

# BIODETERIORAÇÃO DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: MÉTODOS DE ENSAIO E USO DE BIOCIDAS

Letícia M. Gajaca (1); Sérgio Brazolin (2)

(1) Mestrado Profissional em Habitação - IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532 - Cidade Universitária, São Paulo, SP e-mail: [leticia\\_gajaca@hotmail.com](mailto:leticia_gajaca@hotmail.com)

2) Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo - IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532 - Cidade Universitária, São Paulo, SP. E-mail: [brazolin@ipt.br](mailto:brazolin@ipt.br)

## Resumo

*Contaminação microbiológica é o crescimento ou a introdução de células microbianas indesejáveis em produtos comumente utilizados na construção civil, como tintas, vernizes, plásticos e borrachas. O efeito do crescimento de microrganismos nesses produtos pode ser observado como descoloração, liberação de gases, separação de fases, mau cheiro, diminuição da viscosidade, ou seja, alterações nas propriedades físicas e mecânicas do material. Esse processo é conhecido como biodeterioração e pode representar grandes prejuízos para o setor da construção civil. Os três tipos de microrganismos que podem colonizar estes produtos são fungos, algas e bactérias. Todos os microrganismos necessitam de água e nutrientes, sendo que as algas também precisam de luz para a realização de fotossíntese. A biodeterioração pode ocorrer em materiais líquidos e em filmes secos. Nestes casos o tratamento e recuperação de produtos deteriorados são frequentemente mais difíceis, se não impossíveis. Portanto, a utilização de biocidas como fungicidas, algicidas e bactericidas é, normalmente, a medida preventiva mais eficiente. Este trabalho apresenta uma sistemática de avaliação de problemas de biodeterioração, mostrando os métodos laboratoriais utilizados no desenvolvimento de biocidas para controle preventivo em diferentes materiais da construção civil.*

**Palavras-chave:** Biodeterioração; Alga; Bactéria; Biocida; Biodeterioração; Construção civil; Fungo.

## Abstract

*Microbiological contamination is the growth or the introduction of unwanted microbial cells in products commonly used in construction, such as paints, varnishes, plastics, and rubbers. The effect of the growth of microorganisms in these products can be observed as discoloration, gas release, phase separation, odor, reduced viscosity, hence, changes in physical and mechanical properties of the material. This process is known as biodeterioration and can pose great harm to the industry. The three types of microorganisms that can colonize these products are fungi, algae and bacteria. All organisms need water and nutrients and algae also need light to perform photosynthesis. The biodeterioration can occur in liquid materials and dry films. In these cases the treatment and rehabilitation of deteriorated products are often more difficult, if not impossible. Therefore, the use of biocides such as fungicides, bactericides and algaecides is usually the most effective preventive measure. This paper presents a systematic evaluation of biodeterioration problems, showing the laboratory methods used in the development of biocides for preventive control in different materials of construction.*

**Keywords:** Biodeterioration; Algae; Bacteria; Biocide; Building; Biodeterioration; Fungus.

## 1. INTRODUÇÃO

A contaminação biológica está presente em grande número de produtos utilizados na construção civil, como tintas a base de água, vernizes, adesivos, madeira, plásticos, borrachas, caulim, vedantes e carpetes podendo comprometer seriamente o seu desempenho (ROOSMORE, 1995).

O termo **biodeterioração** vem sendo usado há um longo tempo e refere-se às interações indesejadas e/ou destrutivas entre microrganismos e o material, causando desde danos estéticos até funcionais. (GAYLARDE et al, 2003).

Alguns setores industriais, como o de tintas, alteraram radicalmente suas formulações, principalmente ao adotar emulsões (líquido/líquido) ou suspensões (sólido/líquido) em substituição aos antigos sistemas com base em solventes orgânicos. Em outros casos, como nos produtos de higiene e beleza pessoal, a palavra de ordem foi substituir ingredientes sintéticos pelos de origem natural, derivados de óleos vegetais e gorduras animais. Em ambas as situações houve favorecimento da multiplicação de microrganismos diversos (ROOSMORE, 1995), portanto a suscetibilidade desses produtos à biodeterioração está relacionada à presença de diversos componentes orgânicos.

Diversos são os resultados da proliferação microbiológica nesses sistemas de natureza orgânica. No aspecto físico, pode ocorrer a desestabilização do produto e a variação de coloração. Na composição química, a liberação de enzimas pelos microrganismos provoca o fracionamento de cadeias poliméricas, gerando moléculas curtas, de mais fácil digestão ou assimilação pelas colônias de microrganismos. O resultado final é a liberação de gases, como o CO<sub>2</sub>, além dos fétidos sulfurosos. Lotes contaminados precisam ser descartados ou retrabalhados, elevando-se custos ou criando-se inconvenientes para os usuários finais (ROOSMORE, 1995). Entretanto, essa relação de causa (microrganismos) e efeito (alterações indesejáveis) não é, muitas vezes, reconhecida pelos profissionais nas indústrias.

Uma das formas de controle desses processos de biodeterioração dos materiais é a utilização de biocidas. A demanda por biocidas aumenta a cada dia, alimentada pela preocupação crescente das indústrias em garantir a qualidade de seus produtos. Além disso, a queda dos preços internacionais de muitos princípios ativos com poder microbicida incentiva a produção de novas formulações, oferecendo maior espectro de proteção e, conseqüentemente, maior durabilidade do produto.

Tendo em vista o exposto, o objetivo deste trabalho é apresentar uma sistemática de avaliação de problemas de biodeterioração, mostrando os métodos laboratoriais, conhecidos internacionalmente como teste de desafio (“challenge tests”) utilizado no desenvolvimento de biocidas para controle preventivo em diferentes materiais da construção civil.

## 2. AVALIAÇÃO DA BIODETERIORAÇÃO EM MATERIAIS

Contaminação é o crescimento ou a introdução de células microbianas indesejáveis no produto, e pode causar descoloração, liberação de gases, separação de fases, mau cheiro, diminuição na viscosidade, entre outros fatores, que podem surgir individualmente ou todos ao mesmo tempo (WINKOWSKI, 2002).

As classes de microrganismos que podem colonizar tintas, emulsões, aditivos de concreto e outros produtos são as bactérias, os fungos e as algas (Foto 1). Todos os microrganismos precisam de água e nutrientes, e as algas também precisam de luz, para realizar a fotossíntese (ROOSMORE, 1995).



**Foto 1- Microrganismos: (a) bactéria (b) fungo/bolor (c) algas**

Fonte: Laboratório de Microbiologia da Ashland Specialty Ingredients (ASI)

Revestimentos são usados para proteção e decoração de superfícies, porém estas funções podem ser prejudicadas pela ocorrência dos microrganismos. Nesse caso, a biodeterioração ocorre

somente em certos ambientes, onde níveis de temperatura e umidade favorecem o crescimento microbiano (CHERVENAK et al., 2003).

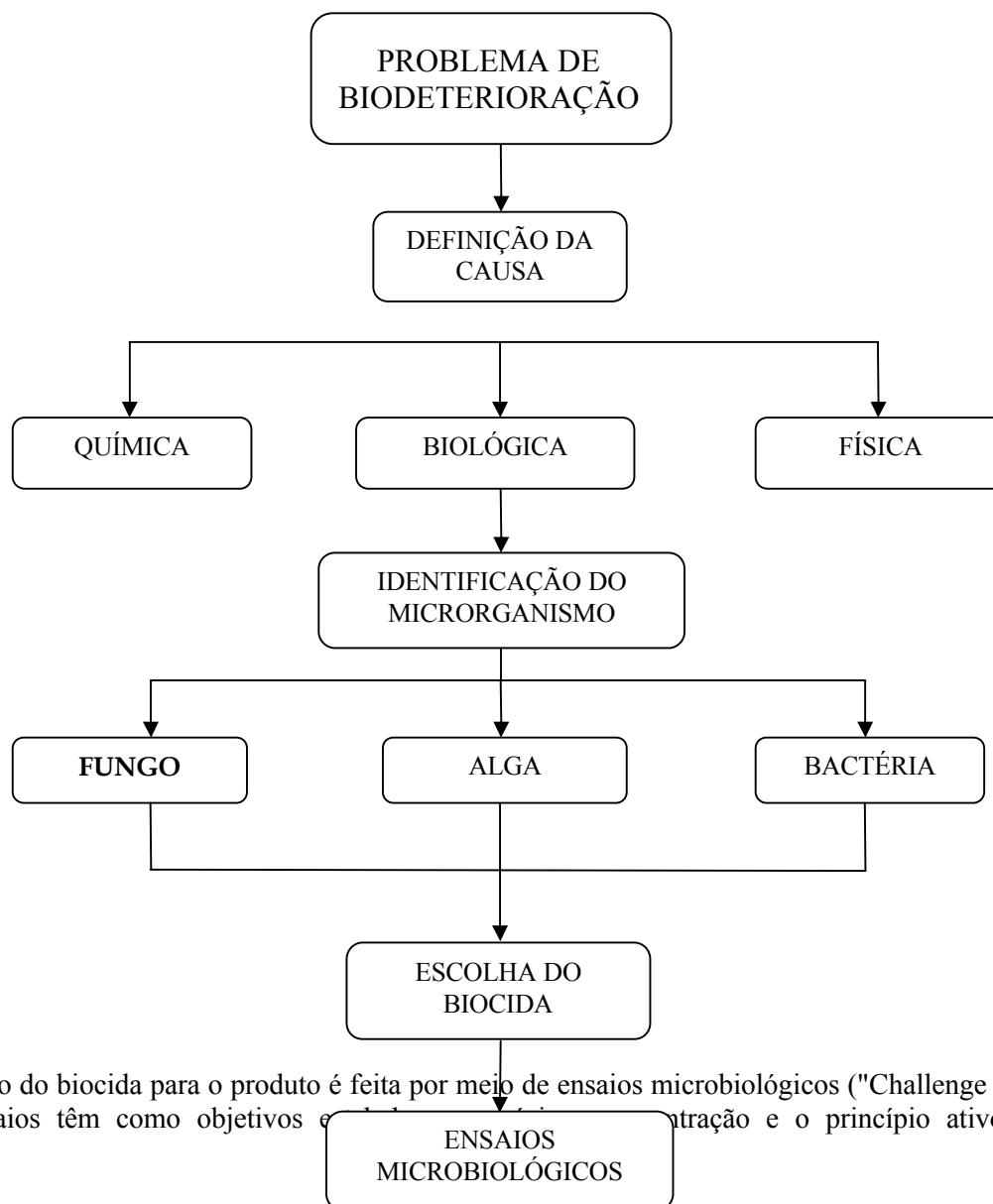
Os fungos, conhecidos popularmente como bolores, são os principais microrganismos envolvidos no ataque de revestimentos. Em certas localizações geográficas (alto índice de umidade relativa e insolação), deteriorações por algas são mais significantes (MATIAS et al., 2003).

Diante de um problema de biodeterioração de materiais na construção civil como revestimentos, tintas, plásticos, madeira, vedantes e argamassas, os construtores e usuários de modo geral, dificilmente conseguem estabelecer uma relação de causa e efeito para o correto diagnóstico, assim, a associação de microrganismos com a perda e/ou alteração do material, entre outras causas, como de origem química ou física.

A Figura 1 apresenta uma sistemática de avaliação e tomada de decisão, quando existe um problema de biodeterioração em materiais. A primeira etapa para sua solução é a correta identificação do(s) microrganismo(s) associados, sendo os fungos, as bactérias e as algas.

A solução proposta pode estar associada ao processo produtivo ou à suscetibilidade do produto final, considerando-se condições de armazenamento, uso e transporte. O uso de biocidas tem demonstrado maior eficácia no controle desses organismos. Ressaltando-se a maior agilidade na sua resolução, com custo/benefício favorável.

**Figura 1 - FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO DA BIODETERIORAÇÃO**



A definição do biocida para o produto é feita por meio de ensaios microbiológicos ("Challenge tests"). Esses ensaios têm como objetivos a avaliação da eficácia da biocidação e o princípio ativo mais

adequado ao produto, sem alterar suas características físicas, químicas ou mecânicas. Ressalta-se que a escolha adequada da mínima concentração está relacionada a um menor custo e menor impacto ambiental e à higiene e segurança dos seres vivos.

Os biocidas, classificados em bactericidas, fungicidas e algicidas (ROOSMORE, 1995) são usados para duas aplicações principais:

Em lata ("in-can"), onde o biocida é destinado para prevenir o crescimento de bactérias e levedura (fungo) em produtos líquidos.

### 3. ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS

Para os ensaios microbiológicos normalizados, é estabelecido o uso de culturas puras obtidas de coleções de culturas, como a *American Type Culture Collection* - ATCC ou *Culture Collection of Algae and Protozoa* - CCAP, sendo que todas as espécies recebem um número destas coleções, por exemplo: *Aspergillus niger* ATCC 6275. A manipulação e manutenção desses microrganismos devem ser feita em laboratório de microbiologia adequado.

Estudos com outros microrganismos associados à biodeterioração de materiais podem ser realizados, desde que se garanta o isolamento de culturas puras e a correta identificação, ao nível de espécie. Essas adaptações podem ser necessárias para solução de problemas específicos da indústria.

Nenhum método de ensaio laboratorial fornece um modelo que permita, com segurança, fazer previsões sobre a vida útil de qualquer material em uso, pois são artificiais e não reproduzem as situações variáveis e complexas encontradas nas condições de exposição do produto/material. Portanto, ressalta-se a importância da experiência do microbiologista e os resultados não devem ser interpretados de maneira acrítica. Nesse contexto, os métodos laboratoriais permitem, basicamente: i) avaliar a suscetibilidade dos materiais aos microrganismos; ii) separar/comparar biocidas ou formulações que apresentam toxidez aos microrganismos; ou iii) estabelecer concentrações de biocidas, que sirvam de ponto de partida para avaliações posteriores, como a aplicação em escala real de uso.

A seguir são apresentados os principais métodos utilizados na avaliação de biocidas para prevenção da biodeterioração.

#### 3.1. Métodos Laboratoriais

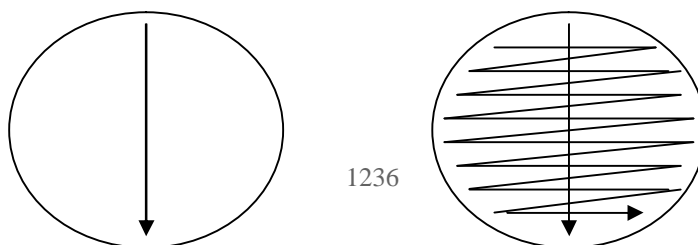
Os métodos são específicos e aplicáveis em dois tipos de materiais: líquidos e sólidos.

##### 3.1.1. Produtos, Materiais ou Aditivos Líquidos

Os métodos abaixo são recomendados para avaliação da eficiência de biocidas em produtos, materiais ou aditivos na sua forma líquida ("in-can"), como por exemplo, tintas e vernizes, cuja preservação na lata ou recipiente de armazenamento é desejável.

##### 3.1.1.1. Teste de Esterilidade

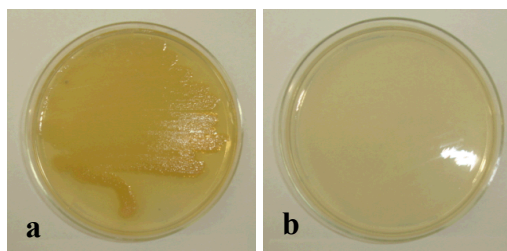
Quando as amostras chegam ao laboratório são checadas para detecção de células viáveis de microrganismos, ou seja, se já apresentam contaminação, advindas do processo produtivo, armazenamento ou manipulação. Para esse teste, se coleta uma alíquota do material a ser analisado e colocado em meio de cultura adequado (estrias = movimentos de ziguezague) para observação do crescimento microbiano, como é possível observar na figura 2.



## Figura 2- Esquema do Espalhamento da Amostra por Estrias

Fonte: ABNT NBR 15821:2010

A ausência de crescimento microbiológico nas placas indica que as amostras não contêm células microbianas viáveis. A presença de crescimento indica que a amostra contém contaminação microbiológica, como verificamos na foto 2.

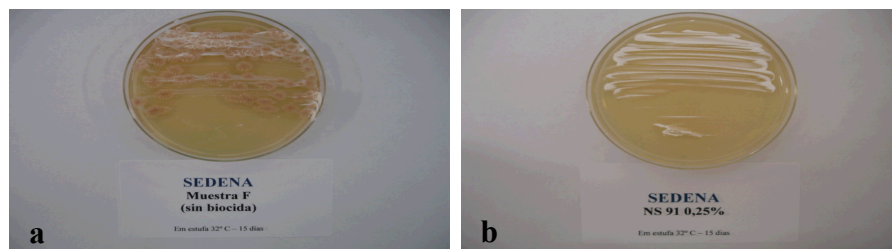


**Foto 2 - Ensaio em tinta (estriada em meio de crescimento para bactérias): (a) amostra contaminada por bactéria; (b) amostra sem contaminação.**

Fonte: Laboratório de Microbiologia da Ashland Specialty Ingredients (ASI)

### 3.1.1.2. Testes em tintas de construção civil

Esse método é utilizado para a avaliação da preservação em lata (“in-can”) de tintas, emulsões, óleos, dentre outros materiais que tenham presença de água na sua composição, para o controle do crescimento de bactérias, leveduras e fungos. Nesse método, as amostras são inoculadas com um conjunto de culturas de microrganismos; uma nova reinoculação pode ser feita simulando-se o que aconteceria em condição real, em uma lata de tinta, quando um pintor coloca e recoloca sua trincha diversas vezes na lata para pintar qualquer superfície. No Brasil existe a norma ABNT NBR 15821:2010 Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação do grau de resistência de tintas, vernizes e complementos, em emulsão na embalagem ao ataque de microrganismos (ABNT, 2010), cujo resultado de crescimento de bactérias é ilustrado na foto 3.



**Foto 3 - Ensaio de tinta (estriada em meio de cultura de crescimento para bactérias): (a) contaminada por bactéria e (b) sem contaminação.**

Fonte: Laboratório de Microbiologia da Ashland Specialty Ingredients (ASI)

### 3.1.2 Produtos sólidos ou aplicados

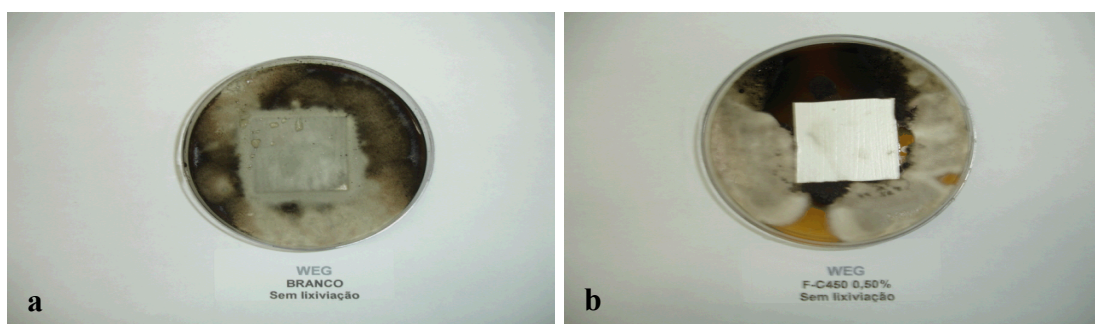


Os métodos abaixo são recomendados para avaliação da eficiência de biocidas em produtos, materiais ou aditivos quando aplicados em filme seco ("dry-film"), como por exemplo, tintas e vernizes e materiais sintéticos poliméricos (plásticos).

### 3.1.2.1. NBR 14491:2011\_Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência de tintas, vernizes e complementos ao crescimento de fungos em placas de Petri (ABNT, 2011).

Teste utilizado para avaliação de tintas em filme seco ("dry film"), para controle de fungos emboloradores/manchadores (bolor), onde as amostras de tintas são aplicadas em papel cartão de (3,5 x 3,5) cm. Parte dos corpos de prova é submetida à lixiviação passando por corrente contínua de água deionizada por 24 h, permitindo-se avaliar o efeito da lixiviação do fungicida. Semanalmente, observa-se o ataque fúngico nas amostras, como ilustrado na foto 4.

Ao final do período de incubação, a placa do controle de viabilidade deve apresentar toda a superfície do meio de cultura recoberta pelo crescimento do fungo, caso contrário, o ensaio deve ser repetido. A avaliação do crescimento de fungos sobre o corpo de prova deve ser feita a olho nu.



**Foto 4 - Ensaio de tinta: com crescimento de fungos (a) e sem crescimento de fungos (b)**

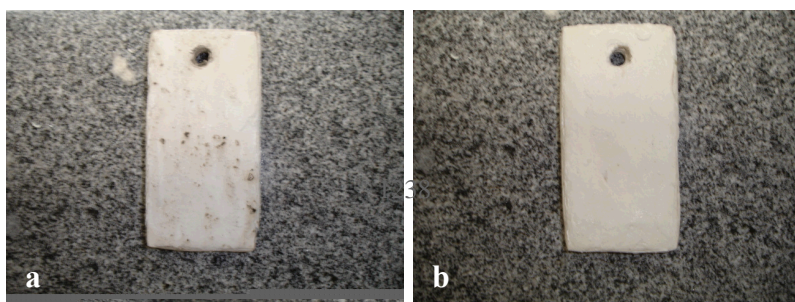
Fonte: Laboratório de Microbiologia da Ashland Specialty Ingredients (ASI)

### 3.1.2.2. ABNT NBR 15301:2005 Determinação da resistência de tintas e complementos ao crescimento de fungos em câmara tropical. (ABNT, 2005).

Esse método é muito utilizado na avaliação da preservação de tintas ou vernizes "in dry-film" contra fungos. Uma câmara é preparada de maneira a simular condições ambientais que propiciem um ambiente adequado ao desenvolvimento de fungos. Os fungos são inoculados na terra, em bandeja colocada dentro da câmara.

As amostras são aplicadas em painéis de madeira de *Pinus* sp. ou de gesso (não hidrófugo) acartonado tipo standard – 100 mm x 75 mm x 9,5 mm. A primeira demão é seguida de secagem de 24 horas antes de iniciar a pintura da segunda demão; a aplicação da tinta como demãos e intervalos de secagem, pode também ser a especificada pelo fabricante.

Os corpos de prova são acondicionados na câmara com temperatura de 25°C +/- 2°C e umidade relativa de 95 a 98% e expostos aos fungos por 28 dias. Durante este período, observa-se a porcentagem de crescimento dos fungos na superfície do corpo de prova (Foto 5), sendo o nível de contaminação classificado em uma escala de "0 a 5".



**Foto 5 - Ensaio de tinta: com crescimento de bolores (a) e sem crescimento (b)**

Fonte: Laboratório de Microbiologia da Ashland Specialty Ingredients (ASI)

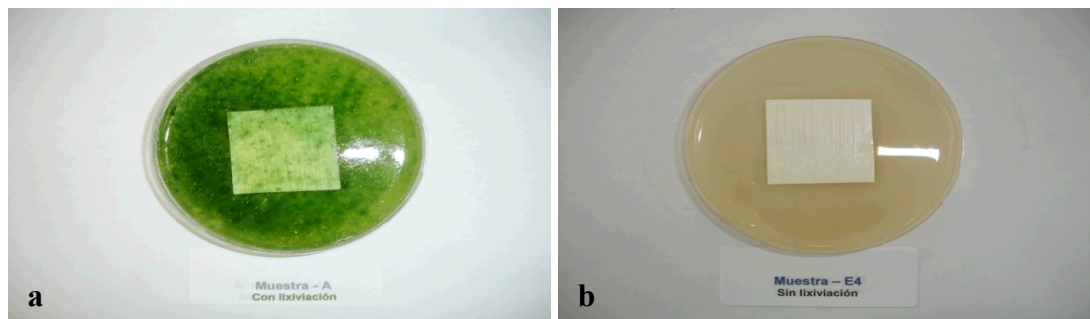
**3.1.2.3. ASTM D5589-09 intitulada: Determinação da Resistência de Filmes de Tintas e Revestimentos relacionados contra a deterioração de Algas (ASTM, 2009).**

Norma utilizada para a avaliação da preservação de tintas e outros revestimentos “in dry-film”, contra algas. Neste método as amostras são aplicadas em papéis de filtro de (3,5 x 3,5) cm. Parte das amostras é submetida à lixiviação passando por correntes contínuas de água deionizada por 24 h, permitindo-se avaliar o efeito da lixiviação na permanência do algicida.

O teste de envelhecimento (ASTM, 2006) para simular o efeito da radiação solar e condensação pode também ser utilizado para a avaliação do desempenho do algicida.

Os corpos de prova pintados com as respectivas amostras são colocados na superfície de placas contendo meio de cultura para crescimento de algas e inoculados com uma suspensão de algas que se desenvolvem em tintas imobiliárias.

Todas as placas são colocadas em câmara com ciclos de 12h com luz e 12 h sem luz. Este período de exposição é realizado por 6 semanas, após a inoculação das algas. A eficiência do algicida é observada por meio do crescimento das algas sobre a tinta (Foto 6).



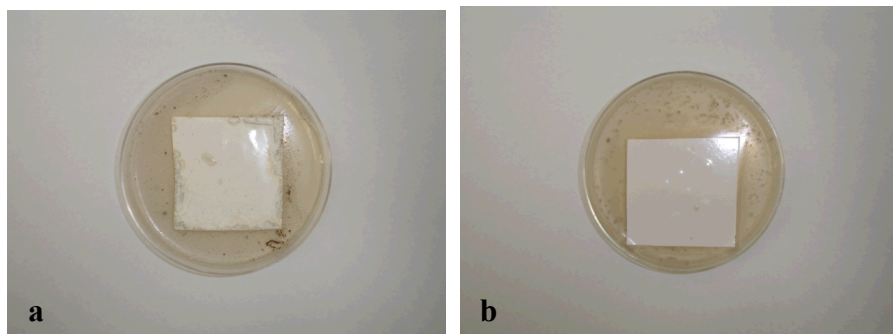
**Foto 6 - Ensaio de tinta: com crescimento de algas (a) e sem crescimento (b)**

Fonte: Laboratório de Microbiologia da Ashland Specialty Ingredients (ASI)

**3.1.2.4. ASTM G-21-96 intitulada: Determinação da Resistência de Materiais Sintéticos Poliméricos contra Fungos (ASTM, 1996)**

Este método é utilizado para a avaliação da resistência de plásticos, borrachas e outros polímeros sintéticos contra o crescimento de fungos. As amostras são colocadas na superfície do meio de cultura, que não permite o crescimento de microrganismos. Em seguida, são inoculadas com uma mistura de fungos. Todas as placas são incubadas a 28°C, 85-90% de umidade relativa por 4 semanas. Observa-se o ataque fúngico sob as amostras semanalmente (Foto 7).

A lixiviação pode ser analisada para verificação da permanência de fungicidas incorporados no material.



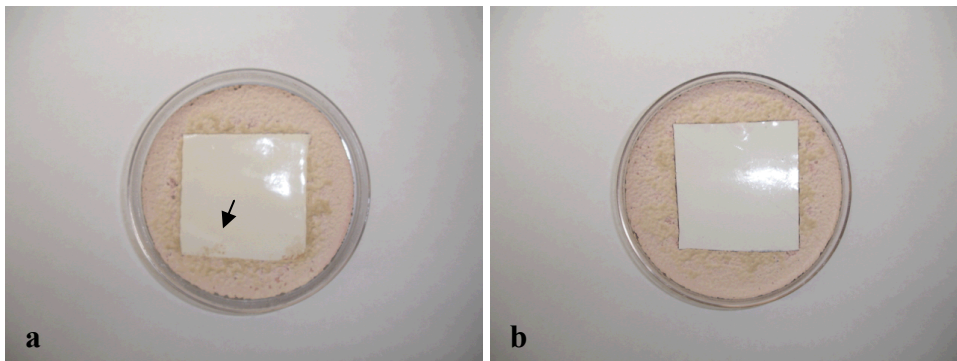
**Foto 7 - Ensaio de plástico PVC: com crescimento de bolores, principalmente nas bordas do corpo de prova (a) e sem crescimento (b)**

Fonte: Laboratório de Microbiologia da Ashland Specialty Ingredients (ASI)

### **3.1.2.5. ASTM E1428-91 intitulada: Avaliação da Performance de Antimicrobianos em Materiais Sólidos Poliméricos contra manchas causadas por *Streptovorticillium reticulum* (ASTM, 1991)**

Este método é utilizado para a avaliação da resistência de materiais poliméricos sintéticos ao crescimento do *Streptovorticillium reticulum*. Este microrganismo é considerado um problema no desenvolvimento de plásticos, pois causam manchas de coloração rósea no material.

As amostras são colocadas na superfície do meio de crescimento para este determinado microrganismo e inoculadas com *Streptovorticillium reticulum* (ATCC 25607). Todas as placas são incubadas a 35°C por 4 semanas. A avaliação é feita observando-se a formação de manchas róseas irreversíveis na superfície do corpo de prova (Foto 8).



**Foto 8 - Amostra de PVC com mancha rósea (a) e (b) amostra de PVC sem contaminação**

Fonte: Laboratório de Microbiologia da Ashland Specialty Ingredients (ASI)

## **4. CONCLUSÃO**

Os materiais utilizados na construção civil são atacados por microrganismos, como fungos, bactérias e algas. Este processo é conhecido como biodeterioração, sendo muitas vezes, de difícil identificação pelos profissionais da construção civil.

O uso de biocidas, incorporados nos produtos, é uma forma de controle da biodeterioração, entretanto, sua escolha depende da realização ensaios biológicos em laboratórios microbiológicos voltados para o desenvolvimento de produtos e materiais para a construção civil.

Existem métodos normalizados que devem ser utilizados na comparação de biocidas ou determinação das mínimas concentrações inibitórias do crescimento dos microrganismos, evitando-se prejuízos durante a produção, armazenamento e uso dos materiais suscetíveis.



## REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D5589 – Standard Test Method for Determining the Resistance of Paint Films and Related Coatings to Algal Defacement”. In ASTM Standards on Material and Environmental Microbiology. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2009.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E1428 – Evaluating the Performance of Antimicrobials in or on Polymeric Solids Against Staining by *Streptovorticillium reticulum* (a pink stain organism)”. In ASTM Standards on Material and Environmental Microbiology. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1991.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM G154– Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials. Philadelphia, 2006.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM G21 – Determining Resistance of Synthetic Polymeric Materials to Fungi”. In ASTM Standards on Material and Environmental Microbiology. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT) **NBR 14941**: Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência de tintas, vernizes e complementos ao crescimento de fungos em placas de Petri sem lixiviação. São Paulo, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15821**: Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do grau de resistência de tintas, vernizes e complementos, em emulsão na embalagem ao ataque de microorganismos. São Paulo, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15301**: Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência de tintas e complementos ao crescimento de fungos em câmara tropical. São Paulo, 2005
- CHERVENAK, Mary; EACHUS, Alan; HENRY, Blaise. Biocide resolves bacterial hygiene. **European Coatings Journal**, Alemanha, n.1-2, p.26-34, 2004.
- GAYLARDE, C.; SILVA, M. Ribas; WARSCHEID, Th. Microbial impact on building materials: an overview. **Materials And Structures**, Rio Grande do Sul, jun. 2003. p. 342-352.
- ROSSMOORE, H. W.. **Handbook of Biocide and Preservative Use**. Michigan: Blackie Academic & Professional, 1995. 427 p.
- WINKOWSKI, K.. Controlling Microbial Contamination. **Paints & Coatings Industry**, New York, v. 60, n. 7,2002.