

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA**

**BIODETERIORAÇÃO DE MONUMENTOS HISTÓRICOS NO MUNDO**

**Luiza Ribeiro Alves**

Belo Horizonte

2012

**Luiza Ribeiro Alves**

**Biodeterioração de monumentos históricos no mundo**

**Orientadora: Profa. Dra. Maria Aparecida de Resende Stoianoff**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Microbiologia do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Microbiologia Industrial e Ambiental.

Belo Horizonte

2012

Luiza Ribeiro Alves

## **BIODETERIORAÇÃO DE MONUMENTOS HISTÓRICOS NO MUNDO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Microbiologia do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Microbiologia Industrial e Ambiental.

### **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Daniel de Assis Santos  
Universidade Federal de Minas Gerais

---

Prof. Dr. Luciano José Nogueira  
Universidade Federal de Minas Gerais

---

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha filha Iana Luiza, presente concedido por Deus, que esteve no meu ventre durante esta jornada. Ao meu esposo Luiz Alberto, que sempre esteve ao meu lado. Aos meus pais José e Efigênia que nunca mediram esforços para que os meus objetivos fossem alcançados.

## AGRADECIMENTOS

Louvo a Deus, por mais uma etapa vencida, por ter me dado coragem e perseverança nos momentos difíceis.

Ao meu esposo Luiz Alberto, por ter sido compreensivo o suficiente para aceitar que eu ficasse tanto tempo longe e por ter me apoiado nos momentos difíceis.

Ao meu Sobrinho Reinaldo Aparecido Rocha Filho, que sempre esteve à disposição para sanar as minhas dificuldades sobre informática.

A minha orientadora Maria Aparecida Resende Stoianoff, que me mostrou a importância da biodeterioração dos monumentos de artes e por ter contribuído para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas Antônio, Cintia, Lorena, Paula, Priscila, Renata e Rodrigo.

Aos professores do Curso de Especialização em Microbiologia/ICB/UFMG.

## RESUMO

Os monumentos de artes de todo mundo passam pelo processo de biodeterioração. São diversos os micro-organismos como fungos, bactérias e líquens que agem lentamente nas obras de artes causando a perda substancial do material ao longo do tempo. Os biofilmes, constituídos por esses micro-organismos, que crescem praticamente em todas as pedras expostas a condições atmosféricas variadas, podem modificar a composição química e mineralógica da pedra original. Os fatores ambientais como chuva, vento e poluição atmosférica são relevantes para deterioração desses monumentos. Além disso, o vandalismo em algumas cidades contribui para a destruição dos monumentos históricos. Vários estudos foram realizados em alguns países, mostrando a biodeterioração dessas obras, sendo que os fungos e bactérias são os micro-organismos mais prevalentes nas pesquisas realizadas. Atualmente há uma preocupação em preservar os monumentos, uma vez que esses são heranças culturais da humanidade e neles estão representados o momento social, político e cultural em que seu idealizador viveu e os traços desse artista.

Palavras-Chaves: Biodeterioração, Monumentos históricos, Preservação

*ABSTRACT*

## The monuments of art in the world

The monuments of art in the world undergo the process of biodeterioration. There are several micro-organisms, fungi, bacteria, and lichens that act slowly in the works of art causing a substantial loss of material over time. The biofilms formed by these micro-organisms that grow in almost all the rocks exposed to varying weather conditions, can modify the chemical and mineralogical composition of the original stone. Environmental factors such as rain, wind, and air pollution are relevant to the deterioration of the monuments. Furthermore, in some cities vandalism contributes to the destruction of historical monuments. Several studies were conducted in some countries of the world showing the biodeterioration of the works, and the fungi and bacteria are the most prevalent micro-organisms in studies. Currently there is a concern to preserve the monuments, since those are the cultural heritage of humanity and in them are represented the social moment and political and cultural environment in which its founder lived and traces of this artist.

Key words: Biodeterioration, historical monuments, preservation

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	10
2	Relevância .....	11
3	Metodologia.....	12
4	Referencial Teórico.....	12
5	Organismos envolvidos no processo de biodeterioração de monumentos .....	13
5.1	Líquens.....	13
5.2	Micro-organismos Fotolitotróficos.....	14
5.3	Bactérias Quimiolitotróficas.....	14
5.5	Fungos.....	15
6	Biodeterioração de monumentos históricos no mundo .....	15
7	Biodeterioração de monumentos históricos no Brasil.....	20
8	Preservação dos monumentos históricos.....	33
9	Tratamento dos monumentos históricos.....	35
10	Conclusão .....	37
11	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Estátua de anjo no "Peters" Portal na catedral de Colônia (Alemanha).....	16
Fig. 2 (A). Templo Sita Devi. Antes da restauração.....	18
Fig. 2 (B). Templo Sita Devi. Depois da restauração.....	18
Fig. 3 (A). Templo Sita Devi. Antes da consolidação.....	19
Fig. 3 (B). Templo Sita Devi. Depois da consolidação.....	19
Fig. 4. Igreja de São Francisco de Assis, Ouro Preto, MG.....	22
Fig. 5. Igreja de Bom Jesus de Matosinhos, Congonhas, MG.....	23
Fig. 6 . Igreja Nossa Senhora Mãe dos Homens, Caraça.....	24
Fig. 7. Manto do profeta Abdias, Igreja de Bom Jesus de Matosinhos, Congonhas, MG, antes do tratamento com biocida.....	25
Fig. 8. Manto do profeta Abdias, Igreja de Bom Jesus de Matosinhos, Congonhas, MG, um ano após o tratamento com biocida.....	26
Fig. 9. Azulejos da parede sul do claustro do Convento de Santo Antônio do Recife ...	27
Fig. 10. Colonização biológica diagnosticada com a alteração da coloração no monumento: Os fundadores de São Paulo.....	28
Fig. 11. O Theatro São João, na Lapa, PR.....	28
Fig. 12. A Casa da Cultura, na Lapa, PR.....	29
Fig. 13. Gabinete do vice governador, Porto Alegre, RS.....	30
Fig. 14. Igreja São Geraldo, Porto Alegre, RS.....	31
Fig. 15. Igreja Nossa Senhora das Dores, Porto Alegre, RS.....	32
Fig. 16. Biofilme da Igreja Nossa Senhora das Dores, Porto Alegre, RS.....	32

## **Biodeterioração de monumentos históricos no mundo**

### **1 Introdução**

Os monumentos históricos sofrem processo de desgaste natural por condições ambientais, levando a perda substancial de material. Esses desgastes são causados pelo vento, chuva, poluição atmosférica, fatores químicos e biológicos. Entre os fatores biológicos podemos citar os fungos, bactérias, cianobactérias, algas e líquens. A biocorrosão é causada pela excreção de ácidos inorgânicos, como ácido nítrico e ácido sulfúrico, produzidos pelas bactérias quimilitotróficas e quimiorganotróficas e os ácidos orgânicos, liberados pelas bactérias quimiorganotróficas e pelos fungos nas superfícies das rochas. Os biofilmes constituídos por esses micro-organismos que crescem praticamente em todas as pedras expostas a condições atmosféricas variadas, podem modificar a composição química e mineralógica da pedra original. Os fatores físico-químicos presentes em países temperados provocam danos nas construções em pedras (RESENDE, 1997, 2008).

Os fungos são organismos encontrados em diversos ambientes e, nestes, podem atuar como contaminantes. Aspectos indesejáveis como mudança no odor ambiental, alteração de textura e colorações em paredes, tetos, cerâmicas e azulejos podem ser decorrentes da ação maléfica de fungos filamentosos, assim como de leveduras. A presença desses micro-organismos pode acarretar desde processos alérgicos ao desenvolvimento de micoses, tornando necessária adoção de medidas preventivas ou corretivas (PEDI et al., 2009).

Os fungos que contaminam as rochas e os monumentos de pedra têm sua origem no solo, água e ar. Sob condições favoráveis, esses micro-organismos são capazes de crescer e influenciar o processo de biodeterioração das rochas. A baixa disponibilidade de água e oxigênio, assim como baixos suprimentos de compostos orgânicos limitam seu número. Em pedras de monumentos intemperizados o número de fungos filamentosos pode ser relativamente o mesmo encontrado na amostra do solo. Grande parte dos fungos encontrados em rochas pertence à microbiota do solo e do ar. Em uma

pesquisa com rochas, monumentos e afrescos foram isolados fungos que pertencem ao gênero *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Phoma*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Chaetomium*, *Botrytis*, *Aureobasidium* e *Torula*. Os fungos são considerados como o grupo de micro-organismo com maior potencial de destruição das pedras, sendo que os filamentosos possuem maior fator na solubilização de rochas, minerais e silicatos, incluindo o quartzo (RESENDE, 1997, 2008).

Segundo Zanirato (2010) os riscos também derivam do aumento das precipitações, pois este fenômeno provoca alterações na pedra e na madeira em função do crescimento de micro-organismos e da formação de sais que degradam as superfícies e aceleram a corrosão. As mudanças na temperatura e nos padrões de precipitação afetam os organismos biológicos tais como: líquens, algas, fungos e bactérias que crescem nos monumentos e causam tanto impactos estéticos, quanto estruturais. A possibilidade de que esses monumentos venham a ser afetados pelas mudanças climáticas levou o Comitê Mundial do Patrimônio Cultural e Natural da UNESCO a recomendar a realização de pesquisas para avaliar a natureza e a magnitude dos perigos procedentes das alterações do clima sobre o patrimônio mundial.

Estudo realizado por Reys (2008), na cidade de São Paulo, em aproximadamente 440 obras de arte e monumentos públicos, esculpidos em granito ou mármore, demonstrou a ocorrência de processos de degradação que comprometeram a estrutura estética. A deterioração destas rochas pode ocorrer lentamente tornando-a pouco perceptível ao longo do ciclo de vida humana. Foram apontados como processo de degradação neste trabalho a poluição, deslocamento de obras e vandalismo.

## **2 Relevância**

A preservação dos monumentos históricos é muito importante, pois são heranças culturais da humanidade e neles estão representados o momento social, político e cultural em que seu idealizador viveu e os traços desse artista. Torna-se necessário a realização de pesquisas e conscientização da população sobre a importância desses patrimônios.

### **3 Metodologia**

Essa é uma pesquisa de revisão bibliográfica de caráter qualitativo onde foram feitas buscas no Portal Capes e no Google. Foram analisados diversos artigos, monografias, tese de mestrado, livros, além da obtenção de informações gerais a respeito dos mecanismos de biodeterioração de monumentos de arte no mundo causados por micro-organismos. A palavra chave para obtenção de informações sobre o assunto foi “biodeterioração de monumentos”. Para ter acesso aos artigos de biodeterioração de monumentos históricos no mundo foram utilizadas as palavras “Biodeterioration and preservation”.

### **4 Referencial Teórico**

A biodeterioração de materiais pétreos raramente ocorre pela presença de apenas um grupo de organismos. Em um determinado monumento coexistem muitas espécies de micro-organismos. Durante o ciclo de vida, esses micro-organismos interagem com a pedra, podendo acarretar a deterioração dos monumentos. Assim, os micro-organismos provocam alterações combinadas nos monumentos por meio dos produtos de seu metabolismo (PRADO et al., 2009).

O intemperismo, como fenômeno natural, também atinge construções feitas de rochas naturais e de compostos produzidos pelo homem, a evolução intempérica geralmente ocorre em ritmo muito lento, contudo há situações em que este acelera, afetando as obras de engenharia, sobretudo quando a influência da ação humana, como poluentes atmosféricos e vandalismo. Outro fator importante são os depósitos de sujeira que ocorrem, na maioria das vezes, na área de junções entre partes individuais que podem conter micro-organismos, que utilizam desse material como alimento. (SILVA & ROESER, 2003).

A colonização microbiana em pinturas de edifícios causa a degradação e formação de bolhas, descamação e fragmentação do revestimento. Os micro-organismos são depositados em superfícies pintadas a partir do ambiente circundante, ou seja, chuva e

vento trazem pequenos fragmentos de origem vegetal e animal, minerais e poluentes atmosféricos (GAYLARDE et al., 2011).

Os revestimentos dos edifícios encontram-se sujeitos a inúmeras ações agressivas que conduzem à sua degradação precoce. Os rebocos constituem um meio propício ao desenvolvimento de diversas comunidades de seres vivos com graus de desenvolvimento variado. Os seres vivos mais simples são responsáveis por deteriorações químicas e mecânicas, como as algas, bactérias, líquens, fungos e briófitas. Ainda devem ser levadas em conta as degradações causadas por algumas plantas superiores, principalmente através do desenvolvimento das suas raízes, e animais como pombos, através da acumulação das suas fezes. Tanto as plantas como os animais contribuem para uma importante fonte de sais e de matéria orgânica para as comunidades de micro-organismos que povoam os revestimentos (SOUZA et al., 2005).

Uma vez que os micro-organismos incidem sobre a superfície, a adesão e o crescimento dependem da natureza do revestimento, substrato pintado e das condições ambientais. A umidade, juntamente com temperaturas elevadas, favorece o crescimento desses micro-organismos. Os componentes do revestimento também afetam o desenvolvimento microbiano, sendo alguns componentes inibitórios e outros estimulatórios para o crescimento. Derivados de celulose podem agir como nutrientes para as células fúngicas, já os solventes orgânicos e metais pesados presentes em pigmentos podem inibir o crescimento dos micro-organismos (GAYLARDE et al., 2011).

Os biofilmes são camadas de acumulações de produtos orgânicos nas superfícies. Em muitos casos, a biodeterioração estética é causada pela presença de uma camada de micro-organismos e seus produtos na superfície (ALLSOPP, 2004). A atividade biológica nas superfícies resulta na formação de biofilmes, que se traduzem em manchas coloridas, incrustações e na presença de órgãos vegetativos e reprodutivos. Neste processo, as estruturas estão sujeitas a erosão (SOUZA; PEREIRA & BRITO 2005).

## **5 Organismos envolvidos no processo de biodeterioração de monumentos**

### **5.1 Líquens**

Os líquens, juntamente com as algas e cianobactérias, são considerados organismos pioneiros na colonização das superfícies de rochas e pedras trabalhadas. Os líquens formam associação simbiótica entre fungos e algas ou cianobactérias. Os fungos recebem nutrientes orgânicos das algas fotossintéticas e, por outro lado, suprem as algas de substâncias minerais retiradas da pedra através da penetração das hifas no material pétreo. Os líquens toleram condições extremas de umidade e temperatura. Eles podem crescer apenas na superfície da pedra formando um tapete e, dessa maneira, regular a estabilidade da umidade, mas em algumas circunstâncias a hifa do fungo micobionte pode penetrar na rocha. A deterioração da rocha pode ocorrer devido, a expansão da hifa na matriz, sucessiva expansão e contração da colônia do líquen em diferentes situações de umidade e seca, e absorção de água em torno da colônia do líquen, podendo levar a danos por congelamento da mesma em países de clima temperado e ao aumento da absorção de ácidos atmosféricos na pedra. A colonização da pedra pelos líquens pode ser facilitada pela presença de fezes de pássaros, que pode oferecer nutrientes para esses organismos (RESENDE, 1997, 2008).

### **5.2 Micro-organismos Fotolitotróficos**

As algas e cianobactérias usam a luz do sol como fonte de energia para o crescimento e liberam oxigênio durante o processo fotossintético. As algas podem ser encontradas na superfície de pedras, onde existem luz e umidade, podendo causar dano mecânico pela colonização e dilatação de rachadura na rocha. Elas também produzem ácidos, que podem dissolver o carbonato de cálcio. A biodeterioração dos monumentos ou produção de manchas é provavelmente o mais importante tipo de dano causado pelas algas (RESENDE, 1997, 2008).

### **5.3 Bactérias Quimiolitoautótroficas**

As bactérias quimiolitoautótroficas são espécies capazes de realizar a oxidação autotrófica de vários compostos inorgânicos. Os habitats naturais dessas bactérias são o solo, adubo, dejetos, rios, lagos e água do mar. Esses micro-organismos participam do processo de nitrificação. Além disso, ocorre a liberação de ácido nitroso e ácido nítrico ou ácido sulfúrico; esses ácidos destroem o material alcalino e o carbonato de cálcio formando nitratos, que são solúveis na água, levando à perda de material da pedra (RESENDE, 1997, 2008).

#### **5.4 Bactérias Quimiorganotróficas**

As bactérias quimiorganotróficas, assim como os fungos, obtêm energia através da oxidação de substratos orgânicos. Em alguns casos essas bactérias são capazes de produzir energia através da oxidação de cátions metálicos, tais como  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ . Esses micro-organismos também participam do processo de biodeterioração das pedras semelhantes aos dos micro-organismos quimiolitotróficos (RESENDE, 1997, 2002, 2008).

#### **5.5 Fungos**

Os fungos podem utilizar um largo espectro de nutrientes e até mesmo traços de matéria orgânica, estimulando seu crescimento. As camadas mais externas da superfície das rochas podem conter material orgânico como pectina, celulose, lignina, amido e proteínas, que são utilizadas como fonte de energia pelos fungos. Os fungos produzem exoenzimas, além de ácidos orgânicos e inorgânicos que são capazes de decompor vários compostos. A produção de ácidos orgânicos pelos fungos filamentosos contribui consideravelmente para a degradação natural das rochas e minerais contendo silicatos, assim como as pedras dos monumentos. Os fungos toleram larga faixa de pH, variação de temperatura e umidade. A melanina é um pigmento escuro produzido por muitos fungos e os protege contra a ação dos raios UV. Essas propriedades tornam os fungos dominantes nas superfícies das rochas (RESENDE, 1997, 2008).

### **6 Biodeterioração de monumentos históricos no mundo**

A humanidade, como parte do ambiente natural, contribui para o desgaste das pedras. A poluição do ar resultante de fontes antropogênicas como empresas de energia elétrica, avião e carro têm contribuído para o aumento da concentração atmosférica de compostos orgânicos e inorgânicos na forma de gases, facilitando a decomposição desses compostos nas superfícies das pedras. As interações físicas e químicas desses agentes com o material mineral acelera a deterioração das pedras. Outro fator relevante é a falta de cuidado com os monumentos históricos, o que contribui para a deterioração. A restauração e os tratamentos de conservação inadequados têm agravado a preservação dos bens culturais em todo o mundo. A Figura 1 mostra a influência dos processos de biodeterioração em uma estátua de anjo no "Peters", Portal da Catedral de Colônia na Alemanha (WARSCHEID & BRAAMS, 2000). ~~documentado por objeto original em~~

1880. (a) fotografia de Anselmo Schmitz, Colônia) e a respectiva estátua resistiu em 1993 (b) fotografia de Dombaumeister Prof. Dr. A. Wol, Colônia.



Fig. 1. Estátua de anjo no "Peters" Portal na catedral de Colônia (Alemanha). (a) fotografia de Anselmo Schmitz, Colônia, objeto original em 1880; (b) respectiva estátua fotografada em 1993 pelo Prof. Dr. A. Wol Dombaumeister. Fonte: WARSCHEID & BRAAMS, 2000.

Os prédios históricos e modernos estão sujeitos a deterioração. Os processos biológicos e abióticos podem ocorrer simultaneamente contribuindo para os efeitos deletérios em geral podendo ser difícil determinar a contribuição de cada um. No entanto, não há dúvida de que crescimentos biológicos têm impacto considerável sobre os monumentos de arte no mundo. A maioria das informações sobre biodeterioração de edifícios antigos vem de estudos realizados na Europa. Em uma pesquisa em países latino-americanos como Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, México e Peru foram retiradas amostras de biofilmes das superfícies de edifícios. Os principais grupos de micro-organismos encontrados nos biofilmes foram cianobactérias e fungos (GAYLARDE et al., 2002).

Durante duas décadas o líquen *Dirina massiliensis*, na forma *sorediata*, foi observado em monumentos da Itália, Espanha e Portugal. Devido sua capacidade de explorar substratos artificiais e estratégia de reprodução, este líquen está presente em grande parte da Europa.

A maioria dos micro-organismos isolados de pedras intemperizadas são geralmente ubíquos e sua dispersão ocorre através da atmosfera, por exemplo, espécies de bactérias como *Bacillus* e *Micrococcus* e fungos como, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Cladosporium*. Na Alemanha e na Áustria foram encontrados, micro-organismos raros como *Archaea*, e bactérias do gênero *Rubrobacter* em pinturas. Duas espécies conhecidas do gênero *Rubrobacter* são termófilas, e foram isoladas a partir de água quente no Japão e Portugal, e de efluentes de águas térmicas poluídas no Reino Unido (JIMENEZ, 2000).

No estado de Chhattisgarh localizado na Índia, podemos destacar uma terra de cultura antiga, que possui muitos monumentos e templos antigos. Fatores físicos, químicos e biológicos têm agido em associação, que vão desde sinérgica para antagônicas, para a deterioração das pedras. O ar atua como um veículo para a dispersão de micro-organismos a partir de diferentes fontes, ou seja, água, solo, resíduos orgânicos do homem, folhas de plantas, etc. Em estudo micológico realizado no Templo de Sita Devi foram isolados 15 espécies fúngicas, sendo predominante as espécies de *Aspergillus* (42,02%) *Penicillium* (10,22%), *Curvularia* (10,22%), *Cladosporium*, Outros (37,54%) (SHARMA & LANJEWAR, 2010). Segundo Gupta (2011), estes belos monumentos consistem em milhares de pinturas e esculturas, sendo a maioria do século IX e XI. A beleza arquitetônica é incrível, mas os micro-organismos que colonizam esses monumentos causam a deterioração que cientificamente é conhecida como biodeterioração. Esses monumentos, com o passar do tempo, vão lentamente diminuindo a beleza e o seu valor. Caso não sejam tomadas medidas de preservação adequada, os fungos, líquens e musgos podem causar um colapso, já que esses contribuem de forma imprescindível para biodeterioração. O templo de Sita Devi (Fig. 2 a-b e Fig. 3 a-b) foi construído de pedra de areia (arenito), que é de natureza porosa. O acúmulo de colonizadores são prejudiciais para a superfície da pedra, uma vez que esses micro-organismos secretam um ácido que dissolve a pedra.



Fig. 2 (A). Templo Sita Devi. Antes da restauração.

Fonte: GUPTA et al., 2011.



Fig. 2 (B). Templo Sita Devi. Depois da restauração.

Fonte: GUPTA et al., 2011.



Fig. 3 (A). Templo Sita Devi. Antes da consolidação.

Fonte: GUPTA et al., 2011.



Fig. 3 (B). Templo Sita Devi. Depois da consolidação.

Fonte: GUPTA et al., 2011.

Em Belgrado, capital da Sérvia, foram coletadas amostras em dois monumentos de pedra de granito e arenito. Os monumentos apresentavam alterações visíveis de degradação. As amostras foram levadas para análises micológicas. Os pesquisadores identificaram 23 fungos. No arenito foram identificados os seguintes fungos: *Alternaria* spp, *Cladosporium cladosporioides*, *C. sphaerospermum*, *Epicoccum purpurascens*, *Fusarium* sp. e *Mycelia sterilia*. Já no granito estavam presentes os fungos *Alternaria* sp., *Aspergillus flavus*, *A. nidulans*, *Cunninghamella echinulata* e *Drechlera dematoidea*. No biofilme da superfície do arenito foram encontradas algumas espécies que não estavam presentes na pedra de granito: *Aureobasidium pullulans* var. *melanigerum*, *Fusarium oxysporum*, *Mucor racemosus*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium* sp., *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium* e *Phoma* sp. Espécies de *Alternaria* foram dominantes sobre mineral. Os fungos *Aspergillus versicolor*, *Aureobasidium pullulans*, *Alternaria alternata* e *Penicillium chrysogenum* foram as espécies mais comuns isoladas a partir de substratos minerais (VUKOJEVIĆ & LJALJEVIĆ 2009).

O templo de Angkor Wat, é um monumental templo hindu do século XII, na província do Camboja, país localizado na Ásia. Este monumento tem sido colonizado por uma comunidade de cianobactérias, desde que líquens imperceptíveis foram eliminados de suas paredes, há aproximadamente 20 anos. Estas bactérias mancham a pedra de preto. A expansão e contração diárias do ciclo quebram a fachada do templo e sua estrutura interna. Os danos causados no templo Angkor Wat são vistos como uma interação de micro-organismos com propriedades físicas e químicas do templo (KOESTLE, 2008).

## **7 Biodeterioração de monumentos históricos no Brasil**

Os problemas causados pela falta de preservação de monumentos históricos só chegam ao conhecimento da população quando acontece desabamento ou incêndio. Longe do conhecimento da maioria, ameaças silenciosas rondam o patrimônio cultural: são micro-organismos, entre eles fungos e bactérias que, associados a outros fatores físicos e químicos, provocam desgaste nas rochas e minerais de casas, igrejas, teatros e outros prédios históricos (LOPES, 2003).

A cidade de Ouro Preto é reconhecida pelo seu patrimônio arquitetônico e urbanístico. Ouro Preto foi o primeiro sítio brasileiro a conquistar o título de Patrimônio Cultural da Humanidade, concedido pela UNESCO. Os monumentos de cantaria são marcantes devido à quantidade e qualidade das obras, destacando-se as pontes e chafarizes espalhados pelos bairros do centro histórico. Essas obras podem ser afetadas por um conjunto de fatores externos, como por exemplo, condições climáticas, acúmulo de partículas atmosféricas, ação antrópica e também pela colonização biológica dos substratos rochosos. Esses agentes levam ao dano físico, químico e estético dos monumentos devido à corrosão dos materiais constituintes (PRADO et al., 2009).

Em Ouro Preto pode ser observado grande diversidade de fungos algas e líquens em blocos de rocha, formando manchas e crostas comumente encontradas nos monumentos (PRADO et al., 2009). Microalgas e cianobactérias criam biofilmes de extensão, espessura, consistência e cor diversa, com uma forte adesão ao substrato (TIANO, 1998, apud, PRADO et al., 2009), que permitem a adesão de poeiras, terras e resíduos orgânicos que favorecem o crescimento posterior de outros organismos. Também podem causar a dissolução da rocha (ALLSOPP, 2002; apud, PRADO et al., 2009).

Uma pesquisa, cujo objetivo foi registrar e avaliar os processos de biodeterioração em pedra-sabão e quartzito, visando a elaboração de técnicas para restauração de três diferentes monumentos históricos do estado de Minas Gerais, foi realizada por Resende e colaboradores em 1992. Os monumentos históricos, em quartzito e pedra-sabão escolhidos como objetos da pesquisa foram, a Igreja de São Francisco de Assis em Ouro Preto (Fig. 4), a Igreja Bom Jesus de Matosinhos em Congonhas (Fig. 5) e a Igreja Nossa Senhora Mãe dos Homens, no Caraça (Fig. 6). Os resultados encontrados mostraram que bactérias quimiorganotróficas foram predominantes sobre outros micro-organismos na colonização das pedras. A contaminação bacteriana foi maior na pedra-sabão do que no quartzito. Este fato pôde ser explicado pelo valor de pH mais alto da pedra-sabão, resultando, por outro lado, num número menor de colonização por fungo, em comparação com as amostras de micro-organismos isoladas de quartzito. No quartzito da Igreja Nossa Senhora Mãe dos Homens, no Caraça, região considerada sem poluição, foi observado grande crescimento de musgo (RESENDE et al., 1992).



Fig. 4. Igreja de São Francisco de Assis, Ouro Preto, MG.

Fonte: RESENDE et al., 1995



Fig. 5. Igreja de Bom Jesus de Matosinhos, Congonhas, MG.

Fonte: RESENDE et al., 1995



Fig. 6 . Igreja Nossa Senhora Mãe dos Homens, Caraça.

Fonte: RESENDE et al., 1995

Em outro trabalho realizado por Resende e colaboradores, em 1995, foi pesquisada a produção de ácido por fungos isolados das pedras de monumentos históricos do estado de Minas Gerais. Os fungos foram cultivados em meio líquido de Czapek-Dox com 3% de glicose a 28°C e, após 14 dias, as medidas do pH final do meio foram determinadas. Foram obtidas 51 culturas de fungos produtores de ácido (89%) com valores de pH <5,00 nas pedras da Igreja São Francisco de Assis em Ouro Preto. As espécies que apresentaram maior produção de ácido foram *Aspergillus punicus* (pH 4,60), *Penicillium nigricans* (pH 4,60) e *P. expansum* (pH 4,05). As maiores variedades de espécies de fungos foram encontradas nas amostras isoladas das pedras de Ouro Preto. Quatro espécies (23,5%) de 17 fungos, isolados em Congonhas produziram ácido (pH <5,00), entre estes, *Acremonium* sp. (pH 4,33), *Fusarium osysporum* (pH 4,78) e *Mucor*

*hiemalis* (pH 3,99). Os fungos isolados do Caraça apresentaram a mais baixa produção de ácido, tendo sido isolada uma cultura de *Pleiochaeta* sp. (pH 6,0) (RESENDE et al., 1995).

O ambiente industrial de Ouro Preto contém no ar, poluentes como fluoretos, dióxido de enxofre e matéria particulada (VON-PLELWE-LEISEN et al., 1994), fato que pode favorecer o crescimento de micro-organismos produtores de ácido. Por outro lado, Congonhas é considerada uma área de baixa poluição ambiental (VON-PLELWE-LEISEN et al., 1994). O Caraça é considerado região com ausência de poluição, fato este que poderia influenciar na microbiota da região (RESENDE et al., 1995).

Vários métodos de limpeza de micro-organismos contaminantes da superfície das pedras dos monumentos históricos de Minas Gerais foram pesquisados, entre eles o uso de diferentes biocidas (BECKER et al., 1994). Vários biocidas foram testados na remoção dos líquens das esculturas dos profetas de Aleijadinho na Igreja Bom Jesus de Matosinhos, em Congonhas. O biocida que apresentou melhor resultado na limpeza dos profetas foi o Asseptin A, que promoveu a remoção dos líquens sem afetar a estrutura da pedra (RESENDE et al., 2006) (Fig. 7 e 8).



Fig. 7. Manto do profeta Abdias, Igreja de Bom Jesus de Matosinhos, Congonhas, MG, antes do tratamento com biocida.

Fonte: RESENDE et al, 2006.



Fig. 8. Manto do profeta Abdias, Igreja de Bom Jesus de Matosinhos, Congonhas, MG, um ano após o tratamento com biocida.

Fonte: RESENDE et al., 2006.

O Convento Franciscano de Santo Antônio em Recife, Pernambuco (Fig. 9) é um dos bens de inestimável importância, sendo o sétimo convento erigido no Brasil, datando do século XVII. A igreja possui imagens do século XVIII e a única coleção de azulejos holandeses no Brasil. Neste local foi realizado um estudo, cujo objetivo foi identificar fungos presentes nos azulejos e revisar a patogenicidade destes para humanos. Foram isolados fungos filamentosos e uma levedura artrosporada, comumente considerados contaminantes de ambientes com condições favoráveis à sua disseminação, e agentes de alergias e micoses. Os fungos filamentosos apresentam frequentemente reprodução assexuada com produção de conídios que, dispersos pelo ar ou pela água irão se fixar em novo substrato podendo germinar e produzir novas colônias. A umidade absorvida pelo revestimento é fator condicionante para o aparecimento, manutenção e extensão da contaminação fúngica (PEDI et al., 2009).



Fig. 9. Azulejos da parede sul do claustro do Convento de Santo Antônio do Recife, PE. com indício de contaminação fúngica.

Fonte: PEDI et al., 2009.

Segundo Reys (2008) a cidade de São Paulo possui aproximadamente 440 obras de arte e monumentos públicos. A maioria desses monumentos históricos, esculpidos em granito ou mármore, apresenta processos de degradação que comprometem a estrutura estética dos mesmos (Fig. 10). A deterioração dessas rochas normalmente ocorre tão lentamente que se torna pouco perceptível ao longo do ciclo de vida humana. Em regiões mais periféricas, principalmente próximas à Cidade Universitária, Ibirapuera, Aclimação, Avenida Paulista e Higienópolis, analisou-se monumentos e foram diagnosticadas estruturas biológicas em argamassas e fuligem, tais como, esporos e filamentos de fungos, cianobactérias, ramificações de um possível líquen, fibra vegetal (material alóctone), foraminíferos e conchas de moluscos.



Fig. 10. Colonização biológica diagnosticada com a alteração da coloração no monumento: Os fundadores de São Paulo.

Fonte: REYS, 2008.

Na cidade histórica da Lapa, Paraná, em pesquisa realizada na Universidade Federal do Paraná, foram analisados blocos do Theatro São João (Fig. 11) e da Casa da Cultura (Fig. 12), dois monumentos históricos importantes construídos em pedra, cujas paredes estão sendo atacadas por fungos e bactérias. No Theatro, construção com quase 130 anos, as paredes construídas com blocos de arenito, e a Casa da Cultura, no muro externo, também de arenito, havia sinais evidentes de biodeterioração (LOPES, 2003).



Fig. 11. O Theatro São João, na Lapa, PR.

Fonte : LOPES et al., 2003.



Fig. 12. A Casa da Cultura, na Lapa, PR..

Fonte: LOPES et al., 2003.

Em Porto Alegre foram coletadas amostras de biofilmes em prédios históricos, que datam no começo do século XX, sendo estes: Gabinete do Vice-Governador (Fig. 13), Igreja São Geraldo (Fig. 14) Igreja Nossa Senhora das Dores (Fig. 15, 16) Igreja do Santo Antônio do Partenon e Igreja São Judas. Foram obtidos 71 isolados de bactérias, sendo que a Igreja Nossa Senhora das Dores apresentou maior diversidade, fato que pode ser relacionado com a umidade do local. Prevaleceu o número de Gram negativas em relação às Gram positivas. Dentre as bactérias Gram positivas a maioria apresentou morfologia celular de bacilos. Dos isolados de *bacillus* todos foram resistentes a concentração de 5% de cloreto de sódio ao meio, enquanto menos da metade foram resistente a concentração de salina a 10%. Acredita-se que os isolados que cresceram no meio com 10% de sal têm maior facilidade e resistência para desenvolver em paredes. A maioria dos isolados foram capazes de produzir emulsificantes o que pode explicar a ação deteriorativa (KIEL, 2005).



Fig. 13. Gabinete do vice governador, Porto Alegre, RS.

Fonte: KIEL, 2005.



Fig. 14. Igreja são Geraldo, Porto Alegre, RS.

Fonte: KIEL, 2005.



Fig. 15. Igreja Nossa Senhora das Dores, Porto Alegre, RS.

Fonte: KIEL, 2005.



Fig. 16. Biofilme da Igreja Nossa Senhora das Dores, Porto Alegre, RS.

Fonte: KIEL, 2005.

## 8 Preservação dos monumentos históricos

Atualmente, há uma consciência de preservar e restaurar o patrimônio histórico e artístico em todas as suas formas de manifestações produzidas tanto em tempos pré-históricos, como em atuais. Na segunda metade do séc. XIX surgiram duas linhas de pensamentos, que tentaram suprir os conceitos teóricos da restauração. A primeira linha de pensamento foi desenvolvida por Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc que acreditava que a restauração como imitação e reconstrução no estilo original é permissível e utilizam como parâmetro padrões estéticos firmemente estabelecidos. Mediante a este pensamento subentende-se que seja realizada a reconstrução da obra ou monumento e não sua recuperação. A segunda linha de pensamento foi desenvolvida por Willian Morris e John Ruskin, que acreditavam que a obra ou monumento deveriam ser recuperados de maneira a representar, o mais fielmente possível, o que um dia já foi, preservando, deste modo, suas características iniciais (GIOVANELLA, 2009).

Antigamente, os reparos eram feitos jogando fora rocha degradada, e colocando-se um novo material parecido com o anterior, o que destruía toda originalidade do monumento. Atualmente com o avanço científico e técnico da humanidade, novos materiais e técnicas de construção e restauração foram se desenvolvendo, como também novas atitudes foram sendo criadas no sentido de valorizar e restaurar os bens patrimoniais (REYS, 2008).

De acordo com a Carta de Atenas de Outubro de 1931, item VII a conservação dos monumentos e a colaboração internacional:

“A conferência, profundamente convencida de que a melhor garantia de conservação de monumentos e obras de arte vem do respeito e do interesse dos próprios povos, considerando que esses sentimentos podem ser grandemente favorecidos por uma ação apropriada dos poderes públicos, emite o voto de que os educadores habituem a infância e a juventude a se absterem de danificar os monumentos, quaisquer que eles sejam, e lhes façam aumentar o interesse, de uma maneira geral, pela proteção dos testemunhos de toda a civilização” (CARTA DE ATENAS 1931).

Os monumentos de artes históricas passam por processos de biodeterioração intensos. O clima e a falta de consciência cultural de preservação são fatores que contribuem com a deterioração dos monumentos. É essencial que a população local tenha consciência da importância e riqueza de seu patrimônio. Além disso, é necessário que projetos de restauração contemplem diagnósticos eficazes que levam à suspensão das causas geradoras da deterioração, de modo a garantir a reabilitação e a integridade das obras às futuras gerações (REYS, 2008).

“A conferência, convencida de que a conservação do patrimônio artístico e arqueológico da humanidade interessa à comunidade dos Estados, guardiã da civilização, deseja que os Estados, agindo no espírito do Pacto da Sociedade das Nações, colaborem entre si, cada vez mais concretamente para favorecer a conservação dos monumentos de arte e de história. Considera altamente desejável que instituições e grupos qualificados possam, sem causar o menor prejuízo ao Direito Internacional Público, manifestar seu interesse pela salvaguarda das obras-primas nas quais a civilização se tenha expressado em seu nível mais alto e que se apresentem ameaçadas. Emite o voto de que as proposições a esse respeito, quando submetidas à organização, de cooperação intelectual da Sociedade das Nações, possam ser recomendadas à favorável atenção dos Estados.”

A limpeza e a manutenção dos monumentos devem sempre ser feita com o intuito de preservar a superfície do monumento e valorizar o bem patrimonial, eliminando as substâncias nocivas da superfície. É necessário conhecer a rocha em estudo, para se efetuar um diagnóstico correto, para que haja uma intervenção sem efeitos colaterais, e principalmente que essa intervenção seja mínima, visando preservar o valor histórico da obra (REYS, 2008).

“Nos casos em que uma restauração pareça indispensável devido à deterioração ou destruição, a conferência recomenda que se respeite a obra histórica e artística do passado, sem prejudicar o estilo de nenhuma época. A conferência recomenda que se mantenha uma utilização dos monumentos, que assegure a continuidade de sua vida, destinando-os sempre a finalidades que o seu caráter histórico ou artístico” (CARTA DE ATENAS, 1931).

É imprescindível o papel dos conservadores-restauradores, por meio de escolas profissionais e técnicas que garantam um bom aprendizado, não só técnico, como cultural e histórico das obras, criando um sentimento de cidadania na população (REYS, 2008).

Medidas preventivas são tomadas quando os materiais estão em risco. Estas medidas podem ser físicas, como secagem ou arrefecimento, ou químicas, adicionando um biocida ou conservante (ALLSOPP, 2004). Os fungicidas sintéticos e outros produtos químicos são aplicados sobre os monumentos podendo afetar o meio ambiente. Estudos estão sendo realizados com intuito de obter extratos de plantas medicinais que podem ser utilizados efetivamente nos monumentos como fungicidas. Este estudo pretende mostrar qual planta medicinal que deve ser utilizada, atividade antifúngica e quanto de extrato da planta é letal para espécies fúngicas (GUPTA, 2011).

As tintas possuem vários compostos que servem como nutrientes para o crescimento dos micro-organismos. A colonização acarreta o comprometimento das funções decorativas e protetoras do produto. Devido a essa colonização os formuladores de tintas têm tomado medidas preventivas por meio de emprego de agentes microbicidas (biocidas) na composição das tintas. Existem no mercado cerca de 200 diferentes substâncias microbicidas, cujo mecanismo de ação depende do contato físico entre o componente químico e o micro-organismo e da ação do componente no metabolismo ou estrutura do micro-organismo, podendo destruir, controlar ou repelir os organismos (BACH & RANGEL 2005). Esses biocidas empregados, apesar de apresentarem um espectro de atividade mais específico, são substâncias ecologicamente aceitáveis, porém ainda geram uma discussão sobre o impacto ambiental. Dependendo da concentração os biocidas podem ter ação microbiostática ou microbiocida (BARRIONUEVO, 2004).

## **9 Tratamento dos monumentos históricos**

O material a ser usado durante o tratamento deve respeitar as características físicas da estrutura original e ~~deve~~ possuir uma capacidade de envelhecimento similar à dos antigos revestimentos para evitar incompatibilidades funcionais e estéticas dos monumentos. O consolidante deve possuir algumas características como: ter boa profundidade de

penetração, não deve alterar a porosidade do revestimento original, ~~deve~~ ter boa capacidade de transferência de umidade. Além do mais o consolidante deve ter compatibilidade química com o revestimento a ser tratado e não deve mudar o aspecto estético do monumento (TAVARES, et al., 2005).

Pesquisadores da Universidade de Atenas, na Acrópole, estão trabalhando para testar um biocida, produto composto quaternário de amônia, ~~para~~ na tentativa de que talvez, com este produto, seja possível restaurar os monumentos acometidos por micro-organismos. Outra solução utilizada pelos restauradores foi a retirada da fonte de energia desses micro-organismos, ou seja, com a retirada do oxigênio, os fungos não sobrevivem.

“Restauradores fizeram esses procedimentos para matar fungos com aparência de algodão-doce em artefatos africanos que sofreram com inundação em um prédio universitário de Nova Orleans quando o Furacão Katrina ocorreu. ~~disse Koestler~~. Como os fungos sobrevivem no oxigênio, foi criado um ambiente com pouco oxigênio lavando os objetos com argônio” (KOESTLE, 2008)

A biodeterioração de monumentos por fungos e bactérias pode ser controlada utilizando substâncias químicas. Alguns estudos sugerem uma série de produtos adequados a essa finalidade, como enzimas, bactericidas, fungicidas, algacidas, tensoativos e sabões, taninos, fenóis e gases (LOPES et al.,2003) .O cobre é usado por profissionais da área da preservação por ser uma substância extremamente tóxica às células dos micro-organismos, devido ao sinergismo com diferentes substâncias orgânicas. Além disso, o cobre tem efeito letal sobre bactérias e fungos mesmo em doses baixas (RESENDE, 1997, 2008).

<b>Tempo (Dias)</b>	<b>Tratamento (Biocidas)</b>	<b>UFC (Milhares/G)</b>	<b>Declínio (%)</b>
14	Sulfato de cobre (2,5%) + sulfato de zinco (2,5%)	750	58
14	Sulfato de cobre (1,5%) + sulfato de zinco (2,5%)	310	72
14	Sulfato de cobre (0,75%) + sulfato de zinco (2,5%)	570	71
14	Sulfato de cobre (5%)	290	88
14	Sulfato de zinco (5%)	290	77
14	Testemunha	1.240	23

Fig: Efeitos dos tratamentos sobre a população de bactérias 14 dias após a aplicação dos biocidas

Fonte: LOPES et al.,2003.

## 10 Conclusão

A biodeterioração de monumentos históricos é um processo que ainda precisa ser mais conhecido. Os primeiros estudos sobre o assunto foram realizados na Europa. No Brasil existem poucos trabalhos dedicados a essa matéria. Considerando a quantidade de cidades históricas no país, seriam necessários mais estudos sobre o assunto. A preservação e a restauração desses monumentos são de fundamental importância, uma vez que a história de uma nação ou país está representada, muitas vezes, nas suas obras de arte. É preciso que haja atuação dos poderes públicos, e empenho dos educadores em incentivar, desde a infância e a juventude em cultivar a sua história, educando os cidadãos para se abster de qualquer ato que venha degradar os monumentos. Só assim a sociedade poderá tomar consciência de seu papel diante da valorização do patrimônio histórico de seu país.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLSOPP, D; SEAL, K. J; GAYLARDE, C. C. Introduction to Biodeterioration. 2º Edição, Printed in the United States of America, 2004.
2. BACH, E. E; RANGEL; A. R. Biodeterioração de tintas a base de água por fungos. Centro Universitário Nove de julho. Exacta, São Paulo, vol. 3, pag. 79-84, 2005.
3. BARRIONUEVO, M. R. E. Biodeterioração produzida por biofilmes de fungos e cianobactérias nas ruínas de jesuítas das missões e avaliação do seu controle. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2004.
4. BECKER, T.; KRUMBEIN, W. E; WARSCHEID, T; RESENDE, M. A. Investigations into Microbiology. In IDEAS – Investigation into Devices Against Attack on Stones. Geesthacht: GKss Fosrch, Geesthacht, GmH, 147-185, 1994.
5. CARTA DE ATENAS, Escritório Internacional dos Museus Sociedade das Nações, 1931, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.
6. GAYLARDE, C. C; MORTON, L. H. G; LOH, K; SHIRAKAWA, M. A. Biodeterioration of external architectural paint films. International Biodeterioration & Biodegradation Volume 65, Issue 8, December 2011, p. 1189-1198.

7. GAYLARDE, C .C; GAYLARDE, P. M; Biodeterioration Of Historic Buildings In Latin America. Depto. Biophysics & MIRCEN, Federal Univ. Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil, 2002.
8. GIOVANELLA, R. Propriedades tecnológicas da madeira relacionadas com a preservação e restauração do patrimônio histórico. Tuiuti: Ciência e Cultura, n. 41, p. 97-105, Curitiba, jan. - jun. 2009.
9. GUPTA S. P; SHARMA K. Biodeterioration and preservation of Sita Devi Temple, Deorbija, Chhattisgarh, India. international journal of conservation science, vol. 2, 2011.
10. KIEL, G. Diversidade bacteriana em biofilmes de superfície externa em prédios históricos na cidade de Porto Alegre. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
11. KOESTLER, R. Micróbios destroem monumentos e ameaçam histórias. The Smithsonian Museum Conservation Institute/The New York Times, 2008.
12. LOPES, C. V. G; CARVALHO, F. J. C; KRIEGER, N. Biodeterioração ataque de micro-organismos a monumentos históricos. Engenharia ambiental, Ciência Hoje, vol. 34 , nº 200, dezembro de 2003.
13. PEDI, N; CONCEIÇÃO, E; FERNANDES, M. J; MASSA, D; NOGUEIRA, E; RIBEIRO, P; LEMOS, S; ARCORVEDE, J. H; LEMOS, S; MARSDEN, A; NEVES, R. **Fungos isolados em azulejos do Convento de Santo Antônio.** Recife, Pernambuco, 2009.
14. PRADO, A. C. C.; SCALON, V. R.; SOUSA, H. C.; PEREIRA, C. A. A vida sobre o patrimônio: Biodeterioração e conservação da cantaria, em Ouro Preto, MG, Brasil. X Congreso Iberoamericano de Extensión Universitaria Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.

15. RESENDE, M. A. Biodeterioração de monumentos históricos. Cap. 15, In: Melo, I. S. & Azevedo, J.L. editores, **Microbiologia Ambiental**, Hamburg Gráfica Editora, São Paulo, p. 335-356, 1997, 438 pp.
16. RESENDE, M. A. Fungos biodeteriogênicos em prédios históricos de pedra. In: Videla, H. A. & Giudice, C. A. editores. **Jornadas Científico Tecnológicas sobre Prevencion y Proteccion del Patrimonio Cultural Iberoamericano de los Efectos del Biodeterioro Ambiental. Memorias**. Buro Grafik S.R.L., La Plata, Argentina, p. 79-103, 2002.
17. RESENDE, M. A. Biodeterioração de monumentos históricos. Cap. 22, In: Melo, I. S. & Azevedo, J.L. editores, 2<sup>a</sup>. Ed. **Microbiologia Ambiental**, Hamburg Gráfica Editora, São Paulo, p. 501-520, 2008, 647 pp.
18. RESENDE, M. A; LEITE, C. A; WARSCHEID, T; BECKER T; KRUMBEIN, W.E. Microbiological investigations on quartzite and soapstone of historical monuments in Minas Gerais, Brazil. In Latorre William C. & Gaylarde, OC, Anais do First Labs. Latin American Biodeterioration Symposium. Campos do Jordão, SP., 17-22, 1992.
19. RESENDE, M. A; REZENDE, G. C; VIANA, E.M; BECKER, T; WARSCHEID, T. Acid production by fungi isolated from historic monuments in the Brazilian state of Minas Gerais. In: Gaylarde, OC, Saccol de Sá, E & Gaylarde, PM. Anais do Second Labs. Latin American Biodeterioration Symposium, Gramado, RS, 63-67, 1995.

20. RESENDE, M. A; BECKER, T.; WARSCHEID, T. Tratamento e controle das esculturas dos profetas da Igreja Bom Jesus de Matozinhos, Congonhas, MG, com biocida. Projeto IDEAS, CETEC, MG, Abril de 2006.
  
21. REYS, A. C.; LAMA, E. A.; DEHIRA K. L. **Monumentos da cidade de São Paulo: Formas de alteração e conservação.** Revista, São Paulo, n. 5, p. 93-122, nov. 2007/abr. 2008.
  
22. SILVA, M. E.; ROESER, H. M. P. **Mapeamento de deteriorações em monumentos históricos de pedra-sabão em Ouro Preto.** Revista Brasileira de Geociência, 2003. 33(4):331-338.
  
23. SHARMA, K.; LANJEWAR, S. **Biodeterioration of ancient monument (Devarbija) of Chhattisgarh by fungi.** Journal of Phytology Microbiology, 2010. 2(11):47-49.
  
24. SOUSA, V; PEREIRA, F. D; BRITO, J. **Rebocos Tradicionais: Principais Causas de Degradação.** Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal. 2005.
  
25. VON PLELWE-LEISEN, E; WENDLER, E; SNETHLAGE, R; KLEMM, D; CASTELLO BRANCO, E; SANTOS A. F. Summary of the interdisciplinary results of the working groups. In IDEAS – Investigation into Devices Against Attack on Stones.17-42, 1994.
  
26. VUKOJEVIĆ, J. B; LJALJEVIĆ, G. R.; BIĆ, M. V. **Role of fungi in biodeterioration process of stone in historic buildings.** Institute of Botany and Botanical Garden “Jevremovac”.University of Belgrade, Takovska 43, 11000 Belgrade, Serbia 2009.

27. ZANIRATO, S. H. **Experiências de prevenção de riscos ao patrimônio cultural da humanidade.** Ambiente e Sociedade (Campinas), v. 13, p. 151-164, 2010.
28. SAIZ. C. J. **Biodeterioração: Uma Visão Geral do Estado-da-Arte e Avaliação dos rumos futuros.** Instituto de Recursos Naturales y Agrobiologia, CSIC, Apartado 1051, 41080 Sevilla, Espanha.
29. TAVARES, M. L; AGUIAR, J; VEIGA, M. R. **Uma metodologia de estudo para a conservação de rebocos antigos - o restauro através da técnica de consolidação.** In: VI Seminário brasileiro de tecnologia das argamassas, Florianópolis, Maio de 2005.