador pode ser incorporado neste meio. Este sistema deve ser esterilizado e desidratado. Por fim, são acoplados equipamentos para registrar a temperatura e a umidade que favorecem o desenvolvimento de fungos e/ou bactérias no biossensor. A composição do material utilizado como sensor deve estar perfeitamente caracterizada do ponto de vista de suas propriedades físico-químicas e biológicas (VALENTIN, 2015, p 346, 347, tradução nossa).

Os biossensores podem ser instalados no interior de vitrines, armários, caixas, junto aos objetos a serem protegidos, para serem expostos às mesmas condições ambientais e contaminantes biológicos, por um determinado período de tempo.

A formação de micro condensação dentro de uma vitrine causará a hidratação do meio de cultura do biossensor e o desenvolvimento de microrganismos antes que ocorra no material histórico exposto. É importante incorporar um marcador no meio de cultura para que seja incorporado ao metabolismo do microrganismo. Como consequência, o desenvolvimento microbiano inicial pode ser facilmente visualizado por uma mudança de cor. A detecção de microrganismos no biossensor indica que as condições ambientais da vitrine ou sala de exposição devem ser examinadas e corrigidas o mais rápido possível. Neste caso, não é necessário recorrer a análises microbiológicas realizadas por profissionais especializados. São sistemas que indicam riscos potenciais de deterioração. Os biosensores têm uma eficácia média de três meses devido à desnaturação do meio de cultura utilizado e às condições a que é exposto. Após esse tempo, devem ser retirados do gabinete e substituídos por novos e estéreis. (VALENTIN, 2015, p. 347, tradução nossa).

Valentin ensina que os meios de cultura mais eficazes foram ágar sabouraud, ágar czapeck e rosa bengala; e como marcador pode ser utilizado Tiazolil Blue Tetrazolium Bromide (MTT), que potencializa a mudança de cor nos microrganismos desenvolvidos. O biosensor deve ser desidratado para evitar que ocorra um possível desenvolvimento de microrganismo antes ou imediatamente após sua instalação.

No “Protocolo de Ação para mitigação” - Apêndice A, apresentamos uma sugestão para confecção de biosensores, com base nos ensinamentos de Valentin.

#### 4. CONTROLE

Objetos têxteis, por serem extremamente sensíveis aos agentes externos, exigem uma atenção especial em relação a qualquer tipo de intervenção que possa ser proposta, ainda que seu objetivo seja o de salvação. É preciso sempre buscar alternativas menos danosas. Muitas vezes “[...] entre uma variedade de métodos tradicionais e novos, cientistas e conservadores nem sempre têm claros os prós e contras de usar uma técnica em vez de outra” (CAPPITELLI et al, 2020, p. 1).

Antes que se inicie qualquer intervenção é preciso investigar as propriedades químicas e físicas do objeto afetado. As propriedades químicas determinam de que modo uma fibra se comportará quando em contato com uma determinada solução. As propriedades físicas determinam seu comportamento quando submetida a uma ação de força.

É importante compreender que fatores, como a origem, os usos, a idade, a forma como os objetos foram manipulados e conservados, terão influência determinante sobre estas propriedades do objeto. Assim, cada um dos objetos deverá ser tratado de forma individual, o que impõe a necessidade de realização de testes prévios antes da aplicação de qualquer procedimento de combate aos ataques de fungos (ou quaisquer outros tratamentos).

Apresentaremos aqui alguns dos principais métodos de controle de contaminações fúngicas, tradicionais e novos, relacionando algumas vantagens e desvantagens já apontadas na literatura. O espaço, entretanto, não nos permite uma exposição individualizada em relação às propriedades físicas e químicas de cada tipo de fibra. Fica, portanto, o alerta sobre a cautela exigida a todos os procedimentos de conservação e restauração de objetos históricos.

Algumas manchas ou depósitos de poeira podem ser confundidos com um ataque microbiano. Na Proposta de Ação apresentamos algumas formas de identificação de contaminação fúngica e algumas medidas emergenciais.

Ao primeiro sinal de uma possível contaminação, os objetos suspeitos deverão ser isolados em sacos ou caixas, para verificação. Isto evitará que esporos se espalhem sobre outros objetos e superfícies. Havendo comprovação da presença de fungos, deverão ser investigados e tratados os possíveis fatores que contribuíram para o seu desenvolvimento. Se o objeto estiver seco deverá permanecer no

recipiente até que possa ser tratado. Detalhes sobre estes procedimentos encontram-se no Apêndice A.

A contaminação fúngica pode ser extremamente danosa também ao ser humano. Portanto, para a manipulação de um objeto contaminado ou com suspeita de contaminação é imprescindível o uso de todos os equipamentos de proteção individual (luvas, máscaras tipo PFF2, jaleco) e a higienização efetiva dos espaços e ferramentas utilizados.

## 4.1. MÉTODOS FÍSICOS

“Os métodos antifúngicos físicos são os que dispensam a aplicação de compostos químicos. Não deixam resíduos intrinsecamente, o que pode ser uma característica positiva, mas pela mesma razão exercem apenas uma ação momentânea” (SEQUEIRA et al, 2012, p.79, tradução nossa).

### 4.1.1. SECAGEM

Como a presença de água é fator *sine qua non* para o desenvolvimento de fungos, a diminuição ou interrupção de sua disponibilidade implicará a impossibilidade do crescimento fúngico.

Na conservação do patrimônio, a desidratação é considerada por muitos como a melhor maneira de impedir o crescimento de fungos em materiais úmidos. Deve ser realizado rapidamente para evitar o desenvolvimento microbiano, mas por outro lado, recomenda-se a secagem lenta para evitar alterações dimensionais nos objetos patrimoniais (SEQUEIRA et al, 2012, p. 79, tradução nossa).

A secagem pode ser realizada com utilização de materiais absorventes secos envolvendo os objetos úmidos ou intercalados com eles. Pode ser realizada também com utilização de ventilação natural, ventiladores, desumidificadores e, inclusive, secadores de cabelo no modo “frio”.

Godfrey e Smith alertam: “Ventiladores usados para aumentar a circulação de ar não devem ser apontados diretamente para o objeto para reduzir o risco de danos ao objeto e a propagação de esporos” (GOFRREY; SMITH, 2017). Eles

complementam que a secagem, além de inibir o crescimento dos fungos, permite que os objetos possam ser limpos a vácuo para remoção de esporos e fungos.

O método, portanto, pode ser efetivo por si só ou ser preparatório para a remoção mecânica, tratada a seguir. Tem como vantagem o fato de não deixar resíduos tóxicos. Sua desvantagem é que, em se tratando de grande volume de materiais, a resposta do método pode ser lenta permitindo o desenvolvimento de fungos que ocorre muito rapidamente na presença de umidade. É importante ressaltar que a secagem pode provocar deformações físicas em artefatos têxteis, portanto só deverá ser realizada de maneira lenta e com adoção de todos os cuidados necessários.

#### 4.1.2. REMOÇÃO MECÂNICA

A remoção mecânica consiste na retirada de um elemento por meio da ação de uma força física. Pode se dar pelo uso de ferramentas ou de correntes de ar. “Os métodos mecânicos tradicionais envolvem a remoção física de biodeteriogênicos manualmente ou com ferramentas como bisturis, espátulas, raspadores, serras ou aspiradores de pó” (TIANO, 2009, tradução nossa).

Nas coleções têxteis deve ser realizada apenas a remoção mecânica suave com uso de aspiradores com fluxo de ar regulável, podendo haver auxílio de uma escovação cuidadosa, sempre após a verificação das condições físicas do objeto.

“A sucção desregulada pode ser muito perigosa. De forma alguma deve ser tão forte que consiga pegar o objeto e segurá-lo contra o bocal” (LANDI, 1992 p. 80).

A aspiração permite a remoção de fungos, resíduos do crescimento microbiano e também de esporos dormentes que podem promover ataques futuros.

Para que isso seja feito de forma eficaz, é necessário que o sistema tenha um filtro adequado (como um filtro HEPA), que impeça que os microrganismos simplesmente sejam liberados novamente para o ambiente. Este método de tratamento tem a vantagem de ser relativamente suave e não invasivo e, em combinação com condições ambientais adequadas, pode ser suficiente para melhorar o problema. (GARSDIDE, 2010, p.107, tradução nossa).

“Alternativamente, um aspirador que filtra o ar de admissão através da água, [...] que muitos museus vêm usando, é aceitável para este propósito. A sucção do aspirador deve ser suave e regulada para que seja adequada ao estado do tecido” (National Park Service, 1993, p. 3)

O método também é indicado para higienização do ambiente e de superfícies:

Em ambientes internos, microrganismos transportados pelo ar podem se depositar e colonizar obras de arte. Colônias de fungos em pó contêm grandes quantidades de esporos e, portanto, são fontes de contaminação para outros objetos, pois o ar transfere facilmente os esporos. Nesses casos, a limpeza mecânica com um aspirador equipado com prendedores de partículas de alta eficiência (filtros HEPA) é um procedimento adequado para remover a maioria das hifas e esporos no ar e nas superfícies (CAPPITELLI et al, 2020, p. 4, tradução nossa).

Resquícios de fungos mortos podem fornecer nutrientes para o desenvolvimento de novos esporos e microrganismos, assim a remoção mecânica deverá ser cogitada também como complemento a outros métodos de controle.

O método é vantajoso por não adicionar nada ao objeto que possa causar deterioração, mas a remoção mecânica pode danificar o substrato, especialmente se as hifas estiverem muito entranhadas no tecido, segundo Caneva (1991). Portanto, é necessário cuidado ao utilizá-lo.

#### 4.1.3. RADIAÇÃO GAMA

Os raios gama são um tipo de radiação eletromagnética de maior energia e menor comprimento de onda. São frequentemente utilizados na medicina, farmácia e agricultura como agente de esterilização.

Os bolores são menos sensíveis à radiação ionizante do que os insetos, e diferentes cepas apresentam diferentes níveis de sensibilidade; geralmente a maioria dos fungos é morta por uma dose total de 10 kiloGrays (kGy) de irradiação gama. (Horakova e Martinek, 1984 apud CANEVA,1991, p. 126, tradução nossa).

“A atividade microbiocida desta radiação de ionização altamente penetrante deve-se à sua capacidade de gerar radicais capazes de clivar as ligações carbono-carbono, destruindo assim o DNA celular e tornando as células microbianas inviáveis” (Bank et al., 2008 apud SEQUEIRA et al.,2012, p. 80).

Porém, com a formação de radicais que deterioraram a matéria orgânica de microrganismos, outros compostos orgânicos como a celulose podem também ser danificados.

A radiação gama pode causar despolimerização severa da celulose e amarelecimento significativo, que é altamente intensificado pelo envelhecimento artificial. Por outro lado, a resistência mecânica e o pH dos papéis irradiados permanecem praticamente inalterados. Este tratamento antifúngico não deixa resíduos tóxicos, mas tem efeitos degradantes cumulativos nos materiais tratados. (SEQUEIRA et al., 2012, p. 81, tradução nossa).

Há também registro de danos em tecidos proteicos:

Amostras de tecidos de seda e lã foram envelhecidas artificialmente e depois irradiadas com doses de raios gama de 10 e 25 kGy. Geba et al. afirmaram que o aumento da dose de irradiação acima de 10 kGy teve efeitos drásticos na perda de elasticidade e na resistência mecânica dos corpos de prova testados. Em outro estudo com tecidos ( lã, linho, seda e algodão), foi comprovado que todos os espécimes ficaram descoloridos pela exposição à irradiação gama de 0,5 a 25 kGy, e essa mudança na escuridão foi mais evidente nas amostras tingidas com pigmentos naturais. (CAPPITELLI et al., 2020, p. 8, tradução nossa)

A radiação gama tem como vantagens sua eficiência e o fato de não adicionar ao objeto produtos nocivos para seres humanos ou para o meio ambiente. Entretanto, é um tratamento dispendioso que requer equipes e locais especializados para sua aplicação. O tratamento para fungos exige uma dosagem alta, de 10 KGy, como dito acima (Horakova e Martinek, 1984 apud CANEVA,1991), que pode gerar danos aos têxteis. Por estes motivos, este método não é aconselhado como controle de fungos em coleções têxteis.

#### 4.1.4. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Segundo Balazsy e Eastop (1998), a radiação ultravioleta (UV) é utilizada na indústria farmacêutica e alimentícia para erradicação de bactérias e fungos. As autoras, porém, alertam que “a exposição à radiação ultravioleta provoca graves danos fotoquímicos nas fibras, corantes e outros materiais encontrados nos têxteis históricos (BALAZSY, EASTOP, 1998, p. 299, tradução nossa).

Este método é, portanto, desaconselhado para o tratamento de coleções têxteis.

#### 4.1.5. CONGELAMENTO

Temperaturas de congelamento muito baixas, próximas a -20°C podem matar alguns microrganismos.

Segundo Florian (2002, apud SEQUEIRA et al., 2012) a formação de gelo extracelular ou intracelular causa a ruptura de membranas e organelas. Porém:

É importante levar em consideração que os conídios secos são muito mais resistentes ao congelamento do que os esporos hidratados e as hifas vegetativas, devido ao seu baixo teor de água que não forma cristais de gelo internos (Florian,2002). Essas células ainda podem ser viáveis após o descongelamento e tornam-se ativadas quando surgem condições condutivas. (SEQUEIRA et al., 2012, p. 82, tradução nossa).

Os esporos de fungos secos podem ser muito resistentes a temperaturas baixas o que faz com que o congelamento não seja um método eficaz de eliminação destes organismos. Entretanto, ele pode ser útil e tem sido frequentemente utilizado como método de emergência para evitar o crescimento de fungos em objetos que por algum motivo tenham ficado encharcados, até que eles possam ser devidamente secos. Para este fim podem ser utilizadas temperaturas na faixa de -4 a 0°C, segundo Valentin (2010).

Sua desvantagem é o risco de provocar alterações químicas e físicas em materiais delicados, especialmente no descongelamento.

Em um procedimento mais moderno, utiliza-se uma câmara de vácuo mantida em temperatura de congelamento onde os materiais congelados podem ser secos por sublimação: a água passa diretamente do estado sólido para o gasoso.

Este processo de congelamento e subsequente secagem por sublimação é chamado de liofilização. Este método é relatado como mais letal para os fungos do que o congelamento seguido de descongelamento, devido à sua capacidade de remover também a água ligada das células microbianas, no entanto, células mais resistentes ainda podem sobreviver. (Florian, 1997 apud SEQUEIRA et al., 2012, p. 83, tradução nossa).

Materiais de origem vegetal, artefatos de couro, objetos feitos de materiais de origem animal (penas, pelo, chifre e osso), em geral, suportam bem o congelamento. Entretanto, objetos seriamente degradados ou que contenham uma variedade de materiais não devem ser congelados, segundo Grodfrey e Smith (2017).

#### 4.1.6. ATMOSFERAS MODIFICADAS

O método de “atmosferas modificadas” consiste na remoção do oxigênio com uso de absorvedores ou sua substituição por outros gases inertes como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) ou nitrogênio ( $\text{N}_2$ ). A baixa concentração de oxigênio (0,1 – 0,5%) pode afetar o desenvolvimento de microrganismos, eliminando-os.

Balázs e Eastop ressaltam:

[...] para um tratamento eficaz, é necessária uma longa exposição ao dióxido de carbono à temperatura ambiente. O uso de temperaturas mais altas reduz a duração do tratamento, mas pode levar a umidades inaceitavelmente baixas para materiais orgânicos sensíveis.[...] Segundo pesquisas recentes, todos os insetos-praga comumente encontrados em museus podem ser mortos em uma atmosfera de 0,1% de oxigênio, obtida com a ajuda de gás nitrogênio, na umidade relativa ideal para os objetos. (BALÁZSY, EASTOP, 1998, p. 292, tradução nossa).

Não encontramos referências que possam atestar a efetividade do uso de atmosfera transformada com nitrogênio para a eliminação de fungos.

Garside (2010), porém, manifesta sua preocupação com o uso deste método afirmando:

As condições locais podem ser modificadas para destruir esses organismos. O oxigênio pode ser removido através do uso de removedores de oxigênio ou uma atmosfera de nitrogênio. No entanto, pode haver problemas com corantes que mudam de cor em ambientes anóxicos. Colocar um objeto sob vácuo pode destruir essas infestações por causar a ruptura de células, mas também pode levar a danos no objeto subjacente através da ruptura de células de fibra, por meio da desgaseificação, ou por desidratação. (GARSIDE, 2010, p. 107, tradução nossa).

Os métodos físicos são processos lentos. Quando se trata da necessidade de desinfecção massiva em uma coleção, em um surto de mofo, por exemplo, o tempo torna-se um adversário severo. Havendo recursos, pode-se optar pelo congelamento dos artefatos até que sejam tratados individualmente. Na inexistência desta alternativa podem ser utilizados métodos que empregam compostos químicos.

## 4.2. MÉTODOS QUÍMICOS

Os métodos químicos baseiam-se na utilização de substâncias químicas, naturais ou sintéticas, para o controle dos ataques biológicos. Essas substâncias podem ser fungicidas, ou seja, capazes de eliminar o microrganismo ou fungistáticas, apenas inibindo o seu desenvolvimento.

“A aplicação de biocidas está prevista em casos muito especiais, quando um material é fortemente atacado e por motivos diversos a secagem é muito difícil ou muito lenta.” (TIANO, 2009, tradução nossa).

Esses compostos antifúngicos podem ser aplicados como tratamento para uma contaminação ou como medida preventiva tendo como alvo um único objeto ou um acervo.

Em geral, os biocidas adequados para uso em conservação devem atender aos seguintes critérios: ser eficazes em baixas concentrações contra uma ampla gama de microrganismos; ter toxicidade mínima; não deixar manchas, odor ou resíduo físico; não causar efeitos adversos às propriedades físicas do têxtil; não induzir reações degradativas no tecido, seja imediatamente ou a longo prazo, e igualmente não causar danos a outros objetos que possam ser expostos ou armazenados nas proximidades; persistir por um período razoável após a aplicação; ser estável na gama de condições ambientais susceptíveis de serem experimentadas pelo objeto; e ser acessível e prontamente manuseável (GARSIDE, 2010, p. 108, tradução nossa).

#### 4.2.1. BIOCIDAS TRADICIONAIS

Segundo Sequeira et al. (2012), os antifúngicos tradicionais podem ser caracterizados, de acordo com seu mecanismo de ação, em ativos de membrana e microbicidas eletrofilicamente ativos.

Os microbicidas ativos de membrana incluem: álcoois, fenóis, ácidos, salicilanilidas, carbanilidas, dibenzamidinas, biguanidas, sais de amônio quaternário e antifúngicos azólicos. Esses microbicidas agem revestindo a parede celular de forma adsorptiva (formando um filme fino em sua superfície) e causando alterações na membrana externa e ao longo da parede celular. Ao perder sua integridade, essas barreiras permitirão que o microbicida acesse a membrana citoplasmática, onde causará seus efeitos letais. (Paulus, 2004 apud Sequeira et al., 2012, p. 69, tradução nossa).

Os microbicidas eletrofilicamente ativos, ainda segundo Sequeira et al. (2012), possuem compostos que são atraídos por componentes com alta densidade eletrônica na célula microbiana e, ao reagir por adição ou substituição eletrofílica, podem levar à inativação de enzimas.

Em geral, os biocidas tradicionais são aplicados por meio de fumigação

Os métodos de fumigação são amplamente empregados para materiais orgânicos. O tratamento consiste em distribuir o fumigante (gás) no ar e através de materiais. Este método tem eficácia rápida e alcança penetração profunda no interior do objeto. Devido à alta toxicidade dos fumigantes, eles devem ser aplicados em câmaras herméticas ou em espaços perfeitamente vedados (às vezes criados com folhas de polietileno), onde a pressão pode ser modificada para melhorar a penetração do gás. (TIANO, 2009, tradução nossa).

Seguindo a sugestão de Sequeira et al. (2012), apresentamos alguns métodos antifúngicos químicos organizados por classes químicas:

- **Álcoois** - “atuam sobre os fungos afetando a permeabilidade de sua membrana citoplasmática, causando o vazamento de constituintes do citosol e, por fim, levando à desintegração da célula (SEQUEIRA et al., 2012, p.69, tradução nossa).

Entre os álcoois, o mais utilizado para controle de contaminação fúngica é o *Eanol* ( $C_2H_6O$ ) ou álcool etílico. Sua maior eficácia se dá em soluções aquosas com concentrações entre 50% e 80%, atingindo um máximo de eficiência em 70%. Pode ser aplicado por pulverização, escovação, swab ou imersão.

- **Agentes alquilantes** - são capazes de inativar bactérias, fungos e vírus.

Um exemplo é o *Óxido de etileno* -  $[(CH_2)_2O]$ , é um gás inflamável incolor com propriedades microbicidas relacionadas à sua poderosa reação de alquilação de

constituíntes celulares de organismos, como ácidos nucléicos e proteínas funcionais, causando sua desnaturação, tornando os micróbios inviáveis.

Pode ser utilizado em temperatura ambiente e na forma gasosa, permitindo o tratamento de objetos sensíveis ao calor e à umidade, segundo Sequeira et al. (2012).

É geralmente misturado a outros gases como CO<sub>2</sub> para que sejam reduzidas sua explosividade, inflamabilidade e toxicidade.

Proibido na Europa, mas admitido no Brasil em acordo com a Portaria Interministerial nº 482, de 16 de abril de 1999.

Outro exemplo é o *Formaldeído* ( $CH_2O$ ) é “microbicida eletrofilicamente ativo com a capacidade de reagir com vários aminoácidos diferentes presentes na célula microbiana, incluindo grupos purina e pirimidina de ambos DNA” (SEQUEIRA et al., 2012, p.74). Porém, pode causar reticulação de celulose, perda de flexibilidade em papel e materiais contendo proteínas, como pergaminho, couro e seda.

- **Antifúngicos azólicos** - atuam inibindo a via biossintética do ergosterol, provocando alterações na fluidez ou rompimento nas membranas plasmáticas dos fungos, causando atraso ou interrupção de seu crescimento.

Alguns exemplos são o *Econazol* ( $C_{18}H_{15}Cl_3N_2O$ ); *Imazalil* (*enilconazol*) ( $C_{14}H_{14}Cl_2N_2O$ ); e o *Tiabendazol* ( $C_{10}H_7N_3S$ ).

Segundo Sequeira et al. (2012), em estudos realizados estes compostos apresentaram somente ação fungistática. O tiabendazol revelou melhores resultados para desinfecção aérea e descontaminação de superfícies. O autor alerta para o potencial embriotóxico dos antifúngicos azólicos que devem ser evitados por mulheres grávidas.

- **Derivados fenólicos** - antifúngicos ativos na membrana, causando principalmente danos na membrana plasmática de fungos.

*Diclorofeno* (4-cloro-2-[5-cloro-2-hidroxifenil] metilfenol), nomes comerciais Preventol GD ou Panacid, é usado como fungicida para papel, papelão, têxteis. Também é usado no tratamento de infecções fúngicas da pele, como germicida em sabonetes e cosméticos. Porém, pode causar irritação leve na pele e irritação ocular grave.

*Ortofenilfenol* (OPP) ( $C_{12}H_{10}O$ ), nomes comerciais Dowicide, Preventol O, Topane. “Por apresentar melhores características toxicológicas (DL50 2.480mg/Kg) e devido ao seu baixo poder irritante, costuma ser mais utilizado que outros derivados fenólicos” (CALLOL, 2013, p. 100, tradução nossa), eficazes contra fungos e

bactérias. “No entanto, verificou-se que o tratamento de têxteis com OPP e SOPP levou a efeitos de envelhecimento imediatos ou posteriores, com alterações de cor e brilho” (BALAZSY; EASTOP, 1998, p. 299, tradução nossa).

*Pentaclorofenol* ( $C_6HCl_5O$ ), nomes comerciais Dowicide 7, G, EC-7 ou Preventol P, é um fenol clorado amplamente utilizado como fungicida para livros, têxteis e madeira. Considerado carcinogênico tem uso restrito como biocida na União Europeia.

*Timol* (2-isopropil-5-metilfenol) é um fenol monoterpeno natural, presente nos óleos essenciais de plantas aromáticas, altera a permeabilidade da célula microbiana e provoca alterações na morfologia das hifas. Tem utilização restrita por ocasionar severos riscos à saúde.

- **Compostos de amônio quaternário** - “microbicidas ativos na membrana com propriedades catiônicas são atraídos pela superfície de carga negativa da célula microbiana, formando uma ligação eletrostática com os locais de carga negativa na parede celular” (SEQUEIRA et al., 2012, p. 77), inibem a germinação e o crescimento dos esporos sem realmente matá-los. São considerados altamente tóxicos, prejudiciais ao sistema imunológico.

- **Salicilanilidias** (Shirlan) - produto de condensação de ácido salicílico e anilina, “têm sido usados para desinfetar tecidos históricos. Pensa-se que representam um ligeiro perigo para a saúde: não são altamente tóxicos, mas podem causar irritação cutânea” (BALAZSY; EASTOP, 1998, p 299, tradução nossa).

Os biocidas tradicionais, apesar de demonstrarem algum grau de eficiência, apresentam diversas contraindicações o que demanda uma rigorosa avaliação prévia a sua utilização.

[...] os tratamentos biocidas têm uma curta duração e muitas vezes devem ser repetidos com frequência, criando uma ameaça repetida ao material patrimonial e ao meio ambiente. Além disso, tratamentos biocidas repetidos podem causar resistência em agentes biológicos alvo, e podem modificar as estruturas do biofilme favorecendo o crescimento de biodeteriogênicos mais nocivos. (CAPPITELLI et al., 2020, p.4, tradução nossa).

#### 4.2.2. BIOCIDAS “VERDES”

Como os biocidas tradicionais são similarmente, cada um em uma medida, nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, há em diversos ramos da ciência uma busca por alternativas para o controle de microrganismos danosos.

A busca por alternativas aos biocidas comerciais tem levado a diversos trabalhos relatando a aplicação de produtos naturais na conservação. Os biocidas naturais são considerados mais seguros para os seres humanos e mais ecológicos para o meio ambiente e têm sido usados tanto para materiais orgânicos quanto inorgânicos. Muitos desses produtos são derivados de plantas e podem ser empregados em sua forma pura, assim como extratos brutos ou óleos essenciais. (CAPPITELLI et al., 2020, p. 10, tradução nossa).

A ciência da conservação também tem se empenhado na experimentação de óleos essenciais (OEs), como atestam Palla et al.:

Produtos naturais de matrizes vegetais, como os OEs, contêm uma grande variedade de metabólitos secundários capazes de atuar contra diversos sistemas biológicos e podem ser considerados agrotóxicos ambientalmente aceitáveis. Com base nessas peculiaridades, cientistas conservacionistas avaliaram o uso de alguns OEs para estabelecer procedimentos verdes para a proteção do patrimônio cultural. Pesquisadores de diferentes países testaram a atividade antimicrobiana contra microrganismos associados à biodeterioração em arquivos, bibliotecas e museus. (PALLA et al., 2020 p.7, tradução nossa).

Os óleos essenciais são misturas de compostos voláteis, metabólitos secundários de plantas, presentes principalmente nas folhas, mas também em flores, botões, frutos, sementes, casca, madeira ou raízes. Desempenham um papel importante no sistema de defesa das plantas. Podem ser extraídos por destilação a vapor de água, destilação seca ou métodos de destilação mecânica que não envolvem mudanças de temperatura.

Por suas propriedades antifúngicas, os OEs são alternativas aos produtos químicos sintéticos para proteger o equilíbrio ecológico. Para este fim, Bakkali et al alegam que a extração por destilação a vapor ou por pressão, sem uso de solventes ou aditivos, são preferidas e explicam:

[...] o perfil químico dos derivados de óleos essenciais difere não apenas no número de moléculas, mas também nos tipos estereoquímicos de moléculas extraídas, de acordo com o tipo de extração, e o tipo de extração é escolhido de acordo com a finalidade do uso. O produto da extração pode variar em qualidade, quantidade e composição de acordo com o clima, composição do solo, órgão da planta, idade e estágio do ciclo vegetativo (BAKKALI et al., 2008, p. 447, tradução nossa).

A maioria dos óleos essenciais comercializados são quimiotipados por Cromatografia Gasosa com análise de Espectrometria de Massa (GC-MS), umas das técnicas mais utilizadas para a identificação dos seus constituintes. Através desta identificação é possível saber quais compostos e em que quantidade se apresentam no óleo adquirido.

Esses óleos são misturas complexas que podem conter mais de 300 compostos diferentes. Eles consistem em compostos orgânicos voláteis, geralmente de baixo peso molecular abaixo de 300 [u]. Sua pressão de vapor à pressão atmosférica e à temperatura ambiente é suficientemente alta para que sejam encontrados parcialmente no estado de vapor. Esses compostos voláteis pertencem a várias classes químicas: álcoois, éteres ou óxidos, aldeídos, cetonas, ésteres, aminas, amidas, fenóis, heterociclos e principalmente os terpenos. (DHIFI et al., 2016, p. 2, tradução nossa).

Segundo Karpinski (2020), os óleos essências agem de maneira multidirecional. Podem causar disrupção da parede e membrana celular e um processo de permeabilização:

Os compostos lipofílicos dos óleos essenciais podem atravessar a parede celular e danificar polissacarídeos, ácidos graxos e fosfolipídios, tornando-os permeáveis. A mudança da permeabilidade para os cátions H<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> afeta o pH celular e causa o dano das organelas celulares. Além disso, os óleos essenciais inibem a síntese de DNA fúngico, RNA, proteínas e polissacarídeos. Os óleos essenciais também podem desintegrar a membrana mitocondrial. (KARPIŃSKI, 2020, p. 13, tradução nossa).

Em seus estudos, Karpínski ressalta a importância dos óleos provenientes de plantas da família Lamiaceae:

Ricas em óleos essenciais são plantas da família Lamiaceae. [...] Mais da metade destas apresentam boa atividade (concentrações inibitórias mínimas (CIMs) < 1000 µg/mL) contra fungos. A melhor atividade (CIMs < 100) contém óleos essenciais de algumas espécies dos gêneros *Clinopodium*, *Lavandula*, *Mentha*, *Thymbra* e *Thymus*. [...] Entre os componentes químicos mais comumente encontrados como ingredientes principais destacam-se o β-cariofileno (41 plantas), linalol (27 plantas), limoneno (26), β-pineno (25), 1,8-cineol (22), carvacrol (21), α-pineno (21), p-cimeno (20), γ-terpineno (20) e timol (20) (KARPIŃSKI, 2020, p. 1, tradução nossa).

De acordo com Bona et al. (2016), “óleos essenciais contendo altas concentrações de monoterpenos fenólicos (por exemplo, carvacrol, p-cimeno, timol) têm grandes atividades antifúngicas. Ricas nessas substâncias são, entre outras, as plantas de *Origanum* e *Thymus*”. (BONA et al., 2016 apud KARPIŃSKI, 2020, p. 11, tradução nossa).

Os óleos essenciais de *Origanum vulgare* e *Thymus vulgaris* mostraram forte atividade antimicrobiana em ensaios *in vitro*, que foram posteriormente confirmados em aplicações *in situ* em biofilme recuperado sob as tesselas de mosaico do chão no sítio arqueológico greco-romano de Solunto, Sicília (Itália). De acordo com o trabalho, a atividade antimicrobiana da solução de óleo essencial de *T. vulgaris* a 15% foi suficiente para impactar profundamente o desenvolvimento do biofilme.

Os principais quimiotipos identificados foram timol e carvacrol. Recentemente, compostos voláteis dos mesmos óleos essenciais, *O. vulgare* e *T. vulgaris*, foram usados para combater os processos de biodeterioração induzidos pelo fungo *Aspergillus flavus* em obras de arte em madeira. Para isso, os pesquisadores desenvolveram estruturas ad hoc para expor artefatos de madeira aos compostos voláteis, evitando qualquer impacto negativo no meio ambiente e na saúde do operador. (CAPPITELLI et al., 2020, p. 10,11, tradução nossa).

Confirma-se que a ação do timol e carvacrol pode ser resultado de “uma perturbação da fração lipídica da membrana plasmática microbiana, resultando em modificações da permeabilidade da membrana e no vazamento de materiais intracelulares. (CAPPITELLI et al., 2020, p. 10,11, tradução nossa).

“Também foi demonstrado que o óleo essencial de *Thymus vulgaris* inibe a produção de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* e leva à redução da produção de ergosterol” (KARPIŃSKI, 2020, p. 13, tradução nossa).

Almeida (2015) aponta o timol e o carvacrol como alternativas promissoras e destaca: “As características destes compostos, como por exemplo, a baixa toxicidade, solubilidade e a facilidade de obtenção, são os principais fatores responsáveis pelo destaque dado a esses monoterpenos aromáticos (ALMEIDA, 2015, p. 14).

Outro destaque é dado ao óleo essencial de tea tree (*Melaleuca alternifolia*), composto “principalmente por 9 monoterpenos, 3 álcoois terpênicos e 3 sesquiterpenos. Os compostos predominantes no óleo da tea tree são 4-terpineol, γ-terpineno, α-terpineno, eucaliptol e γ-terpineol” (ANGULO MILHEM et al., 2021, p. 8, tradução nossa).

Os derivados de terpineno possuem propriedades antibacterianas e fungicidas.

O principal composto do OE da tea tree 1-Terpienen-4-ol é um álcool terpeno com atividade antimicrobiana de amplo espectro contra diferentes espécies como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Malassezia spp.*, *Rhodotorula spp.*, *Trichosporon spp.*, *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* e dermatófitos. Diferentes autores têm investigado seus mecanismos de ação antimicrobianos demonstrando que eles atuam inibindo a respiração e aumentando a permeabilidade da membrana celular (DÍAZ-ALONSO et al., 2021, p. 8, tradução nossa).

Os autores complementam que este composto possui característica lipofílica, interagindo diretamente na estrutura da membrana celular:

Tem sido relatado que os terpenos são capazes de atravessar a parede celular microbiana e se inserir entre a membrana da bicamada lipídica alterando sua permeabilidade e fluidez, levando à desestabilização da membrana, degradação da parede celular, lise e morte celular (DÍAZ-ALONSO et al., 2021, p. 8, tradução nossa).

Noshyutta et al. relatam a experiência de investigação da atividade fungicida biológica de alguns óleos essenciais que deveriam ser aplicados como conservantes alternativos para manuscritos antigos, baseados na afirmação:

Os pequenos tamanhos das moléculas dos óleos essenciais permitem que eles penetrem facilmente através das paredes celulares e afetem vários processos bioquímicos. Assim, a atividade biológica dos óleos essenciais depende de sua composição, ou seja, os óleos essenciais que contêm fenóis substituídos (eugenol, timol, carvacrol e guaiacol) exibem fortes efeitos antibacterianos e antioxidantes (NOSHYUTTA et al., 2016, p.42, tradução nossa).

Após os testes concluíram que “a análise dos resultados obtidos revelou que o óleo da tea tree, em baixa concentração (0,25%v/v) foi o mais eficaz em inibir o crescimento de todos os isolados fúngicos e bacterianos (NOSHYUTTA et al., 2016, p.46, tradução nossa).

Segundo Bento (2016), plantas que apresentaram uma boa concentração de eugenol também mostraram uma excelente ação antifúngica, isto porque:

O eugenol atua na membrana celular por um mecanismo que envolve a inibição da biossíntese de ergosterol. Como é um composto lipofílico, consegue entrar entre as cadeias de ácidos graxos que compõem a dupla camada da membrana celular, alterando, assim, a permeabilidade e fluidez das membranas celulares (BENTO, 2016, p. 44).

Existem, portanto diversos componentes em diferentes óleos essenciais que apresentam resultados positivos e podem ser utilizados como fungicidas. Bento (2016) relata que:

Morcia et al. (2012) testaram a eficácia de cinco moléculas, o timol, o eugenol, a carvona, o terpineno-4-ol e o 1,8-cineol, tendo verificado que estas evidenciaram diferentes níveis de eficácia, de acordo com uma escala decrescente: timol, eugenol, carvona, terpineno-4-ol e 1,8-cineol. Também Kurita e Koike (1983) observaram que a atividade antifúngica dos óleos essenciais dependem dos seus compostos ativos principais e seguem a regra por ordem decrescente de eficiência: fenol, álcool, aldeído, cetona, éter e hidrocarboneto. (BENTO, 2016, p. 43, 44).

Palla et al. (2020) concluem:

[...] os óleos essenciais vegetais podem ser aplicados na prevenção de contaminações fúngicas, demonstrando uma atividade antifúngica superior a alguns fungicidas comerciais e, devido à sua ação seletiva e segurança, podem ser aplicados em protocolos de conservação sustentável (PALLA et al., 2020, p. 7, tradução nossa).

Não encontramos estudos com avaliação dos efeitos da aplicação OEs em contato direto com materiais têxteis.

Inouye (2003), porém, atesta a eficiência da aplicação gasosa de OEs e diz:

Foi relatado que compostos voláteis mostraram atividade antimicrobiana não apenas pelo efeito direto do vapor, mas também por um efeito indireto após o vapor ser absorvido em um meio ou apenas pelo efeito indireto após a absorção do vapor. [...] Resumindo esses resultados, concluiu-se que o efeito direto do vapor através do ar foi o principal responsável pela atividade antimicrobiana.

A alta suscetibilidade de fungos filamentosos contra óleos em comparação com bactérias e leveduras pode ser atribuída, pelo menos em parte, à natureza aeróbica de organismos lipofílicos, aos quais os óleos lipofílicos podem ser facilmente ligados através do ar. (INOUYE, et al., 2003, p. 39, tradução nossa).

Segundo Arrebola et al. (2010), os óleos essenciais demonstram baixa solubilidade em água. Quando utilizados em métodos de difusão ou diluição esta característica pode ser superada pela adição de emulsificantes ou solventes como Tween 80 ou etanol. A utilização destes solventes, porém pode alterar a atividade dos OEs e em muitos casos, como nas aplicações em coleções têxteis, por exemplo, pode ser indesejada. Para evitar tais alterações, Arrebola et al. (2010) adotaram um método de volatilização de disco com obtenção de resultados positivos.

Assim, aconselha-se a utilização de difusores sem utilização de água ou outros solventes ou ainda a volatilização dos óleos em materiais com boa capilaridade como os discos de papel filtro, observando os cuidados necessários para que não haja contato direto dos vapores com os artefatos têxteis. No Apêndice A, apresentamos uma sugestão para a aplicação de óleos essenciais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Coleções têxteis são um universo de individualidades que precisam ser acolhidas. Não há um tratamento único, tanto no sentido de um método para todos os objetos quanto na utilização de um único método para um mesmo objeto.

Um dos problemas que pudemos perceber na bibliografia específica de conservação e restauração foi o fato de a biodeterioração ser tratada de maneira genérica.

Por meio de diversas leituras, verificamos existir particularidades determinantes em relação ao controle de fungos. Quando o suporte atacado se trata de um têxtil, então, a aplicação de procedimentos genéricos pode colocar o objeto em risco. Podemos citar, por exemplo, a utilização de radiação gama. Não há dúvidas da eficiência deste método para a erradicação de insetos e microrganismos, incluindo fungos. Entretanto, para o controle deste último a dosagem a ser aplicada pode configurar dano irreversível ao têxtil. A aplicação de diversos produtos por contato, compatível com pétreos e madeiras é outro exemplo que pode constituir risco para tecidos.

Por outro lado, verificamos que a ubiquidade, característica do fungo, faz dele quase um componente dos ambientes de reserva técnica, onde estão presentes, constantemente, os elementos necessários ao seu desenvolvimento. Há necessidade urgente de tratarmos de forma mais clara e mais constante deste assunto, afastando tabus. Há, sim, como vimos, procedimentos capazes de evitar, não a presença, mas o desenvolvimento destes “companheiros” inconvenientes, mas acidentes acontecem e é preciso lidar com eles com tranquilidade e conhecimento.

Percebemos que este trabalho é o início de uma pesquisa relevante para a conservação de têxteis que permitirá o desenvolvimento de muitas outras. A utilização dos métodos, hoje considerados alternativos, menos danosos para os objetos e para o meio ambiente, já gera excelentes resultados, mas ainda há muitos testes a serem desenvolvidos. Novas possibilidades de óleos e outras alternativas como a utilização de extratos vegetais, economicamente mais viáveis, também aguardam investigações e investimentos.

Nosso objetivo foi alcançado. Elaboramos uma proposta de ação para prevenção e controle da biodeterioração fúngica em têxteis. Mas este não será um fim. É só um começo.

## REFERÊNCIAS

- ALARCÃO, Catarina. Prevenir para preservar o património museológico. *Museal. Revista do Museu Municipal do Faro* n. 2, 2004. p. 8 – 34.
- ALMEIDA, Regiamara. *Mecanismos de ação dos monoterpenos aromáticos: timol e carvacrol.* 22f. Monografia (Graduação Bacharelado em Química) - Universidade Federal de São João Del-Rei, 2015. Disponível em <[https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/coqui/TCC/Monografia-TCC-Regiamara\\_R\\_Almeida-20151.pdf](https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/coqui/TCC/Monografia-TCC-Regiamara_R_Almeida-20151.pdf)> acesso em 24.set.2022.
- ANGULO-MILHEM, S., et al. Indoor use of essential oils: emission rates, exposure time and impact on air quality. *Atmospheric Environment*, 244. (2021). Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117863>.> acesso em 11.out.2022.
- ARREBOLA, Eva et al. Combined application of antagonist *Bacillus amyloliquefaciens* and essential oils for the control of peach postharvest diseases. *Crop Protection*, V 29, Issue 4, 2010, p. 369-377. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219409001847>> acesso em 22.nov.2022.
- ARROYO, Irene. The role of fungi in the deterioration of movable and immovable cultural heritage. *E-conservation the online magazine* nº9, abril 2009, p 40-50 Disponível em <[file:///C:/Users/cvamo/Downloads/ dokument.tips\\_e-conservation-magazine-9.pdf](file:///C:/Users/cvamo/Downloads/ dokument.tips_e-conservation-magazine-9.pdf)> acesso em 02.set.2022.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, Volume 46, Issue 2, 2008, p.446-475. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691507004541>> acesso em 02.set.2022.
- BALÁZSY, Agnes T.; EASTOP, Dinah. *Chemical principles of textile Conservation.* Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998. 443p.
- BENTO, Miguel Galvão Rodrigues. Avaliação da atividade fungicida de óleos essenciais e suas substâncias ativas no controlo de fungos de armazenamento Dissertação (Mestrado em Engenharia Agronómica), Instituto Superior de Agronomia. Universidade de Lisboa: 2016. 112p.

- BITTNER, Elizabeth. *Basic Têxile Care: Structure, Storage, and Display.* Introduction to the Structure and Technology of Records Materials, 2004. Disponível em: <<https://northeastfelmakersguild.org/wp-content/uploads/2013/04/e-bittner-04-têxile1.pdf>> Acesso em 07.out.2022.
- BROKERHOF, Agnes W. Insects and fungi in têxile collections. Cap 5 in: BOERSMA, Fockje. *Unravelling Têxiles. A handbook for the preservation of têxiles collections.* London: Archetype Publications, 2007. p. 61-79.
- CALLOL, Milagros Vaillant. *Biodeterioro del patrimonio histórico documental: alternativas para su erradicación y control.* Rio de Janeiro : Museu de Astronomia e Ciências Afins; Fundação Casa de Rui Barbosa, 2013. 139 p.: il.
- CAMERON, Sonja et al. *Biological growths on Sandstone buildings control and treatment.* Edinburgh: Historical Scotland, 1997.
- CANEVA, Giulia; NUGARI, Maria Pia; SALVADORI, Ornella – *Biology in the conservation of works of art.* Rome : ICCROM, 1991.
- CAPPITELLI, F.; CATTÒ, C.; VILLA, F. The Control of Cultural Heritage Microbial Deterioration in: *Microorganisms* 8, 2020 Disponível em <<https://doi.org/10.3390/microorganisms8101542>> Acesso em 24.set.2022.
- DANCAUSE, Renée et al. Caring for textiles and costumes. Canadian Conservation Institute Department of Canadian Heritage. Ottawa, Canada, 2018. Disponível em: <<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/guidelines-collections/têxiles-costumes.html>> acesso em 01.set.2022.
- DHIFI W. et al. Essential Oils' Chemical Characterization and Investigation of Some Biological Activities: A Critical. *Rev. Med.* 2016; 3:25. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28930135/>> Acesso em 08.out.2022.
- DÍAZ-ALONSO, J. et al. Innovative use of essential oil cold diffusion system for improving air quality on indoor cultural heritage spaces. *International Biodeterioration Biodegradation*, 162 (2021), Article105251, Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2021.105251>> Acesso em 24.set.2022.

- ECKSTEIN, Amanda Walli. Biological Infestations. *Museum Handbook*, Part I, Museum Collections, Chapter 5. Washington, DC: National Park Service Museum. 2014. P. 5:1 – 5:91.
- GARSIDE, Paul. Textiles. In: *Cultural heritage microbiology: fundamental studies in conservation science / edited by Ralph Mitchell, Christopher J. McNamara*. Chapter 3. ASM Press, Washington, 2010. p. 97-110.
- GODFREY, I.M.; SMITH N. King. Mould and Insect Attack in Collections. *Conservation and Care of Collections*. Western Australian Museum, 2017 Disponível em: < <https://manual.museum.wa.gov.au/book/export/html/58>> acesso em 15.nov.2022.
- GUILD, Sherry et al. Mould Prevention and Collection Recovery: Guidelines for Heritage Collections – *Technical Bulletin* 26. Gouvernement du Canada, Institut canadien de conservation, 2020. Disponível em < <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/technical-bulletins/mould-prevention-collection-recovery.html> > acesso em 02.set.2022.
- GUILLITTE, O. Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies. *Science of The Total Environment*, Volume 167, Issues 1–3, 1995, Pages 215-220. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004896979504582L>> acesso em 01.nov.2022.
- IDENTIFICACIÓN DE FIBRAS TÊXTILES MEDIANTE ANÁLISIS PIROGNÓSTICO, Programa Arce. Laboratorio de Moda. Gobierno de España. Disponível em < [http://www.fashionlaboratory.org/images/practicas/p1\\_gc\\_es\\_Identificacion\\_de\\_fibras\\_têxtils\\_mediante\\_analisis\\_pirognostico.pdf](http://www.fashionlaboratory.org/images/practicas/p1_gc_es_Identificacion_de_fibras_têxtils_mediante_analisis_pirognostico.pdf) > acesso em 10.out.2022.
- INOUYE, Shigeharu et al. Comparative study of antimicrobial and cytotoxic effects of selected essential oils by gaseous and solution contacts. *International Journal of Aromatherapy*, V13, Issue 1, 2003. p 33-41. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0962456203000572>> acesso em 02.set.2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MUSEUS. *Programa para a gestão de riscos ao patrimônio Musealizado brasileiro*. 2013. Disponível em < [https://www.museus.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/programa\\_PGRPMB\\_web.pdf](https://www.museus.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/programa_PGRPMB_web.pdf)> acesso em 21.out.2022.
- KARPIŃSKI TM. Essential Oils of Lamiaceae Family Plants as Antifungals. *Biomolecules*. 2020; 10(1):103. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/biom10010103> > acesso em 08.out.2022.

- LANDI, Sheila. *Textile Conservator's Manual* - 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992.
- MAEKAWA, Shin. Investigations of Climate Control Alternatives for Cultural Institutions in Hot and Humid Climates. Getty Conservation Institute. Tenerife, Spain: 2007. Disponível em: < [https://www.getty.edu/conservation/our\\_projects/science/climate/paper\\_maekawa.pdf](https://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/paper_maekawa.pdf) > acesso em 22.out.2022.
- MICHALSKI, Stefan. Agent of Deterioration: Incorrect Relative Humidity. Ottawa, ON: Canadian Conservation Institute, 2021. Disponível em: < <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/humidity.html> > acesso em 15.nov.2022.
- NEIRA, L. G. Identificação e documentação de documentos têxteis em arquivos. *Acervo*, [S.I.], v. 27, n. 1, 2014. p. 375–384 Disponível em: <http://revista.arquivonacional.gov.br/index.php/revistaacervo/article/view/481> > acesso em: 01.out.2022.
- NOSHYUTTA, W.; OSMAN, Eman; MANSOUR, M. An investigation of the biological fungicidal activity of some essential oils used as preservatives for a 19th century egyptian coptic cellulosic manuscript. *International journal of conservation science* 7, Issue 1, 2016 - p. 41-56. Disponível em <[https://ijcs.ro/public/IJCS-16-04\\_Noshy.pdf](https://ijcs.ro/public/IJCS-16-04_Noshy.pdf)> acesso em 29.out.2022.
- PALLA F et al. Essential Oils as Natural Biocides in Conservation of Cultural Heritage. *Molecules* - 25, 2020. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7037394/> > acesso em 27.set.2022.
- PAULA, Teresa Cristina Toledo. A excepcional terra do pau-brasil: um país “sem tecidos”. In *Tecidos e sua conservação no Brasil: museus e coleções*. São Paulo: Museu Paulista da USP, 2006. p. 77- 84.
- RAKOTONIRAINY, M.S.; LAVÉDRINE, B. Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives storage areas. *International Biodeterioration & Biodegradation*, Volume 55, Issue 2, 2005, p.141-147. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830504001313> > acesso em 01.out.2022.
- ROJAS, María Socorro Mantilla de los Ríos; GARCIA, Monica Moreno. La conservación de los tejidos. *Arbor*, 169, 2001- p. 677–690. Disponível em: < <https://doi.org/10.3989/arbor.2001.i667-668.905> > Acesso em 04.set.2022.

- ROMERO, Stella M *et al.* Is the fungus Aspergillus a threat to cultural heritage? *Journal of Cultural Heritage* 51, 2021- p.107–124. Disponível em <[www.elsevier.com/locate/culher](http://www.elsevier.com/locate/culher)> Acesso em 24.set.2022.
- SANMARTÍN, P. *et al* Revisiting and reanalysing the concept of bioreceptivity 25 years on. *Science of The Total Environment*, Volume 770, 2021. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721003818>> acesso em 24.set.2022.
- SANTOS, Elisandro Ricardo D. *Material Complementar ao livro Sistemática Vegetal I: Fungos*. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2015.
- SCHWEND, Maeva; CAMPOS, Francisca. Recomendaciones para el manejo de colecciones textiles en depósito y protocolos de desinsectación. Museo Andino, Fondo de Mejoramiento Integral de Museos, FMIM, 2021. Disponível em <[https://www.museoandino.cl/\\_files/ugd/ba9d40\\_ce81101c333746baa2ccc13a38b757b9.pdf](https://www.museoandino.cl/_files/ugd/ba9d40_ce81101c333746baa2ccc13a38b757b9.pdf)> acesso em 15.nov.2022.
- SENAI. *Fibras Têxteis. Manual Técnico Têxtil e Vestuário nº1*. Senai Mix Design Escola SENAI Francisco Matarazzo, 2015.
- SEQUEIRA, S; CABRITA, E.J.; MACEDO M.F. Antifungals on paper conservation: An overview. *International Biodeterioration & Biodegradation*, Volume 74, 2012, p. 67-86. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830512001904>> acesso em 01.set.2022.
- SILVEIRA, Luciana. Reflexões sobre a prática de conservação/ restauração de têxteis no Brasil. In *Tecidos e sua conservação no Brasil: museus e coleções*. São Paulo: Museu Paulista da USP, 2006. p. 65- 66.
- TIANO, Piero. “Biodegradation of Cultural Heritage: Decay Mechanisms and Control Methods.” Proceedings of ARIADNE Workshop, 2002. Disponível em: <[https://www.academia.edu/599911/Biodegradation\\_of\\_cultural\\_heritage\\_decay\\_mechanisms\\_and\\_control\\_methods](https://www.academia.edu/599911/Biodegradation_of_cultural_heritage_decay_mechanisms_and_control_methods)> acesso em 10.set.2022.
- VALENTIN, Nieves. Diseño y propuestas para el control y erradicación del biodeterioro. Microorganismos e insectos. *Jornadas Monográficas Prevención Del Biodeterioro En Archivos Y Bibliotecas. Instituto del Patrimonio Histórico Español*, 2004 p. 84-89. Disponível em <[https://www.academia.edu/1077310/PREVENC%C3%93N\\_DEL\\_BIODETERIORO\\_EN\\_ARCHIVOS\\_Y\\_BIBLIOTECAS](https://www.academia.edu/1077310/PREVENC%C3%93N_DEL_BIODETERIORO_EN_ARCHIVOS_Y_BIBLIOTECAS)> acesso em 28.out.2022.

- \_\_\_\_\_. Biodeterioro de los materiales de archivos y museos. conservación y prevencion. Instituto Cultural de España. [ca 2005]. Disponível em <<http://www.aecidcf.org.co/documentos/MI%2018.283%20Valentin,%20Nieves.%20Biodeterioro.pdf>> acesso em 28.out.2022.
  - \_\_\_\_\_. El material têxtil: susceptibilidad al biodeterioro. Monografia editada por el Centre de Documentació i Museu Têxtil, Terrasa, Barcelona, 2009.
- 
- \_\_\_\_\_. Microorganisms in museum collections. *Coalition* No. 19, January, 2010. p. 2-5. Disponível em: <[http://www.rtphc.csic.es/PDF/NL\\_19.pdf](http://www.rtphc.csic.es/PDF/NL_19.pdf)> acessado em 03.set.2022.
  - \_\_\_\_\_. Biosensores como sistemas de alarma para detectar riesgos de biodeterioro en restos momificados. Estudios preliminares. Boletín del Museo Arqueológico Nacional. Volumen: 33, 2015. p. 344 – 354. Disponível em <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5339758>> acesso em 28.out.2022.

## APÊNDICE A

### PROPOSTA DE AÇÃO PARA MITIGAÇÃO

### DE BIODETERIORAÇÃO FÚNGICA EM COLEÇÃO TÊXTIL

#### I . INTRODUÇÃO

O presente documento é resultado da pesquisa e revisão bibliográfica realizada como trabalho de conclusão da graduação em Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis da Universidade Federal de Minas Gerais, realizado no segundo semestre de 2022.

Tem por objetivo apresentar uma série de medidas práticas de conservação preventiva e conservação curativa a serem adotadas para a mitigação e resposta à deterioração fúngica de coleção têxtil.

Adotamos aqui a terminologia proposta pelo ICOM-CC em 2008<sup>2</sup> e seguimos as etapas ou estágios para tratamento e controle dos riscos sugerido no Programa para a Gestão de Riscos ao Patrimônio Musealizado Brasileiro (2013, p. 29-30)

#### IDENTIFICAR

# Conhecer os agentes de risco e o grau de vulnerabilidade do acervo e da instituição.

#### DETECTAR

# Reconhecer a presença dos agentes de risco e sua ação sobre o acervo.

#### BLOQUEAR

# Impedir o surgimento ou a propagação de risco, criando barreiras físicas ou mecânicas dos agentes.

#### RESPONDER

# Atuar imediatamente sobre os agentes de risco já detectados: ações emergenciais.

A quinta ação do Programa, RECUPERAR, extrapola os objetivos desta Proposta e não será tratada neste documento.

---

<sup>2</sup> Conservação preventiva – Todas aquelas medidas e ações que tenham como objetivo evitar ou minimizar futuras deteriorações ou perdas. Elas são realizadas no contexto ou na área circundante ao bem cultural, ou mais frequentemente em um grupo de bens, seja qual for sua época ou condições. Essas medidas e ações são indiretas - não interferem nos materiais e nas estruturas dos bens. Não modificam sua aparência.

Conservação curativa – Todas aquelas ações aplicadas de maneira direta sobre um bem ou grupo de bens culturais, que tenham como objetivo deter os processos danosos presentes ou reforçar a sua estrutura. Estas ações somente se realizam quando os bens se encontram em um estado de fragilidade adiantada ou estão se deteriorando a um ritmo elevado, de tal forma que poderiam perder-se em um tempo relativamente curto. Estas ações às vezes modificam o aspecto dos bens. (ABRACOR, 2010)

## II. CONSERVAÇÃO PREVENTIVA

Para Catarina Alarcão (2004) “ os objetivos da conservação preventiva consistem na erradicação ou diminuição das causas de deterioração e na descoberta precoce das ameaças, com a finalidade de evitar o recurso a uma intervenção curativa”. Para que isto seja possível, o primeiro passo é o conhecimento acerca dos materiais componentes do acervo e o grau de vulnerabilidade apresentado.

### **IDENTIFICAR**

# Conhecer o grau de vulnerabilidade do acervo

- Mantenha sempre identificados os objetos da coleção, obtendo maior número possível de informações a respeito de sua origem, procedência, usos anteriores e principalmente sobre os materiais constitutivos do objeto.
- As fichas de identificação, com histórico dos objetos são ferramentas importantes para o planejamento de possíveis intervenções que se fizerem necessárias.
- Segundo o CCI, a identificação da fibra é um passo importante na previsão do comportamento de um artefato têxtil em vários ambientes, sendo útil para orientar tratamentos de conservação e para o armazenamento destes objetos. Em sua Nota 13/18 apresenta duas maneiras práticas de identificação que reproduzimos:

#### **IDENTIFICAÇÃO DE FIBRAS**

##### *Amostragem*

- As fibras podem ser identificadas a partir de amostras muito pequenas que devem ser cortadas de uma extremidade de fio exposta, em uma área imperceptível, documentando-se o local da amostra nos registros escritos, acompanhados de uma fotografia.
- Devem ser coletadas amostras de todos os diferentes fios que compõem um tecido ou traje, incluindo linhas de costura.

##### **Identificação por incineração**

- Teste complementar a outras técnicas, usado para distinguir a fibra vegetal (celulose) da fibra animal (proteína).
- Deve ser realizado em uma área segura e onde não ative accidentalmente os detectores de fumaça.

*Materiais:* Tesoura fina, pinças de aço inoxidável, vela ou outra fonte de chama sem cheiro.

**Procedimento:**

Segurando a amostra de fibras ou pequenos fios com a ponta da pinça, deverão ser feitas observações visuais à medida que a amostra é trazida para perto da chama, na chama e fora da chama. Observe o odor à medida que as fibras queimam e as características da cinza.

Compare os resultados com os da Tabela:

<b>Características de queima das fibras celulósicas e proteicas em bom estado</b>					
<b>Tipo de fibra</b>	<b>Perto da chama</b>	<b>Em chamas</b>	<b>Fora da chama</b>	<b>Odor</b>	<b>Cinza</b>
<b>Celulose</b> Ex: algodão, linho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não derrete nem encolhe perto da chama</li> <li>• Acende-se imediatamente em contato com a chama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Queima facilmente, sem derreter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continua a queimar</li> <li>• Tem um 'fulgor' quando retirada da chama até que a fibra se esgote.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cheiro semelhante a papel queimado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fofa</li> <li>• Pequena</li> <li>• Cor branca a cinza</li> </ul>
<b>Proteína</b> Ex: seda, lã	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derrete e encolhe próximo à chama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Queima lentamente com alguma fusão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continua a queimar lentamente e se auto extingue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cheiro semelhante a cabelo queimado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito pequena, escura, se desfaz facilmente</li> </ul>
<b>Artificiais - Rayon:</b> Viscose, Liocel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não se funde nem encolhe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Queima rápido sem derreter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continua queimando sem fusão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel queimado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cor cinza, muito leve bordas lisas</li> </ul>
<b>Sintéticas</b>	Poliamida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derrete e encolhe perto da chama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Queima lentamente, fundindo-se</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quase sempre se apaga sozinha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salsão cozido</li> </ul>
	Poliester				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doce, aromático</li> </ul>
	Acrílica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derrete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Queima derretendo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continua queimando e derretendo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gomosa, negra</li> </ul>

**Identificação microscópica de fibras**

Usada para confirmar os resultados dos testes de incineração, ajuda a distinguir as fibras de celulose das fibras de proteína.

**Materiais:**

- Microscópio com ampliação mínima de 100X, lâminas para microscópio, pinça, conta-gotas, água ou óleo para usar como meio de montagem para as lâminas.
- Lâminas ou imagens de referência das fibras mais comuns, para comparação das características longitudinais. (Apresentamos uma amostragem no Apêndice A)

**Procedimento:**

As fibras da amostra devem ser separadas uma das outras, para que não fiquem sobrepostas ou torcidas. Coloque-as no centro de uma lâmina de vidro limpa, e aplique sobre elas uma gota do meio de montagem (a água permite que as características da superfície sejam vistas mais facilmente; o óleo mineral mostra melhor o interior das fibras). Cubra com outra lâmina

de vidro e observe com o microscópio, toda a extensão das fibras. Observe as características de superfície que distinguem as fibras, comparando-as com imagens já coletadas. (No Anexo B apresentamos um pequeno banco de imagens que permitirão as comparações).

Características longitudinais das fibras em bom estado	
	<b>Algodão</b> = parece uma fita com torções (convoluçãoes) em intervalos ao longo do comprimento da fibra, canal central interior ou lúmen pode parecer uma estriado (um sulco diminuto percorrendo o comprimento da fibra), o lúmen é grande, normalmente mais da metade da largura total da fibra
	<b>Algodão Mercerizado</b> = as fibras mercerizadas apresentam menos convoluçãoes, o lúmen pode parecer uma estria
	<b>Linho</b> = fibras simples ou com nós nas extremidades em intervalos ao longo do comprimento da fibra na forma de I, V ou X, semelhante à aparência do bambu, largura irregular, lúmen central interior bastante pequeno, tipicamente menos da metade da largura total da fibra, muitas vezes visto como um feixe de fibras empacotado na direção longitudinal, em vez de fibras individuais.
	<b>Seda Cultivada</b> = parece um bastonete cilíndrico, liso com protuberâncias periódicas, podendo às vezes apresentar estrias tênues.
	<b>Seda Selvagem</b> = haste achatada, como uma fita, com irregularidades no diâmetro da fibra, pode ter estrias mais pronunciadas que a seda cultivada, pode ter marcas cruzadas perpendiculares, semelhantes ao linho.
	<b>Lã Fina</b> = superfície externa e bordas rugosas, devido à sobreposição de escamas superficiais, ausência de medula (linha sólida central escura ou fileira de pontos interrompidos, dependendo do animal).
	<b>Lã Grossa</b> = superfície externa e bordas rugosas, devido a escamas superficiais espaçadas, em ziguezague ou bordas irregulares, medula visível.
Imagens microscópicas de fibras. Fonte:SENAI	

- Propriedades químicas determinam de que modo uma fibra se comporta em contato com uma determinada solução. Ex: seda: resistência a ácidos diluídos; algodão: resistência a bases diluídas.
- Fibras naturais e fibras regeneradas são polares e, por isto, hidrofílicas, atraídas por água, e podem dissolver-se nela. Fibras sintéticas são apolares, hidrofóbicas, não são atraídos pela água, podendo inclusive repelir a água.
- A dimensionalidade do artefato, as técnicas envolvidas em sua confecção, a constituição química dos materiais que o compõem e, principalmente, seu estado de conservação serão fatores que definirão a vulnerabilidade deste objeto. Precisam ser identificados e registrados nas fichas de controle.

## # Conhecer os agentes e as situações de risco

- Segundo Romero (2021), a capacidade dos têxteis de absorver e reter a umidade do ambiente envolvente nos museus, aliada aos seus componentes orgânicos torna-os altamente suscetíveis à deterioração biológica por ataque fúngico.
- Segundo Paul Garside (2010), o risco potencial de ataque microbíologico pode ser agravado se sua superfície do objeto contiver nutrientes adicionais como aditivos, sujeira, suor.
- Os fungos estão sempre presentes no ar. Os riscos de multiplicação e atividade são determinados pelo teor de umidade dos materiais, a umidade relativa, a temperatura ambiente e renovação do ar em uma reserva, sala ou depósito. E, de acordo com Valentin (2005), um fenômeno isolado não implica necessariamente em risco de contaminação. Para que a biodeterioração seja ativada, devem ser conjugados diferentes fatores que atuam em conjunto.
- Muitas podem ser as fontes de aumento da umidade: água derramada; ralos, pias, canos, dutos de drenagem com problemas; condensação em torno de bebedouros, fontes, desumidificadores, bandejas de ar condicionado, móveis encostados em paredes externas, capas impermeáveis sobre objetos que tocam o chão;
- Poeira e sujeira são higroscópicas (absorvem água) e são uma fonte de nutrientes para organismos fúngicos.
- Objetos que mostram traços visíveis de contato com a água podem abrigar mofo. Se esses fungos forem expostos à água e os fatores críticos para o seu crescimento estiverem presentes, é provável que eles se tornem ativos novamente. (Guild et al., 2020)
- Todos os fungos são heterotróficos, eles dependem de matéria orgânica, viva ou morta, como fonte de energia.
- Segundo Brokerhof (2007), os gêneros de fungos mais comuns encontrados em coleções têxteis são: *Alternaria sp.* (micélio verde-oliva a preto/cinza), *Aspergillus sp.* (micélio espesso branco/amarelo a verde/preto), *Cladosporum sp.* (micélio aveludado verde-oliva/marrom), *Fusarium sp.* (micélio tipo velo branco/amarelo/rosa a marrom-avermelhado) e *Penicillium sp.* (micélio espesso cinza/verde)

## DETECTAR

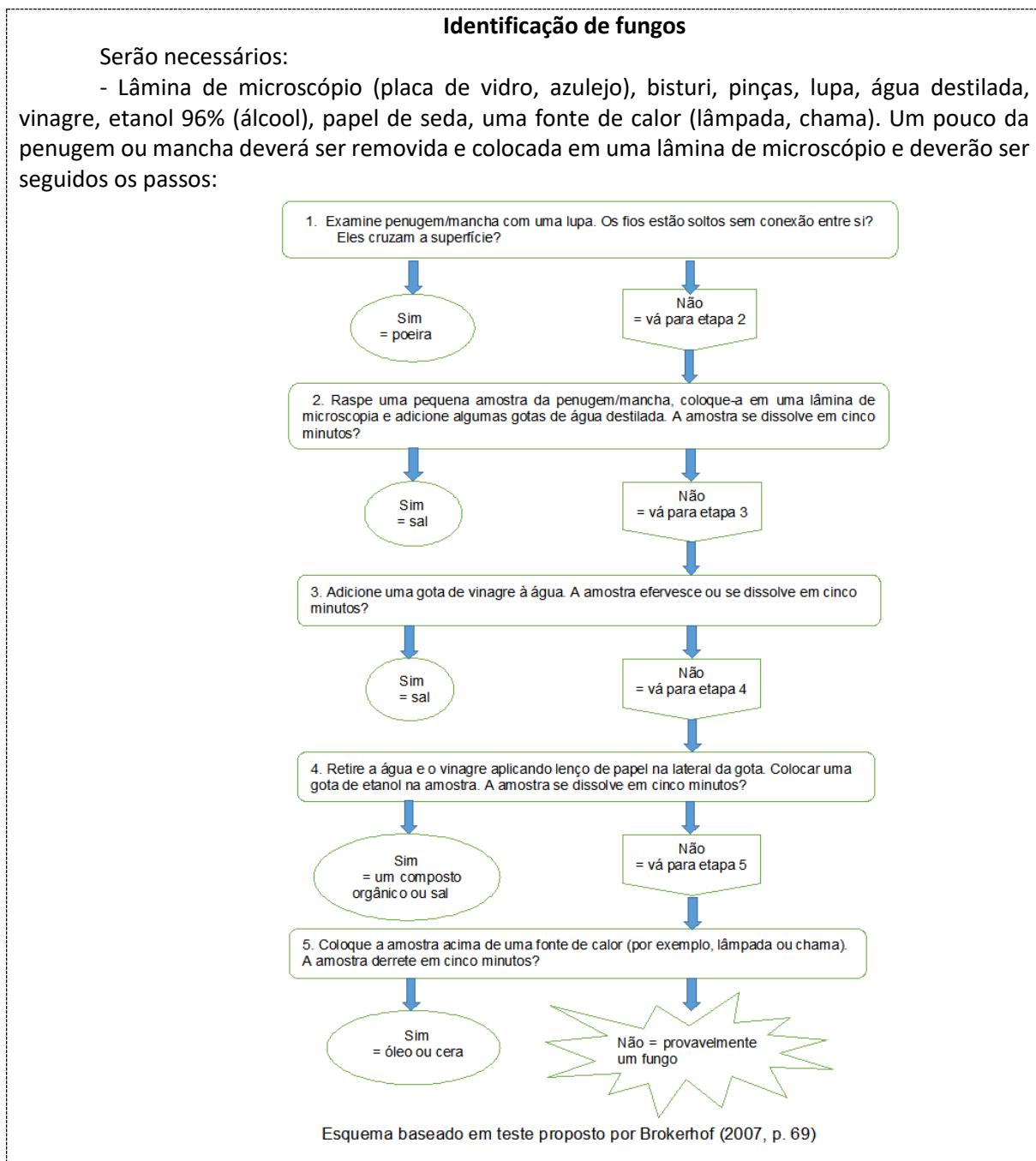
# Reconhecer a presença dos agentes de risco e sua ação sobre o acervo.

- Monitoramento e inspeções regulares e constantes são necessárias para que o ataque fúngico possa ser prevenido ou, se detectado, possa haver uma resposta rápida.
- Monitore condições ambientais, espaços físicos e objetos.
  - Fungos podem representar danos à saúde. Algumas espécies podem provocar alergias, irritações da pele e do sistema respiratório e doenças. Equipamentos de proteção pessoal (luvas, jaleco, máscaras PFF2) deverão ser utilizados na manipulação dos objetos.
- Estabeleça prioridades, para se concentrar nas tarefas de forma sistemática: monitore todas as áreas, mas concentre-se em áreas e materiais mais suscetíveis.

A cada 3 meses	Verifique objetos vulneráveis, como espécimes biológicos e objetos etnográficos.
A cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeção de estruturas/áreas que abrigam coleções</li> <li>- Verificação pontual de objetos em armazenamento e em exposição.</li> </ul>

(NPS Museum Handbook, part 1)

- Verifique os armários com cuidado: levante e examine objetos de perto.
- Inspecione os objetos com boa iluminação e lentes de aumento, preferencialmente sobre uma superfície plana forrada.
- O fungo geralmente aparece como um crescimento aveludado branco ou colorido e às vezes é acompanhado por um odor de mofo. Pontos isolados e desfigurantes são sinais dos estágios iniciais do crescimento do mofo. Secos, eles assumem a aparência de uma mancha ou de sujidade.
- As hifas do mofo da superfície geralmente parecem irradiar de um ponto central onde o esporo germinou, enquanto os depósitos de poeira serão distribuídos aleatoriamente.
- Sujeira pulverulenta, poeira e depósitos fibrosos às vezes podem ser confundidos com mofo.
- Para auxiliar na verificação do material encontrado, Brokerhof (2007) sugere que seja realizado o teste de acordo com o esquema a seguir.



- O ataque fúngico podem causar danos:
  - Revestimento da superfície, provocando mudanças na aparência, textura e drapejamento;
  - Excreção de pigmentos, provocando manchas;
  - Ataque enzimático provocando quebra dos polímeros ou aditivos e produzindo metabólitos, principalmente ácidos;
  - Ruptura do material provocado por penetração física;
  - Acúmulo de água.

## BLOQUEAR

# Impedir o surgimento ou a propagação de risco.

- ✓ A melhor maneira de impedir o surgimento de fungos ativos é eliminar ou reduzir as condições ambientais ideais para o seu desenvolvimento.
- Controle de umidade:
  - ❖ A umidade é o aspecto mais importante a ser observado. Manter a Umidade Relativa (UR) em valor abaixo de 60% é a maneira mais eficaz de evitar o crescimento de fungos, mantendo uma pequena margem de segurança.
  - ❖ Monitore e providencie a imediata reparação de vazamentos e escoamento de água para a estrutura do prédio.
  - ❖ Isole tubulação de água fria para evitar formação de condensação.
  - ❖ Monitore unidades de ar condicionado, umidificadores e desumidificadores.
  - ❖ Isole as superfícies frias e quentes para evitar transferências de calor, e paredes externas para que não haja condensação ao atingirem o ponto de orvalho.
  - ❖ Caixas de papelão podem absorver umidade perto de uma parede externa fria.
  - ❖ O armazenamento dos objetos em embalagens fechadas pode evitar danos por condensação.
- Controle de temperatura
  - ❖ Fungos podem se desenvolver em amplas faixas de temperatura, mas alguns autores recomendam que ela seja mantida entre 18 a 20°C (CALOL,2013, p.86).
  - ❖ O uso de ar condicionado requer a limitação do teor de umidade do ar para que a UR não exceda 60%.
  - ❖ Falhas nos sistemas de refrigeração podem promover umidade interna muito alta. Mantenha monitoramento e manutenção constantes.
- Controle do fluxo de ar/ ventilação
  - ❖ Uma boa circulação de ar evita problemas de condensação.
  - ❖ Sistemas de ventilação mecânica podem controlar as condições ambientais, evitando oscilações significativas nos parâmetros de temperatura e UR.

- ❖ O uso de uma taxa de ventilação baixa na faixa de 0,48–1,2 ACH<sup>3</sup> foi eficaz na diminuição da contaminação ambiental (Maekawa, 2007).
- ❖ Sistemas de ventilação forçada exigem filtros para eliminação de ar externo, e o fluxo de ar não deve incidir diretamente sobre os objetos.
- ❖ Mantenha espaços de 20 cm entre objetos, e de 35 cm a 45 cm entre eles e as paredes externas para facilitar a limpeza, permitir a circulação do ar e permitir o acesso à parede em caso de infiltração de água.
  
- Redução das fontes de nutrientes
  - ❖ Manter limpos os objetos do acervo; objetos, móveis e instalações do museu, eliminando poeiras, possíveis resíduos de insetos ou outras contaminações.
  - ❖ Nas áreas de trabalho ou de guarda das coleções não deve haver plantas.
  - ❖ Comer apenas em áreas designadas para alimentação.
  - ❖ Coletar diariamente o lixo nas áreas de alimentação.
  
- Redução da entrada de microrganismos
  - ❖ A entrada de objetos – recém adquiridos, devolvidos de empréstimos, em retorno de exposições - deve ser inspecionada cuidadosamente. Os objetos devem ser submetidos a limpeza, respeitando seu estado de conservação.
  - ❖ Objetos suspeitos devem ser mantidos em quarentena por duas a seis semanas.
  - ❖ Instalar e monitorar o funcionamento de filtros em sistemas de ar condicionado e ventilação
  - ❖ Manter fechadas janelas e portas e reparar rachaduras na área de reserva.
  - ❖ Bolsas, casacos, materiais de embalagem devem ser guardados fora das áreas de reserva.
  
- Monitoramento com uso de biossensores
 

De maneira semelhante ao uso de iscas para detecção de infestações de insetos, a bióloga Nieves Valentin sugere o uso de biossensores para detecção da presença de fungos antes que se desenvolvam sobre os objetos têxteis.

---

<sup>3</sup> ACH- Trocas de ar por hora: Taxa do fluxo de ar ventilado ( $m^3/h$ ) dividido pelo volume da sala. Indica o número de vezes que o volume de ar de um ambiente é completamente substituído por ar externo no período de 1 hora

### Preparo de Biossensores

- O que é: sistema de alarme para detectar riscos de contaminação fúngica
- Materiais:
  - Suporte = material higroscópico de natureza celulósica ou proteica (tecido, pele, papel)
  - Meios de cultura = ágar sabouraud; ágar czapeck e rosa bengala;
  - Marcador = Tiazolil Blue Tetrazolium Bromide (MTT),

- Procedimento:

Pincelar o suporte com um meio de cultura adequado para o desenvolvimento de contaminantes comuns e adicionar o marcador neste meio. Esterilizar e desidratar o sistema. Instalar os sensores no interior de vitrines, armários, caixas, junto aos objetos a serem protegidos, onde poderão ser acompanhados de equipamentos para registrar a temperatura e a umidade.

A formação de micro condensação dentro de uma vitrine causará a hidratação do meio de cultura do biossensor e, caso haja microrganismos neste espaço, eles se desenvolverão neste meio antes de atacarem o material histórico exposto. O uso do marcador torna mais visível a mudança de cor do desenvolvimento dos fungos.

Os biossensores têm uma eficácia média de três meses, devido à desnaturação do meio de cultura utilizado e às condições a que é exposto. Após esse tempo, devem ser retirados do gabinete e substituídos por novos e estéreis.

Esquema baseado no estudo apresentado por VALENTIN, 2015

### III. CONSERVAÇÃO CURATIVA

Ações para deter os processos danosos.

- ✓ Use equipamentos de proteção individual ao manusear objetos contaminados por mofo: luvas nitrílicas, máscaras PFF2 ou respirador com filtro P2, roupas de proteção descartáveis ou laváveis.

### RESPONDER

# Atuar imediatamente sobre os agentes de risco já detectados:

- Havendo suspeita de contaminação fúngica, isole imediatamente o objeto por, no mínimo, um mês, inspecionando-o continuamente durante este período. É preciso ter em mente que, havendo, de fato a possibilidade da contaminação, o período de um mês será tempo suficiente para uma colonização massiva. O isolamento, portanto, exige monitoramento assíduo, se possível, diário.
- Deve-se estar ciente, também, que esporos são resistentes. Ao retornar a peça à reserva o monitoramento deve ser mantido como prática rotineira.
- Aos primeiros sinais de mofo, isole os objetos contaminados.
  - ❖ Se forem poucos objetos, isole-os individualmente: coloque-os em sacos herméticos ou em caixas, priorizando sempre materiais com qualidade de restauração. Embrulhe em folhas plásticas inertes, os objetos de grandes dimensões. (Este é um procedimento provisório)
  - ❖ Se um objeto estiver úmido, isole-o em uma caixa de papelão com tampa em vez de um saco plástico selado. Os materiais impermeáveis dificultam a secagem do objeto. Lembre-se que será necessário secá-los o mais brevemente possível.
  - ❖ Isole os objetos em uma sala bem vedada, com boa iluminação, longe da reserva técnica. Se isso não for possível, isole os objetos em um armário bem fechado também fora da reserva técnica.
  - ❖ Identifique os objetos com etiquetas de alerta:  

“Objetos contaminados por mofo; Risco biológico; Necessário uso de EPI.”
  - ❖ Se houver muitos objetos, aconselha-se o isolamento de toda a área, vedando aberturas de entrada e retorno de ar com polietileno ou plástico resistente e fita adesiva de 5 cm, evitando a transferência de esporos para outros espaços do edifício.

- ❖ Mova os objetos o mínimo possível, sempre cobertos, para evitar que se espalhem esporos.
- Objetos molhados ou úmidos deverão ser secos dentro de 48 horas. A permanência da umidade coloca o objeto em risco de contaminação massiva. (CCI - Boletim Técnico 26)
- Se os objetos estiverem secos, eles podem ser deixados em seu recipiente ou filme plástico até que o mofo visível seja removido.
- Adote medidas imediatas para identificação e correção do agente causador:
  - ❖ Se a UR estiver acima de 60%, forneça boa circulação de ar seco para reduzi-la e secar a área.
  - ❖ Localize possíveis fontes de umidade e elimine-as. Dentro de 48 horas, limpe os danos causados pela água ou vazamentos.
  - ❖ Se necessário, contrate uma empresa especializada em secagem com dessecador para utensílios e móveis, como tapetes, carpetes e cortinas.
  - ❖ Manuseie e inspecione os materiais que não são acervo da mesma maneira, higienize ou isole-os, se necessário, separados da área de reserva.
  - ❖ Descarte imediatamente qualquer material de embalagem que não possa ser verificado, como papelão, por exemplo, em um recipiente de lixo externo.
  - ❖ Higienize móveis, equipamentos e o espaço onde foi constatada a contaminação, utilizando aspirador de pó com filtros HEPA<sup>4</sup>.
  - ❖ Caso haja compatibilidade, utilize álcool etílico em solução aquosa com concentração de 70%.
- Desenvolva um plano de contingência e determine quais tratamentos são necessários para remover a contaminação.
  - ❖ Avalie a extensão da colonização e os recursos necessários e disponíveis para tratá-la.
  - ❖ Verifique a possibilidade de tratamento imediato. Se não houver recursos ou tratar-se de contaminação generalizada que demandará maior tempo de tratamento, verifique a possibilidade de congelamento dos objetos. Considere

---

<sup>4</sup> HEPA – Filtros com “alta eficiência na retenção de partículas”, capazes de reter partículas de diâmetro médio de 0,3µm,

que durante o congelamento, com o enrijecimento das fibras o objeto fica mais frágil, não sendo aconselhado, portanto, para materiais extremamente sensíveis.

- A interrupção do crescimento dos fungos impedirá que eles danifiquem mais objetos. Isso pode ser feito deixando os objetos secarem ao ar ou congelando-os.

**Parâmetro para avaliação da extensão da contaminação**

Focos pequenos = 1 m<sup>2</sup> ou menos de bolor visível  
 Focos médios = 1 m<sup>2</sup> a 4 m<sup>2</sup> de bolor visível  
 Infestação em grande escala = de 4 m<sup>2</sup> a 10 m<sup>2</sup> de bolor visível  
 Infestação generalizada = mais de 10 m<sup>2</sup> de bolor visível

(CCI. Boletim Técnico 26)

- A escolha do tratamento deve se pautar também nas características individuais de cada artefato têxtil. Poderão ser necessários diferentes tipos de procedimentos.
  - ❖ Faça a análise de cada objeto procurando separá-los por categorias de acordo com possíveis tratamentos.
  - ❖ Como em todos os procedimentos de intervenção, algumas questões precisam ser respondidas:
    1. O que é? Objeto plano ou tridimensional; pequena ou grande dimensão;
    2. De que é feito? Fibras vegetais, animais, artificiais, sintéticas; presença de corantes, acabamentos, fios ou peças de metal, sobreposição de camadas.
    3. Qual a condição geral das fibras e estruturas? Resistentes, fragilizadas.
 - As respostas condicionam o tipo de equipamentos, instalações ou vasilhames necessários; o uso de produtos químicos, banhos; a utilização de procedimentos mecânicos.
  - ❖ Realize testes de solubilidade e resistência contemplando todos os diferentes tipos de componentes do artefato e os possíveis procedimentos selecionados.
    - ✓ Nenhum método de tratamento oferece garantia de 100% de eficiência. As hifas penetram na estrutura do material, esporos podem se manter protegidos e adormecidos por longos períodos e outros tantos chegam pelo ar. É importante, portanto, o monitoramento permanente para prevenir novas contaminações.

## • SECAGEM

- ❖ A secagem pode ser realizada com diminuição da UR e aumento do fluxo de ar.
- ❖ Trabalhe em uma sala isolada, que possa ser higienizada posteriormente, cuidando para que não haja dispersão de esporos para outros ambientes.
- ❖ A secagem pode ser realizada com utilização de materiais absorventes secos, tais como toalhas, mata-borrão, colocados intercalados ou envolvendo os objetos úmidos.
- ❖ A utilização de ventiladores, secadores com jato de ar frio poderá agilizar o processo.
- ❖ Dircione os equipamentos para que não soprem diretamente sobre os objetos, evitando a dispersão de esporos e promovendo secagem lenta o suficiente para não gerar deformação dos têxteis.

## • CONGELAMENTO

- ❖ O congelamento geralmente mata as hifas, mas algumas espécies simplesmente “entrarão em um estado dormente e serão capazes de reviver novamente à medida que a temperatura aumenta” (GARSIDE, 2010 p.107).
- ❖ Um pequeno número de itens pode ser colocado em freezers domésticos, que operam a uma temperatura mantida entre -18°C e -28°C.
- ❖ Se houver necessidade de mais espaço, é possível alugar câmaras frigoríficas portáteis ou caminhões refrigerados.
- ❖ Temperaturas de congelamento próximas a -20°C podem matar alguns microrganismos.
- ❖ Se utilizado somente como método de emergência, o congelamento pode ser realizado em temperaturas na faixa de -4 a 0°C.

### Procedimento de congelamento

#### Materiais necessários:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| - Congelador           | - Papel de seda livre de ácido ou tecido de algodão limpo e sem goma |
| - Filme de polietileno |  |
| - Seladora             | - Data-logger  |

#### Procedimento:

- Deve ser utilizado um congelador com dimensões compatíveis.

O têxtil poderá ser dobrado desde que as dobras sejam protegidas com folhas de seda e o volume gerado permita que o frio alcance todas as camadas.

- Os têxteis devem estar secos para serem congelados
- O congelador deverá ser ligado algumas horas antes da colocação das peças.
- Envolva os artefatos em folhas de seda ou em tecidos de algodão e coloque-os em bolsas de polietileno seladas por todos os lados.
- É necessário que o ar frio circule por todo o interior do freezer que não deverá ficar muito cheio. As peças não deverão se apoiar umas sobre as outras. Elabore um sistema de prateleiras.
- A parte superior do freezer horizontal não deve ser utilizada pois neste ponto não são alcançadas as temperaturas necessárias.
- Faça o controle da temperatura utilizando o data-logger.
- Cuidados especiais deverão ser adotados ao retirar os têxteis do congelador. Eles estarão mais frágeis e propensos a quebras.
- Após a retirada os objetos deverão ser apoiados em superfície plana e mantidos em suas bolsas seladas, em temperatura ambiente por pelo menos 24 horas para aclimatização.

(Baseado em SCHWEND e CAMPOS, 2021)

#### • REMOÇÃO MECÂNICA

- ❖ Trata-se da remoção de particulados (biomassa e poeiras) com uso de aspiradores com fluxo de ar regulável, podendo haver auxílio de uma escovação cuidadosa.
- ❖ Verifique se a estrutura do objeto pode suportar o estresse da aspiração.
- ❖ Havendo compatibilidade, a remoção mecânica deverá ser utilizada em três momentos distintos: - como preparação do objeto para outros tratamentos, como tratamento por si só, e em fase posterior a outros tratamentos para eliminação de biomassa morta que pode servir de nutrientes para futuras contaminações.
- ❖ Se uma contaminação está limitada a um único objeto e não progrediu muito, uma cuidadosa aspiração com filtros HEPA pode remover o problema.
- ❖ O aspirador de pó deverá permitir o controle de sucção. A maioria dos têxteis deve ser aspirada com sucção baixa.
- ❖ Mantenha o têxtil apoiado em uma superfície plana. Ele deverá ser aspirado em todas as suas dimensões, frente e verso, interior e exterior.
- ❖ Superfícies fragilizadas devem ser protegidas por uma tela de nylon cuja densidade impeça a sucção de fragmentos, mas não a de biomassa.

- ❖ Ao aspirar, enrole a mangueira de aspiração no braço para que não se arraste pelo tecido. Coloque a escova ou o bocal utilizado na superfície do tecido e levante-a para movê-la para a próxima localização. Não esfregue a escova de um lado para o outro.

- **USO DE BIOCIDAS TRADICIONAIS**

- ❖ Em função de sua toxicidade os biocidas devem ser aplicados apenas como último recurso, em situações críticas.
- ❖ Diferentes produtos biocidas e métodos de aplicação têm diferentes eficácia contra cada espécie, é necessária, portanto a realização de testes piloto *in situ* para calibrar os tratamentos.
- ❖ A aplicação de biocidas altamente tóxicos só deve ser realizada por técnicos habilitados tendo em vista o alto risco envolvido no processo.
- ❖ Biocidas podem solubilizar pigmentos, colas e gomas frequentemente associados aos têxteis estão a colas e gomas. Testes devem ser realizados considerando todos componentes presentes.
- ❖ Os biocidas tradicionais podem ser aplicados por aspersão, pinceladas, na forma de compressas, injeção, fumigação em câmaras e no próprio espaço, entre outros. É preciso estar atento, porém, ao fato de procedimentos como pinceladas ou injeção possam provocar a impregnação das fibras, não sendo adequadas aos artefatos têxteis ou com elementos têxteis em sua composição.
- ❖ Fumigação é a aplicação do biocida no estado de vapor ou gás em sistema hermético, sendo esta a forma mais viável para utilização em artefatos têxteis.
- ❖ O *Etanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O)* ou álcool etílico possui bons resultados para controle de contaminação fungica. Sua maior eficácia se dá em soluções aquosas com concentrações em 70%. Pode ser aplicado por pulverização, escovação, swab ou em conjunto com tratamentos aquosos, após testes de solubilidade e resistência.
- ❖ Os riscos decorrentes da manipulação destas substâncias, impõem a utilização de proteção como jalecos, luvas de borracha, óculos, máscaras, botas.

## • USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS

- ❖ Os óleos essenciais (OEs), obtidos por destilação, extração e enervaçāo das partes das plantas: raízes, caules, cascas, folhas, flores, frutos, são um conjunto de compostos voláteis.
- ❖ OEs demonstraram um forte efeito inibitório sobre os fungos, em diferentes materiais (algodão, couro, lã).
- ❖ Vários destes compostos possuem atividade fungicida e fungistática em diferentes níveis. A maior eficácia foi encontrada em timol, carvacrol, eugenol, carvona, terpineno-4-ol e 1,8-cineol.
- ❖ A análise dos componentes do composto ativo no óleo essencial pode ser feita por espectrometria de massa por cromatografia gasosa (GC-MS). Esta análise sempre será disponibilizada por fornecedores confiáveis, permitindo uma boa escolha.
- ❖ Ainda não existem estudos para avaliação dos efeitos da aplicação por contato de OEs sobre os materiais têxteis. Porém os estudos *in vitro*, concluíram a eficácia do uso por meio de difusão.
- ❖ Os OES demonstram baixa solubilidade em água. A utilização de solventes pode alterar sua atividade. Sugere-se, portanto, a utilização do produto puro.

### Aplicação de óleos essenciais

#### Materiais

- Câmara para aplicação
- Difusor “waterless” (sem uso de água) ou disco de papel filtro (mata-borrão grosso)
- Estrutura para elevação do material tratado.

- A câmara de aplicação deve promover um ambiente fechado de maneira a impedir a fuga dos vapores e a entrada de ar externo contaminado. Deve ser confeccionada com material inerte.
- Podem ser utilizadas capelas já existentes (com isolamento das saídas), caixas acrílicas ou de vidro, sacos de polietileno ou plástico de barreira.
- Para abrigar mais artefatos ou aqueles de maior dimensão, sugere-se a construção de estruturas para este fim. Elas podem ser confeccionadas sobre uma mesa limpa, com utilização de folhas de poliéster ou polietileno presas em alguma estrutura, criando o espaço necessário para colocação dos objetos. Neste caso é necessário a colocação de pesos nas bordas das folhas para que se mantenham fixas, vedando a entrada e saída de ar.

**Procedimento:**

- Coloque o artefato no interior da câmara de maneira que haja circulação de ar em seu entorno.
- No difusor ou sobre o disco de papel filtro coloque de 5 a 20 gotas do óleo essencial selecionado, de acordo com a dimensão do objeto e volume da câmara.
- Cuide para que o vapor não incida diretamente no artefato. Ao encerrar sua atividade, o difusor poderá se retirado. (A evaporação no disco será mais lenta, ele pode ser mantido no interior da câmara).
- De acordo com os testes pesquisados, sugere-se que o artefato seja mantido fechado na câmara por, no mínimo 24 horas.
- Mantenha o artefato em isolamento para monitoramento por, ao menos, 30 dias. Havendo disponibilidade de espaço, o artefato poderá ser mantido na câmara.

[Esquema baseado nas informações de ANGULO-MILHEM (20121); DIAZ- ALONSO (2021); INOUYE (2003); RAKOTONIRAINY e LAVÉDRINE (2005) ]

**TABELA RESUMO**

<b>Tipo de tratamento</b>	<b>Método</b>	<b>Condição/indicação</b>	<b>Observações</b>
<b>Tratamentos físicos</b>	<b>Desidratação ou secagem</b>	Tecidos com sinais de ataque fúngico que estejam úmidos.  Objetos têxteis bidimensionais e tridimensionais.  Tratando-se de um método, por vezes, limitado para miscelâneas (objetos compostos por tecidos e outros materiais).	Tratamento prévio executado antes de qualquer método de mitigação de ataque de fungos (dependendo do caso);  Pode ser conjugado com outros métodos e/ou tratamentos de limpeza e conservação específicos da conservação de têxteis.
	<b>Remoção mecânica</b>	Tecidos com bom estado de conservação;  Materiais não compatíveis com tratamentos aquosos ou químicos;  Objetos têxteis bidimensionais, tridimensionais.  Tratando-se de um método, por vezes, limitado para miscelâneas.	Tratamento prévio executado antes de qualquer método de mitigação de ataque de fungos;  Pode ser conjugado com outros métodos e/ou tratamentos de limpeza e conservação específicos da conservação de têxteis.

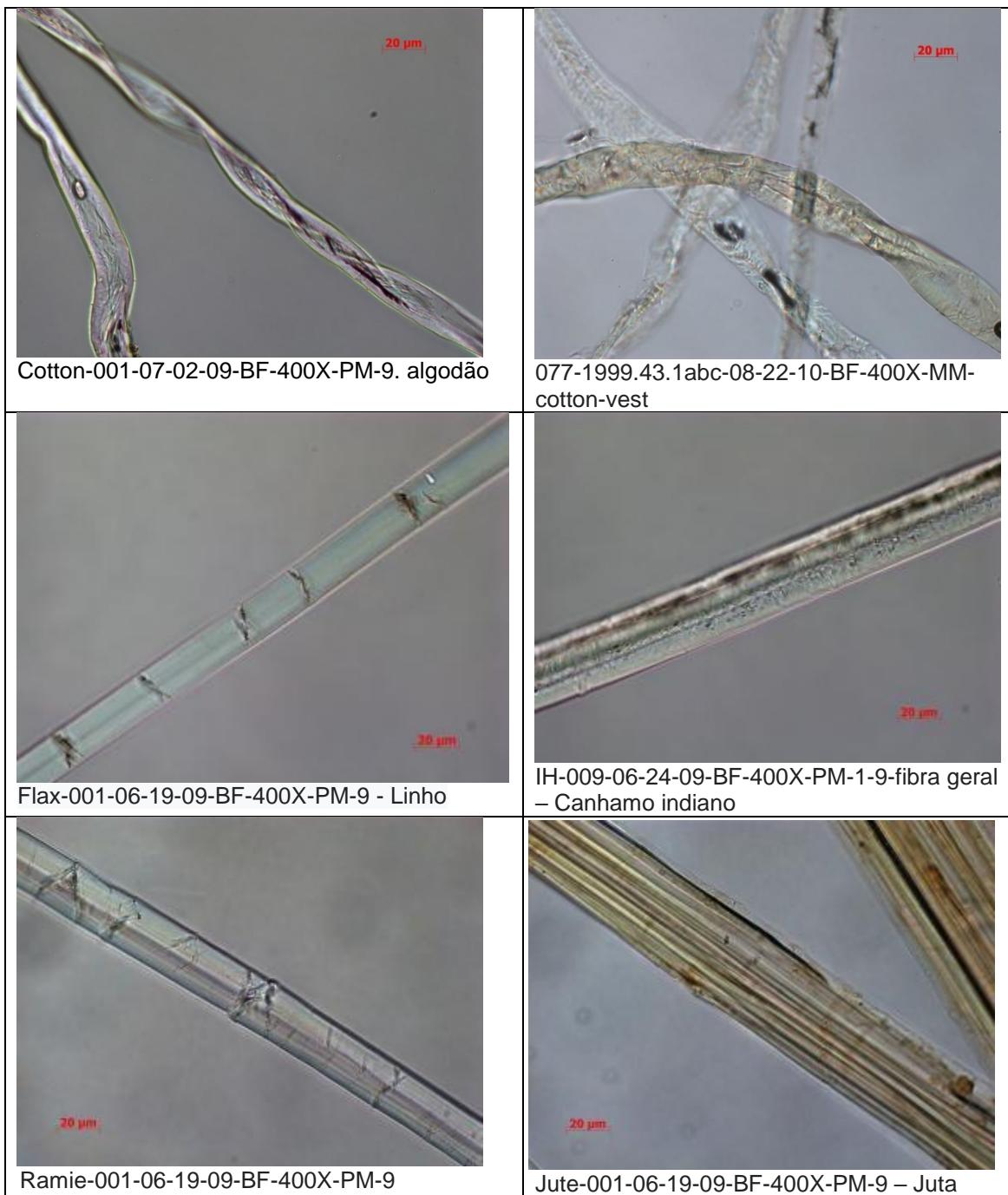
	<b>Radiação gama</b>	Não recomendado para têxteis	
	<b>Radiação ultravioleta</b>	Não recomendado para têxteis	
	<b>Congelamento</b>	Tecidos com bom estado de conservação, e que não são frágeis;  Objetos têxteis que não apresentem materiais diversos, com diferentes coeficientes de dilatação.	Pode ser adotado como método paliativo até a definição de tratamento definitivo.  Pode ser conjugado com outros métodos e/ou tratamentos de limpeza e conservação específicos da conservação de têxteis.
	<b>Atmosferas modificadas</b>	Tecidos em bom estado de conservação, assim como aqueles fragilizados;  Materiais não compatíveis com tratamentos aquosos ou químicos;  Objetos têxteis bidimensionais, tridimensionais e miscelâneas.	
<b>Tratamentos químicos</b>	<b>Biocidas tradicionais</b>	Tecidos em bom estado de conservação, assim como aqueles fragilizados;  Objetos têxteis que apresentem materiais que não sejam sensibilizados pelo biocida a ser empregado.  Objetos têxteis bidimensionais, tridimensionais. Tratando-se de um método, por vezes, limitado para miscelâneas, dependendo da técnica de aplicação.	Pode ser usado de forma pontual ou geral, dependendo do caso - a técnica de aplicação deve ser avaliada em função dos materiais e estado de conservação do objeto que se queira tratar.  Pode ser conjugado com outros métodos e/ou tratamentos de limpeza e conservação específicos da conservação de têxteis.

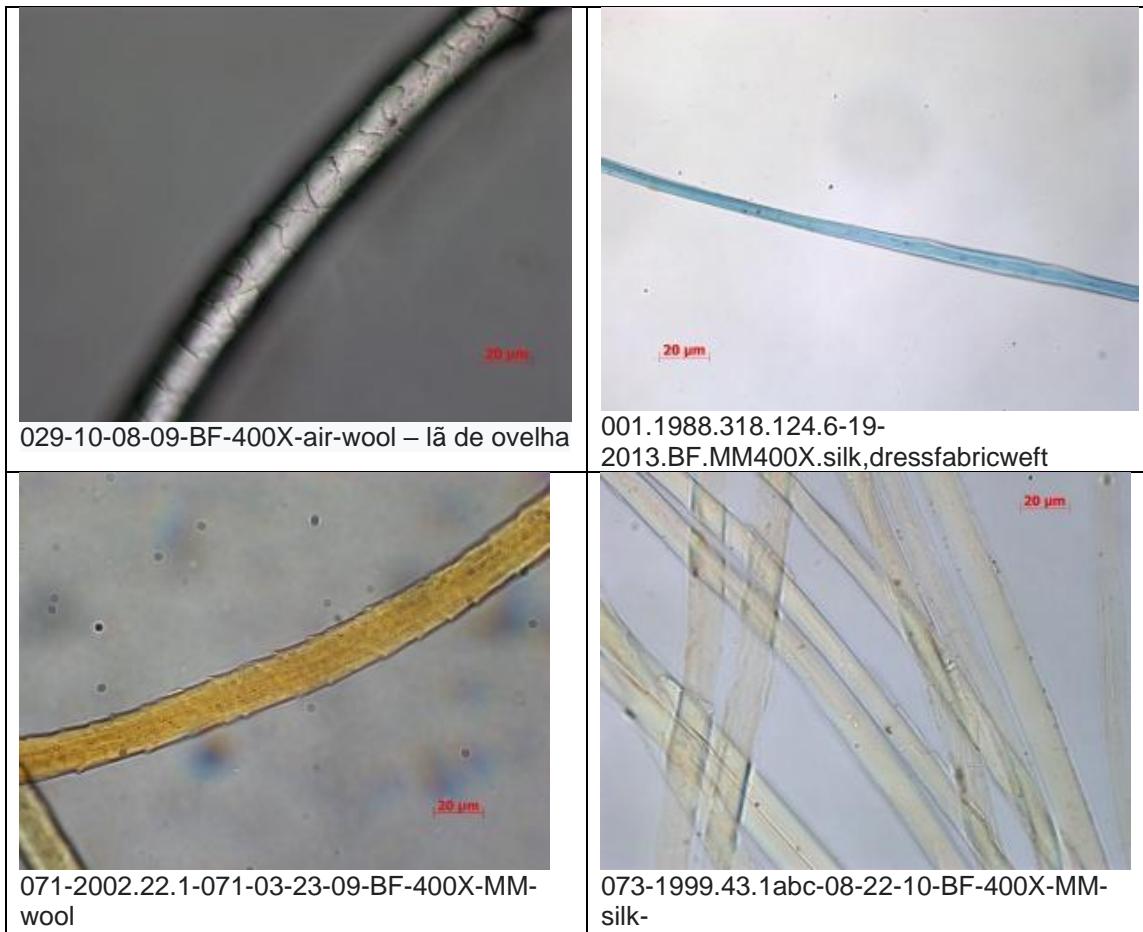
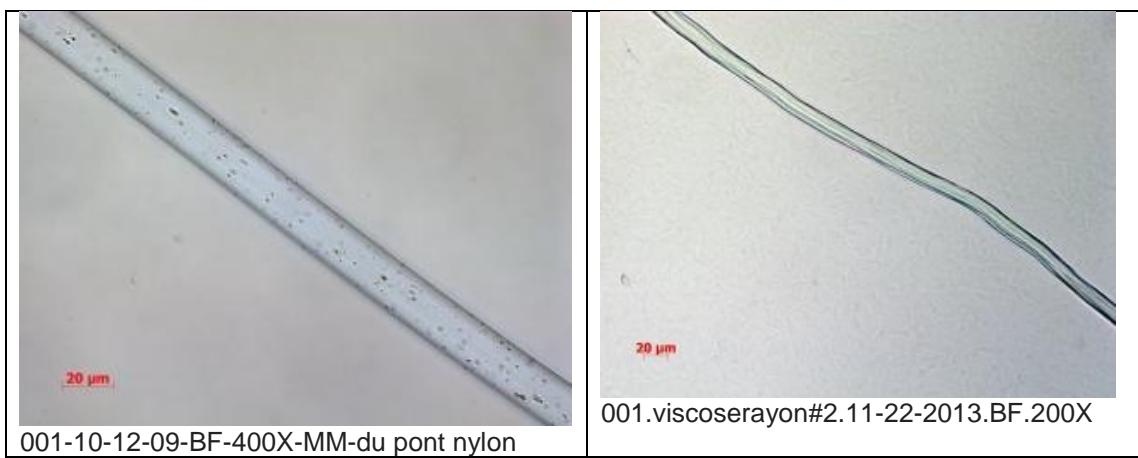
	<b>Biocidas “verdes”</b>	Tecidos em bom estado de conservação, assim como aqueles fragilizados;  Materiais não compatíveis com tratamentos aquosos ou químicos;  Objetos têxteis bidimensionais, tridimensionais e miscelâneas	Pode ser conjugado co outros métodos e/o tratamentos de limpeza conservação específicos de conservação de têxteis.
--	------------------------------	---	--

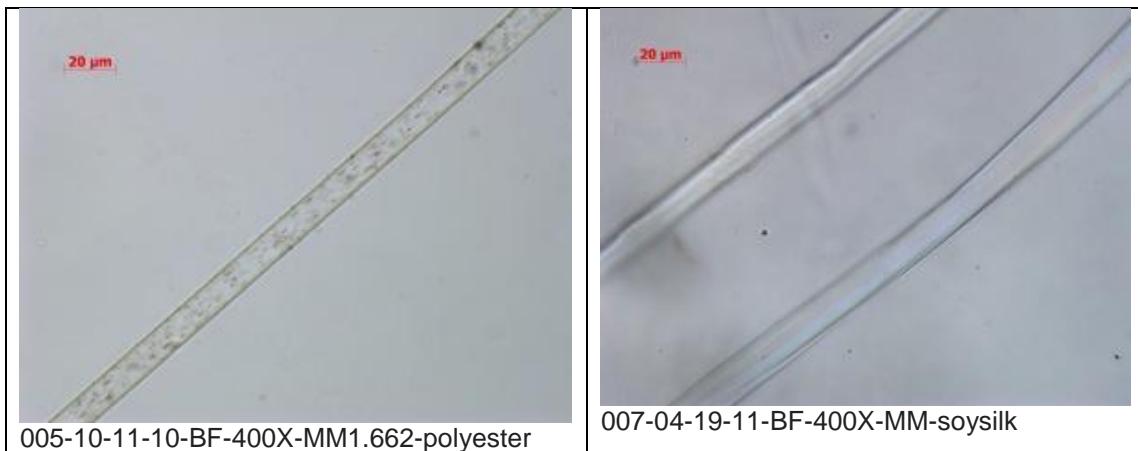
## ANEXO A – Banco de imagens de fibras

Exemplos de imagens obtidas de “Fiber Reference Image Library (FRIL)” disponível em <[https://cameo.mfa.org/wiki/Fiber\\_Reference\\_Image\\_Library](https://cameo.mfa.org/wiki/Fiber_Reference_Image_Library)>

### FIBRAS DE ORIGEM VEGETAL



**FIBRAS DE ORIGEM ANIMAL – proteicas****MANUFATURADAS**



Fonte: <https://cameo.mfa.org/>

## ANEXO B

### COMPOSIÇÃO BÁSICA DE ALGUNS ÓLEOS ESSENCIAIS

Óleos Essenciais	Principais componentes químicos /valores aproximados
<b>CRAVO BOTÃO</b> <i>Eugenia caryophyllus Flower Oil</i>	<p>Eugenol= 84%          Beta-cariofileno= 6%          Acetato Eugenila= 8%</p> <p>Fonte: <a href="https://www.ferquima.com.br/">https://www.ferquima.com.br/</a></p>
<b>LIMÃO SICILIANO</b> <i>Citrus limon Peel Oil</i>	<p>d-limomeno = 70%  <math>\gamma</math>-Terpineno = 9%  <math>\beta</math>-pineno = 11%  <math>\alpha</math>-pineno = 2 %          Mirceno = 1,5 %          Geranal = 1 %</p> <p>Fonte: <a href="https://www.ferquima.com.br/">https://www.ferquima.com.br/</a></p>
<b>OREGANO</b> <i>Origanum vulgare L.</i>	<p>Carvacrol= 72%          Timol= 2%          Gama-terpineno= 4,5%          Para-cimeno= 4%          Linalol= 4%</p> <p>Fonte: <a href="https://www.ferquima.com.br/">https://www.ferquima.com.br/</a></p>
<b>TOMILHO BRANCO</b> <i>Thymus vulgaris L.</i>	<p>Timol= 50%          p-cimeno= 30%  <math>\gamma</math>-terpineno= 6%          Linalol= 5%          Carvacrol= 5%  <math>\alpha</math>-pineno= 2%          Mirceno= 2%</p> <p>Fonte: <a href="https://www.ferquima.com.br/">https://www.ferquima.com.br/</a></p>
<b>TEA TREE</b> <i>Melaleuca alternifolia (Myrtaceae)</i>	<p>Terpineno-4-ol = 41% 1,8-cineol = 1%  <math>\gamma</math>-terpineno = 21% <math>\alpha</math>-terpineno = 9%  <math>\alpha</math>-terpineol = 4% Terpinoleno = 3%  <math>\alpha</math>-pineno = 3%          p-cimeno = 3%</p> <p>Fonte: <a href="https://www.ferquima.com.br/">https://www.ferquima.com.br/</a></p>