

Wívian Patrícia Pinto Diniz

**Preservação e acesso - vitrine com controle de umidade
para material fóssil: um estudo de caso em clima quente
e úmido**

Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Belas Artes
Mestrado em Artes Visuais
2006

Wívian Patrícia Pinto Diniz

**Preservação e acesso - vitrine com controle de umidade
para material fóssil: um estudo de caso em clima quente
e úmido**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Artes
Visuais da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de
Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Artes Visuais.

Área de Concentração: Arte e Tecnologia da Imagem

Orientador Luiz A. C. Souza
Co-Orientadora Eleonora Sad de Assis

Belo Horizonte
Escola de Belas Artes / UFMG
2006

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, antes de tudo;

Ao meu filho Alceu por me permitir tempo para refletir;

Ao orientador Prof. Luiz Souza pela amizade, confiança e compreensão;

À profa Eleonora Sad de Assis pelas muitas horas de conversa, colaboração e apoio emocional;

A equipe do Departamento de Microbiologia – ICB/UFMG, especialmente a Profa. Maria Aparecida Resende e ao aluno Rodrigo Arantes, pela grande e fundamental ajuda em relação à coleta e identificação dos fungos;

A equipe técnica do MHNJB, especialmente a museóloga Cláudia Cardoso, pelo apoio em todas as etapas da pesquisa;

A todos que de alguma forma contribuíram durante todos estes anos com este trabalho;

A Deus pela oportunidade de viver esta experiência única.

A bengala, as moedas, o chaveiro,
a dócil fechadura, as tardias
notas que não lerão os poucos dias
que me restam, os naipes e o tabuleiro.
Um livro e em suas páginas a seca
violeta, monumento de uma tarde
sem dúvida inesquecível e já esquecida,
o rubro espelho ocidental em que arde
uma ilusória aurora. Quantas coisas,
limas, umbrais, atlas, taças, cravos,
nos servem como tácitos escravos,
cegas e estranhamente sigilosas!
Durarão para além de nosso esquecimento;
Nunca saberão que nos fomos num momento.

As coisas

Jorge Luis Borges

Sumário

Lista de Figuras	viii
Lista de Quadros	xi
Lista de Tabelas	xi
Lista de Siglas e Reduções	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1 - INTRODUÇÃO	p. 01
2 - ESTADO DA ARTE	p. 03
3 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROBLEMA	
3.1 O objeto de estudo	p. 08
3.2 Diretrizes de preservação para coleções de Paleontologia	p. 10
3.3 Sistema tampão para estabilização da UR	p. 17
3.4 Ventilação e design em uma vitrine de exibição	p. 30
3.5 Simulação do comportamento térmico da edificação.....	p. 36
3.6 Conclusões sobre o problema.....	p. 39
4 - EXPERIMENTAL	
4.1 Plano geral de trabalho - Etapas de investigação.....	p. 40
4.2 Levantamento de dados.....	p. 41
4.3 Elaboração do sistema	p. 46
5 - RESULTADOS - ANÁLISE E DISCUSSÃO	
5.1 O macro ambiente	p. 58
5.2 A edificação	p. 63

5.3 A coleção	p. 77
5.4 O sistema	p. 96
6 - CONCLUSÕES	p. 115
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	p. 117
8 - ANEXOS	
8.1 Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – sílica gel.....	p. 121
8.2 Entrevista realizada no dia 09 de maio de 2002 com o prof. Mauro Agostinho C. Ferreira	p. 123
8.3 Produto Saran Wrap.....	p. 125
8.4 Módulo fabricado pela Microclimate Technology	p. 126
GLOSSÁRIO	p. 127

Lista de Figuras

Figura 1: Localização do MHNJB na cidade de Belo Horizonte	p. 08
Figura 2: Conteúdo de umidade em equilíbrio (CUE) da madeira, representado em porcentagem de material seco.	p. 19
Figura 3: gráfico com valores mensais de umidade relativa e temperatura em Belo Horizonte no período 1961-1990.	p. 59
Figura 4: gráfico com valores médios diários na região do Horto, para dia padrão em fevereiro.	p. 60
Figura 5: gráfico com valores médios diários na região do Horto, para dia padrão em julho.	p. 60
Figura 6: gráfico com valores mensais de precipitação e pressão em Belo Horizonte no período 1961-1990.	p. 61
Figura 7: gráfico com valores mensais de pressão, insolação e nebulosidade em Belo Horizonte no período 1961-1990.	p. 62
Figura 8: Forro em PVC e tesouras em madeira. Foto da Primeira Ala.	p. 63
Figura 9: Acesso único para a Exposição de Paleontologia do Museu de História Natural da UFMG.	p. 64
Figura 10: Acesso único, visto internamente. Primeira ala.	p. 64
Figura 11: equipamentos para mediação de UR e T utilizados no monitoramento, marca Hanwell.	p. 65
Figura 12: Monitoramento MHNJB – sensor externo, período entre 05/dez/02 a 04/jan/03.	p. 66
Figura 13: Monitoramento MHNJB – sensor interno a edificação, período entre 05/dez/02 a 04/jan/03.	p. 67
Figura 14: Monitoramento MHNJB – sensor interno a vitrine, período entre 05/dez/02 a 04/jan/03.	p. 67
Figura 15: Monitoramento MHNJB – sensor externo, período entre 17/dez/02 a 24/dez/02.	p. 68
Figura 16: Monitoramento MHNJB – sensor interno a edificação, período entre 17/dez/02 a 24/dez/02.	p. 68

Figura 17: Monitoramento MHNJB – sensor interno a vitrine, período entre 17/dez/02 a 24/dez/02.	p. 69
Figura 18: Vitrines e painéis museográficos junto as paredes externas.	p. 70
Figura 19: Janelas externas vedadas permanentemente e os vidros pintados na cor marrom.	p. 70
Figura 20: Vegetação abundante ao redor de toda a edificação, causando sombreamento nas paredes.	p. 71
Figura 21: Escoamento das águas pluviais próximo a base das paredes, acumulando água.	p. 73
Figura 22: extintores manuais colocados nas paredes e quadro de luz interno.	p. 76
Figura 23: Localização dos nichos dentro da edificação.	p. 83
Figura 24: Primeira ala do espaço expositivo.	p. 84
Figura 25: Nicho 1 apresentando maquete sobre como ocorre o processo de fossilização na natureza.	p. 85
Figura 26: Nicho 3 representando o período Mesozóico.	p. 85
Figura 27: Exemplares contidos no nicho 5.	p. 86
Figura 28: Exemplares contidos no diorama.	p. 86
Figura 29: Segunda ala do espaço expositivo.	p. 87
Figura 30: Exemplares contidos no nicho 8.	p. 88
Figura 31 e 32: Detalhe interno dos nichos, apresentando a iluminação fluorescente embutida e a tela entre o ambiente da vitrine e os painéis superiores.	p. 90
Figura 33: base inferior do nicho. Observar as manchas brancas (mofo) e o cadeado que garante a segurança.	p. 91
Figura 34: múmia de morcego, exposta no nicho 13. Observar a sujidade aderida aos pêlos e sobre a base expositiva.	p. 91
Figura 35: Resultado da coleta de fungos realizada nos dias 09/dez/02, 16/dez/02 e 13/jan/03.	p. 92
Figura 36: sílica gel colocada no sachê de tecido conhecido como “filó”.	p. 96
Figura 37: sílica gel colocada na câmara secadora para exposição a uma determinada UR gerada por solução salina saturada, colocada sob a base perfurada.	p. 97
Figura 38: Gráfico da Curva CUE da sílica gel experimentada.	p. 98

Figura 39: as duas caixas em acrílico.	p. 99
Figura 40: Detalhe da caixa pequena com a sílica nos sachês.	p. 100
Figura 41: Detalhe do tubo para distribuição do ar dentro da caixa grande.	p. 103
Figura 42: Esquema de montagem do sistema.	p. 104
Figura 43: garrafa de contato utilizada para expor o ar do sistema a solução salina saturada.	p. 106
Figura 44: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sensor externo ao sistema (interno à edificação), período entre 17/mai/04 a 04/ago/04.	p. 109
Figura 45: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sensor interno ao sistema, período entre 17/mai/04 a 04/ago/04.	p. 110
Figura 46: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sobreposição dos gráficos da edificação e do sistema, logo após o ativamento do mesmo. Período entre 17/mai/04 a 24/mai/04.	p. 111
Figura 47: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sobreposição dos gráficos da edificação e do sistema, demonstrando quando a variação de UR começou a se estabilizar na faixa pretendida. Período entre 24/mai/04 a 31/mai/04.	p. 111
Figura 48: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sobreposição dos gráficos da edificação e do sistema, demonstrando a faixa onde a UR se manteve estabilizada durante o período do experimental, voltando a se elevar vagarosamente e permanecendo ao redor de 50%.Período entre 29/jul/04 a 05/ago/04.	p. 112
Figura 49: Gráfico com o resultado da coleta de fungos realizada no dia 04/jun/04 nas instalações do MHNJB e no sistema proposto.	p. 114

Lista de Quadros

Quadro 1: Pontos de coleta dos fungos nos nichos, ambientes e fachadas externas.	p. 53
Quadro 2: Pontos de coleta dos fungos nos fósseis.	p. 54
Quadro 3: Preparação meio Ágar Sabouraud.	p. 56
Quadro 4: Preparação meio Ágar fubá.	p. 56
Quadro 5: Preparação meio Czapek-Dox.	p. 56
Quadro 6: Espécies de fungos isoladas de diferentes locais do Museu de História Natural UFMG.	p. 93
Quadro 7: Pontos de coleta dos fungos após a instalação do sistema.	p. 113

Lista de Tabelas

Tabela 1: Conteúdo Absoluto de Umidade para alguns tipos de sílica gel. Os números em parênteses representam a diferença em conteúdo de umidade em cada intervalo, ou "valor M".	p. 23
Tabela 2: Compostos e porcentagem correspondente de umidade relativa em relação à solução saturada.	p. 26
Tabela 3: Quantidade aproximada de sal à se adicionada a 1 litro de água para produzir uma solução salina saturada a temperatura ambiente.	p. 26
Tabela 4: M (g de umidade ganha (perdida) por kg de sílica gel por 1% de aumento (decréscimo) na UR) para sílica gel.	p. 49
Tabela 5: Tabela resumo com dados climáticos mensais na cidade de Belo Horizonte no período entre 1961-1985.	p. 58
Tabela 6: Sais utilizados para identificação da curva do Conteúdo Específico de Umidade.	p. 98

Lista de Siglas e Reduções

UR – Umidade relativa.

MHNJB – Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais.

UV – radiação ultra-violeta emitida pela luz natural e por algumas fontes luminosas artificiais.

CUE – Conteúdo de Umidade em Equilíbrio ou em inglês: *EMC – Equilibrium Moisture Content*.

GCI – Getty Conservation Institute. The Getty Conservation Institute - 1200 Getty Center Drive, Suite 700 - Los Angeles. <http://www.getty.edu/conservation/>.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - Av. José Cândido da Silveira, 2000, 31.170-000, Belo Horizonte, MG.

CECOR – Centro de Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis/Escola de Belas Artes/Universidade Federal de Minas Gerais – Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha-31.270-901, Belo Horizonte, MG.

Resumo

DINIZ, Wívia Patrícia Pinto. **Preservação e acesso - vitrine com controle de umidade para material fóssil: um estudo de caso em clima quente e úmido**. Belo Horizonte, 2005. 141f. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais)-Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais, UFMG, 2005.

Este trabalho apresenta um estudo de caso desenvolvido no Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG - MHNJB com o objetivo de obter melhores condições de preservação para a Coleção de Paleontologia através da abordagem efetivamente integrada do comportamento ambiental natural e da concepção do sistema expositivo. Descreve o processo adotado para elaborar um novo sistema envolvendo a investigação sistemática dos objetos que constituem o acervo (características físicas e vulnerabilidades à degradação) e do comportamento ambiental natural como referência para definir as diretrizes de preservação a serem adotadas. Partindo da realidade identificada no MHNJB, aborda a necessidade em se promover condições de preservação que atendam a duas demandas muitas vezes antagônicas: guarda – acesso.

Foi testado um sistema híbrido (recurso ativo e passivo) à partir da revisão da teoria de Thomson adotando-se, entretanto, uma troca de ar maior (através do uso de ventilação forçada) em conjunto com o uso de material tampão. A eficiência do sistema foi analisada em função da sua capacidade de efetivar o tamponamento e reduzir a contaminação biológica existente.

Palavras-chave: Conservação preventiva / Museografia / Coleções e preservação / Climatologia / Conforto ambiental

Abstract

DINIZ, Wívia Patrícia Pinto. **Preservação e acesso - vitrine com controle de umidade para material fóssil: um estudo de caso em clima quente e úmido**. Belo Horizonte, 2005. 141f. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais)-Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais, UFMG, 2005.

This work presents a case study developed in Museum of Natural History and Botanical Garden of UFMG - MHNJB with the objective to obtain better preservation conditions for the Collection of Paleontology involving an integrated approach of the natural environmental behavior and of the conception of the exhibition system. It describes the process adopted to elaborate a new system involving the systematic investigation of the objects that constitute the collection (physical characteristics and vulnerabilities to degradation) and the natural environmental behavior as reference to define the preservation guidelines to be adopted. Leaving of the identified reality in MHNJB, it approaches the need in promoting preservation conditions which a priori could be considered antagonistic: guard - access.

A hybrid system was tested starting from the revision of Thomson's theory, being adopted a change of larger air exchange (through the use of forced ventilation) together with the use of buffering material. The efficiency of the system, therefore, was analyzed in function of its capacity to buffer the humidity and to reduce the existent biological contamination.

Key-Words: Preventive conservation / Exhibition design / Collections and preservation / Climatology / Environmental comfort

1. INTRODUÇÃO

O edifício de um museu e seu entorno são os aspectos mais importantes no cuidado de uma coleção quando visamos desenvolver uma política de preservação. Por isto, nos últimos anos temos visto muitos museus reconhecendo a necessidade de conhecer e controlar aspectos ambientais (umidade relativa, luz e temperatura; microorganismos, infestações biológicas e contaminantes) como estratégia de conservação preventiva para minimizar os efeitos nocivos destes aspectos nos objetos.

O condicionamento do estado higrotérmico do ar dentro dos ambientes construídos é a forma mais comum de se obter condições climáticas adequadas, normalmente através do uso de sistemas mecânicos para resfriamento e/ou aquecimento do ar e muitas vezes para umidificação e/ou desumidificação. Na prática, controlar o comportamento climático de uma edificação através da utilização de sistemas ativos pode representar custos elevados, tanto para instalação quanto para funcionamento adequado destes equipamentos.

Observamos então uma gradativa demanda por sistemas que abordem mais amplamente o estabelecimento das condições ambientais internas em edificações através da atuação em escalas variadas, à partir do entorno da edificação, da própria edificação e por fim dos sistemas de exposição (determinados pela museografia).

Esta forma de abordagem considera a redução dos espaços a serem submetidos a formas mais refinadas de controle ambiental, bem como evidencia a necessidade de áreas técnicas e administrativas voltadas em conjunto para compreensão de como a preservação do bem cultural pode ser afetada pela forma de uso, dentro e fora do museu, possibilitando afinal uma efetiva gestão de conservação preventiva.

Cabe salientar que é recente e pioneira no Brasil esta forma de abordagem. Há 20 anos o CECOR vem cumprindo o papel de vanguarda sobre o tema da Conservação Preventiva, inicialmente pelos cursos que o ICCROM realizou através da Profa. Beatriz Coelho e posteriormente pela atuação do Prof. Luiz A. C. Souza com trabalhos relevantes em várias instituições culturais brasileiras e internacionais.

O Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG – MHNJB reconhece este enfoque como estratégia de preservação quando coloca à nossa disposição o seu Acervo de Paleontologia para este estudo de caso. Portanto, consideramos neste trabalho a análise dos fatores ambientais do entorno e da edificação onde a coleção está permanentemente exposta, bem como das características materiais dos objetos que integram esta coleção como premissa para definição de critérios a serem efetivamente aplicados a museografia da exposição.

Partindo destes critérios e, sob o enfoque da realidade de uma instituição pública (o MHNJB está vinculado a uma Universidade Federal, a UFMG) e da necessidade de soluções técnicas com custo reduzido, foi desenvolvido um sistema expositivo que aperfeiçoa as condições ambientais das vitrines expositivas atuais em prol do estabelecimento de melhores condições de preservação para a coleção.

Procuramos também contribuir como referência para conservadores de museus, museógrafos e arquitetos, na medida em que utiliza para estudo de caso uma relevante coleção utilizada em pesquisas científicas, sob guarda permanente e abrigada em um ambiente com características de clima quente e úmido praticamente durante todo o ano; contexto comum a diversos museus brasileiros. Este sistema contribuirá ainda como um recurso técnico simples para o estabelecimento de diretrizes de conservação preventiva.

2. ESTADO DA ARTE

Ao desenvolver este trabalho tomamos como base conceitual o amplo enfoque da Ciência da Conservação, tornando-se expressiva a definição de conservação preventiva apresentada por Cassar (1995) onde fica evidente a necessidade de integração entre dois aspectos distintos, o técnico e o organizacional, para uma efetiva gestão:

Conservação preventiva: termo usado para descrever a ampla atividade que é cuidar de uma coleção de museu. Esta atividade requer tanto habilidades técnicas quanto gerenciais, e uma compreensão de como a preservação pode ser afetada pelo modo que a coleção é utilizada pela comunidade, dentro ou fora do museu (CASSAR, 1995, tradução nossa).

Esta definição expõe claramente o conceito adotado na presente pesquisa, pois considera o estudo dos fatores ambientais do entorno e da edificação, bem como das características materiais dos objetos que integram a coleção como premissa para reflexão e definição dos critérios de conservação que definirão as características do sistema expositivo a ser proposto. As ponderações de Cassar sobre controle climático passivo de ambientes são reconhecidamente trabalhos de referência em relação à gestão ambiental de patrimônio cultural. A autora comenta a ampla atividade de preservar coleções de museus considerando abordagens técnicas e administrativas aliadas à compreensão de como esta preservação pode ser afetada pela forma de uso.

As potencialidades da integração de métodos passivos e autônomos de controle ambiental para a execução de vitrines de exibição em museus têm sido apontadas por Cassar como um recurso muito interessante no sentido de promover uma alternativa mais realista na gestão ambiental de bens culturais, apontando este recurso como possibilidade para redução de custos de instalação e manutenção, e principalmente redução do impacto que os sistemas mecânicos ativos causam quando são instalados nas edificações. O controle climático em vitrines através da utilização de sistemas ativos

é dificultado porque normalmente não são dimensionados para atuar em volumes reduzidos de ar, comprometendo assim a conservação dos objetos ali abrigados.

Quanto aos principais fatores ambientais que afetam as coleções, umidade relativa e temperatura, Stolow (1987), Cassar (1995) e outros comentam que uma vitrine pode atuar como barreira para as condições ambientais, estabilizando as flutuações destes fatores. Porém, complementam que não existem parâmetros universais para auxiliar a especificação construtiva de vitrines em função da sua eficiência em promover um determinado controle das flutuações climáticas. Assim é fundamental, tanto no caso de vitrines novas quanto em reutilização de vitrines existentes, que se estabeleça individualmente o nível de proteção ambiental que este micro ambiente deve promover para o acervo através de uma investigação direcionada para esta finalidade. No Brasil temos no contexto regionalizado características climáticas muito diferenciadas. Portanto, para definirmos quais parâmetros ambientais devem ser adotados para a preservação de determinada coleção, é necessária uma investigação direcionada para diagnóstico das condições atuantes como premissa.

Para a estabilização da umidade relativa em vitrines, o uso de materiais absorventes como a madeira, papel e algodão em vitrines de museus tem sido demonstrado amplamente por Padfield em seus diversos artigos publicados¹. Um dos artigos mais conhecidos foi publicado em 1966 pela Revista *Studies in Conservation*, (PADFIELD, 1966) onde comenta sobre a redução da taxa de troca de ar como recurso para estabilização da UR e do uso de filtros para controlar poluentes dentro do sistema fechado. Vale comentar que estes estudos foram realizados em climas europeus, onde a ação de fatores biológicos diretamente ligados a ambientes confinados ou com pouca troca de ar é minimizada pelas tipologias climáticas locais.

Um dos primeiros cientistas da conservação, Thomson (1977), define que a melhor maneira de avaliar a capacidade de tamponamento de uma vitrine é através da sua velocidade de troca de ar, ou seja,

¹ Disponível em: <http://www.natmus.dk/cons/tp/index.htm>

quanto mais baixa esta velocidade, mais estável é o ambiente dentro da vitrine. A investigação do período de meia-vida como método para prever as variações da UR dentro de vitrines não seladas foi experimentalmente comprovado no célebre artigo deste autor: *Stabilization of RH in Exhibition Cases: hygrometric half-time*, (THOMSON, 1977) até hoje utilizado como referência para este tipo de avaliação experimental. Pesquisadores como Maekawa e Daniel (1993, 1992) aplicaram este método em tipos comerciais de embalagens para acervos vendidas no mercado americano com o objetivo de verificar experimentalmente o rendimento destas caixas em relação ao tamponamento da UR.

O uso de materiais seguros e testados está muito bem discutido por Tetreault (1994) no seu artigo: *Display Materials: The good, the bad and the ugly*. O autor analisa diversos materiais comumente utilizados para construção de vitrines para identificação da ocorrência de substâncias voláteis e outros contaminantes gasosos, encontrado na maioria dos ambientes internos de museus. Também comenta que muitas vezes estes poluentes podem ser diluídos no ambiente pela frequência adequada de trocas de ar através de um bom sistema de ventilação. Portanto, reforça que dentro de vitrines onde a troca de ar for mantida em níveis reduzidos estas concentrações podem se elevar e ainda, que todos os materiais utilizados nas vitrines devem ser quimicamente estáveis e não corrosivos. Alguns tipos de madeira, materiais compostos, adesivos, selantes, tintas e vernizes podem emitir substâncias nocivas para uma grande faixa de materiais e, portanto devem ser testados antes de serem definitivamente utilizados na museografia.

A necessidade em reconhecer os critérios de conservação adequados ao contexto da coleção como etapa prévia fundamental para definição de qualquer sistema expositivo é identificada em inúmeros trabalhos de referência. Portanto, para a identificação destes critérios é necessária uma investigação das condições físicas dos objetos, suas vulnerabilidades em relação aos fatores ambientais e como podem ser mantidos em segurança em relação a estes fatores dentro da realidade local (STOLOW, 1987 e THOMSON, 1997). Além destes aspectos relativos aos objetos é fundamental a identificação e

avaliação das condições ambientais atuantes no local onde os objetos serão mantidos para que as soluções propostas possam estar o mais próximo possível da realidade institucional (CASSAR, 1995 e RAPHAEL, 1998). Em caso de vitrines mistas, com diversas tipologias de objetos, devemos atender aos requerimentos ambientais dos objetos mais vulneráveis. No nível mais baixo da escala de proteção alguns objetos somente necessitarão de proteção física contra danos acidentais e/ou vandalismo.

Para especificação dos fatores ambientais específicos para Coleções de Arqueologia, estudo de caso desta pesquisa, podemos encontrar em poucas bibliografias internacionais (HOWIE, 1979 e COLLINS, 1995) a indicação para acondicionamento de material paleontológico em condições de 45% e 55% para umidade relativa e para temperatura entre 15 e 25°C, com flutuações diárias mínimas. Ainda segundo estas referências bibliográficas, o ar deve ser filtrado para particulados, como também no caso de ambientes com presença de poluentes como dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio e sulfeto de hidrogênio. Quanto à luz, as faixas de radiação ultra-violeta devem ficar nos níveis mais reduzidos possíveis e a luz visível deve ser mantida abaixo de 500lux devido aos efeitos do aquecimento pela radiação infravermelho. No caso específico das múmias estes valores devem chegar a no máximo 50 lux (HOWIE, 1979 e COLLINS, 1995).

Outros fatores de risco como vibração e impacto, vandalismo, manipulação e montagem também são comentados por Howie (1979) e Collins (1995). Ressaltamos que, ao mesmo tempo em que estes pesquisadores indicam estes critérios como adequados, esclarecem em relação à compatibilização destes critérios com a realidade da instituição e com a possibilidade de estabelecer condições próprias e autônomas para manutenção dos sistemas propostos para estabelecer estes critérios.

No plano acadêmico, os estudos aqui citados produziram informações que vêm sendo disponibilizadas para conservadores/restauradores no que concerne às vantagens desta abordagem em relação as que tradicionalmente atendem às necessidades de controle ambiental em ambientes com bens culturais

através do uso de sistemas de ar condicionado em museus sem compatibilização com as condições ambientais naturais do local e da edificação.

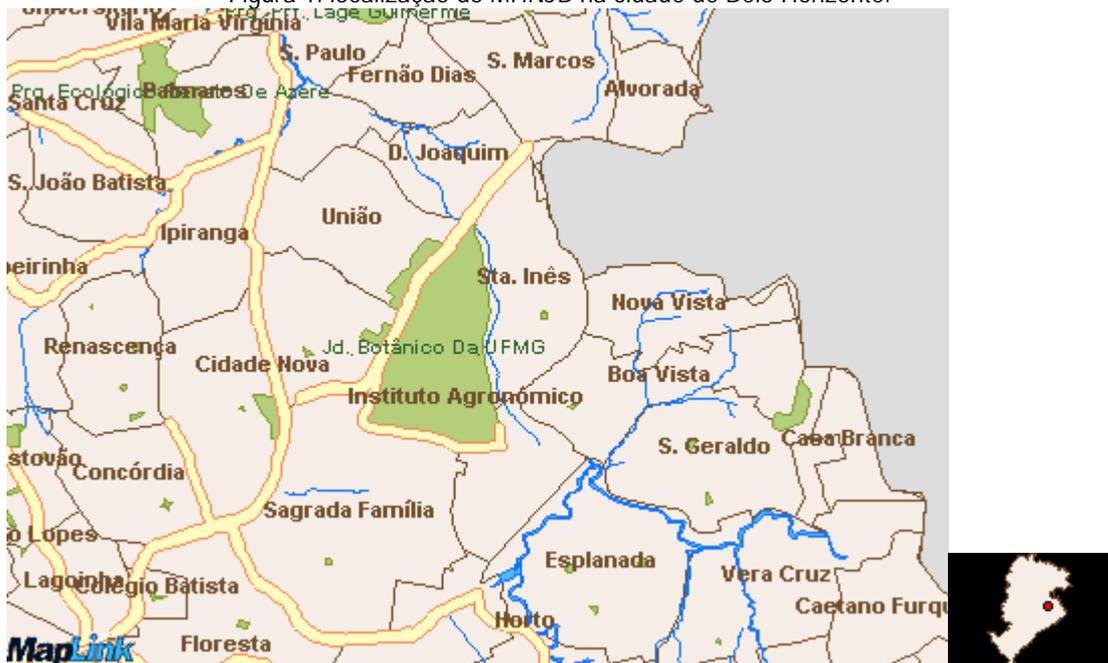
No que se refere ao contexto tecnológico este tema está favorecendo o desenvolvimento de sistemas expositivos mais autônomos com utilização voltada para o mercado da conservação preventiva em museus e servindo como possível referência técnica para montagens de exposições para conservadores, museógrafos, arquitetos ou qualquer outro profissional envolvido com esta atividade.

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROBLEMA

3.1 O objeto de estudo

Nosso estudo de caso está localizado no Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG – MHNJB, à Rua Gustavo da Silveira, 1.035, bairro Santa Inês, cidade de Belo Horizonte, MG. A instituição configurou-se órgão suplementar da reitoria da UFMG a partir de 1986, com regimento interno aprovado em 1994. Desenvolve trabalhos nas áreas de pesquisa científica, museologia e extensão, além de programas de educação ambiental. As duas exposições temáticas permanentes são as de Paleontologia e de Mineralogia, além do Presépio do Pipiripau e a Sala de Ciências.

Figura 1: localização do MHNJB na cidade de Belo Horizonte.



Seu acervo é composto por coleções de geologia, zoologia, botânica, arqueologia, etnografia, arte popular e obras raras. A área onde está inserido é de 640.000 m², com um jardim botânico que preserva em sua mata diversas espécies dos ecossistemas brasileiros.

A Exposição de Paleontologia, uma das duas montagens permanentes, é nosso objeto de estudo. Sobre a trajetória da coleção, Ferreira (2002) conta que sua formação remonta aos *"primórdios de criação do museu, porém uma parte do conjunto antecede esta criação porque já constituía a coleção da Academia Mineira de Ciências."* Sobre a Mostra, diz que

A abordagem da exposição é praticamente voltada para um tipo de fauna que aqui [Minas Gerais] se extinguiu por volta de 10.000 anos, uma fauna bem característica brasileira; as preguiças, o tamanduá, o tatu e o urso; que estiveram aqui no período antigo. Esta coleção também tem uma grande importância por ser o estado de Minas Gerais o berço dos trabalhos de LUNDI e de outros naturalistas que estiveram aqui no séc XIX. (FERREIRA, 2002).

A Coleção de Paleontologia do MHNJB representa uma fauna típica de Minas Gerais constituída basicamente de material fossilizado, mumificados e réplicas. Como acervo de uma universidade, situa-se entre duas funções distintas; as pesquisas científicas e o público em geral, principalmente crianças em período escolar. Além disso, o Museu de História Natural está implantado em uma área caracterizada como reserva ecológica, com sistemas ambientais (biológicos e climáticos) naturais que devem ser preservados e que, no entanto, são inadequados para esta coleção devido a sua incompatibilidade com diretrizes de conservação para estas coleções.

Este trabalho contempla a avaliação dos sistemas expositivos atuais desta coleção considerando o estudo sistemático dos seus objetos para identificar suas características físicas e vulnerabilidades a fatores externos de degradação², bem como da identificação destes fatores no ambiente. Também irá propor um novo sistema fundamentado em critérios ambientais para conservação preventiva da coleção, definidos à partir das características ambientais naturais analisadas.

² Temperatura, umidade relativa, material particulado e poluentes, organismos biológicos, materiais reativos e luz.

3.2 Diretrizes de preservação para coleções de Paleontologia

O uso de sistemas ambientais adequados e de qualidade é fundamental para a efetiva preservação de coleções de Paleontologia. Segundo Fitzgerald (1995), o estabelecimento de condições ambientais corretas para estas coleções deve considerar aspectos como segurança, parâmetros climáticos e proteção física. O autor determina também que melhorias nas condições ambientais irão resultar em aumento de longevidade para o objeto.

3.2.1 Segurança

Os recursos para segurança não irão atuar diretamente nas condições de preservação de um objeto até o momento em que ocorre um vandalismo ou acidente. Portanto, para configurarmos um sistema de segurança completo a instituição deve elaborar um plano de emergência para situações imprevistas.

A segurança considera todas as etapas do armazenamento e pode ser identificada através de três principais áreas potenciais: Incêndio, roubo e inundação. Falhas em qualquer uma destas áreas podem anular rapidamente bons resultados obtidos por uma boa curadoria ou por condições ambientais adequadas sendo, portanto, um fator evidente de perdas para as coleções.

Incêndio

Todas as coleções devem estar protegidas do fogo. Este agente é rápido e devastador, causa fumaça, calor e danos secundários pela água utilizada para combatê-lo. As principais considerações devem ser direcionadas para a manutenção periódica das instalações prediais e para os sistemas de detecção e combate. Os métodos mais utilizados para combater incêndios em museus ainda são o uso de *sprinklers* e extintores manuais. Ações e rotinas desenvolvidas junto ao corpo técnico do museu podem

manter o risco de incêndio afastado. Por exemplo, realizar treinamento para o uso de extintores manuais e montar uma brigada de combate a incêndio.

Roubo e Vandalismo

O problema de roubo e vandalismo não está limitado somente aos exemplares da coleção, mesmo que muitos destes possam ser de alto valor financeiro, como são muitos exemplares arqueológicos. Também é freqüente estas ações em relação à documentação de apoio, como relatórios e fichas. Devemos prever um controle de acesso a todo este material para evitar que criminosos, funcionários, visitantes, estudantes e colecionadores desejem possuir algum objeto da coleção, de forma inadequada.

O vandalismo é muito comum em espaços de exposição e deve ser tratado como um problema real. Ações mais específicas como análise de riscos podem ser necessárias, juntamente com a colocação de sensores e alarmes nas áreas identificadas como vulneráveis. O controle efetivo das chaves também é essencial e por fim, os funcionários devem ser conscientizados sobre a importância daquele patrimônio e da sua colaboração ao permanecerem atentos aos visitantes, ao fechar corretamente as portas e ao reportar qualquer problema aparente.

Inundação

Exceto por uma escolha inadequada do local de implantação do prédio (próximo a rios e fundos de vale, por exemplo), as inundações normalmente são causadas por vazamentos no telhado, tubulações entupidas, descarga incidental dos *sprinklers*, drenos entupidos e uso de chuveiros de emergência. Portanto, muitos problemas podem ser afastados através de uma boa manutenção predial. Quanto a disposição correta do acervo para prevenir danos por água, Fitzgerald (1995) diz que

exemplares arqueológicos não devem nunca ser armazenados no chão. Armários e prateleiras baixas devem estar elevados do chão por pelo menos quinze centímetros. As coleções não devem ser mantidas em área de subsolo mesmo que esta apresente condições ambientais estáveis e que tenham sido instalados sistemas especialmente projetados (tradução nossa).

Além disso, consideramos que o acervo deve ser mantido afastado de janelas com problemas de vedação e paredes com infiltrações.

3.2.2 Condições ambientais

Para Howie (1979), a maioria dos exemplares arqueológicos é susceptível a degradações causadas por variações na temperatura, umidade e iluminação inadequada. Muitos são afetados pela poluição atmosférica e vibração excessiva. No caso específico do material paleontológico ocorre uma maior sensibilidade quanto às variações de temperatura e umidade, entretanto, os outros fatores podem ser considerados em um nível mais reduzido.

Umidade relativa

A umidade relativa – UR é o fator ambiental com maior atuação nos exemplares paleontológicos, sob formas diretas e indiretas. Segundo Thomson (1997), quando não for possível obter as condições ideais de UR para a preservação de um acervo, devemos possibilitar a redução das flutuações diárias destas condições para evitar alterações dimensionais nos objetos em função destas alterações climáticas.

Fitzgerald (1995) diz que exemplares sensíveis como osso sub-fossilizado³, marfim e dentes respondem com alterações dimensionais às flutuações de UR. Além disso, a secagem destes materiais pode gerar rachaduras e deformações. Para Howie (1979) o nível mínimo de UR a que devem ser expostos estes exemplares é de 45%, porém níveis acima de 60% podem ser tolerados. Nos

³ Segundo Shelton e Johnson (1995, citado por COLLINS, C. 1988) "osso sub-fossilizado é 'osso que foi submetido a condições ambientais sem oxigenação e depois foi soterrado...[porém] não foi... submetido a nenhuma mineralização secundária.'"(tradução nossa).

exemplares contendo sais solúveis, grandes flutuações nos níveis de UR podem causar o desenvolvimento de eflorescência salina superficial, manchas e lascas.

A ocorrência de altos níveis de UR, de forma geral, permite crescimento de fungos e bactérias que causam efeitos adversos às coleções de Paleontologia. Lafontaine (1982) estabelece que a 70% de UR as condições para desenvolvimento de fungos estão próximas de atingir as características ideais, que segundo Thomson, (1997) são alcançadas em cerca de 80% de umidade relativa. Estes parâmetros são claramente analisados por Valentin em suas pesquisas. Para a autora,

a mínima UR requerida pela maioria dos microorganismos para seu desenvolvimento está acima de 80%. No entanto, UR mais baixas entre, 65-75%, em combinação com outros fatores como temperatura, ventilação inadequada e poeira pode produzir o crescimento microbiológico em objetos constituídos de celulose e proteínas. (Valentin, 1996).

A ação dos microorganismos está amplamente discutida por Child (1995) em um artigo onde define, através do estudo da Taponomia⁴ do osso arqueológico, algumas das alterações identificadas em exemplares estudados e que são atribuídas a ação destes fatores biológicos. Taponomia, segundo Shelton e Johnson (1995, citado por JOHNSON, 1985) "*é uma área de intensa atividade em pesquisas, com a determinação dos processos e agentes que causam modificação sendo determinados através de observação em campo e experimentação*". Para os autores, as mesmas condições que facilitam o desenvolvimento de fungos promovem ainda o crescimento de insetos, os quais podem atacar diretamente ou não os fósseis, materiais de acondicionamento, placas ou vitrines de madeira.

Vários autores consideram que um ambiente adequadamente elaborado para abrigar este tipo de acervo deve prever uma ventilação adequada como forma de controle para agentes deteriorantes como fungos e bactérias. O recurso da ventilação tem sido apontado em diversos estudos desenvolvidos por Valentin (1996) como uma eficiente alternativa para reduzir a contaminação por microorganismos:

⁴ "Taponomia é definida como 'o estudo das condições que influenciam a formação do fóssil desde a morte de um indivíduo até sua exposição como fóssil'". (SHELTON e JOHNSON, 1995 apud JOHNSON, E. 1985).

"Identificamos que a UR abaixo de 75% e o ambiente ventilado reduziram significativamente a contaminação microbiológica em amostras do ar assim como o crescimento de fungos e bactérias em materiais históricos".

Segundo Fitzgerald, (1995) uma vitrine bem selada será suficiente para proteger os exemplares das pequenas flutuações de UR, entretanto, não evitará que as flutuações sazonais sejam sentidas pela coleção. Mesmo com controle ambiental, as condições estabelecidas não podem ser ideais para todos os tipos de objetos. Com o uso de vitrines ou embalagens é possível promover alguns valores específicos de UR através da utilização de materiais tampão como a sílica gel ou de módulos ativos que produzam um fluxo de ar com um teor constante de umidade.

Umidificadores e desumidificadores portáteis também podem ser utilizados em áreas específicas de uma edificação. O uso da superfície de paredes externas para expor a coleção deve ser evitado para reduzir riscos de condensação superficial de umidade nestas paredes.

Temperatura

A temperatura também é um fator importante para a conservação preventiva, primeiramente porque afeta de forma direta a umidade relativa. Nos ambientes construídos normalmente este fator está ajustado para o conforto humano. A elevação da temperatura age nos materiais utilizados para conservação dos exemplares arqueológicos; como consolidantes e adesivos, pois com o aumento da temperatura estes ficam mais macios, podendo aderir poeira na superfície. Em temperaturas baixas os exemplares arqueológicos ficam frágeis ao impacto.

Para exemplares compostos como, por exemplo, esqueletos montados com fibra de vidro e estruturas metálicas a flutuação de temperatura irá causar um desgaste do conjunto devido a movimentação diferenciada dos materiais. A velocidade das reações químicas também é vinculada a temperatura, sendo que os processos de degradação química são acelerados em temperaturas mais elevadas.

Luz

As principais ações da luz em acervos de Paleontologia são a foto-oxidação de material orgânico causada pela radiação ultra-violeta (UV) e o aquecimento causado pela radiação infravermelha. A descoloração de cores neste tipo de coleção geralmente não ocorre, entretanto, já foi possível observar um aspecto desbotado da cor natural de um exemplar devido ao longo tempo de exposição a uma condição de iluminação inadequada (FITZGERALD, 1995).

No caso de material sub-fossilizado, como chifres e múmias, existe uma maior sensibilidade devido a presença de componentes orgânicos na sua constituição. A radiação UV pode causar a degradação de alguns adesivos e consolidantes utilizados em procedimentos de conservação e a radiação infravermelha também afeta estes materiais através do aquecimento das superfícies (HOWIE 1979).

Poluição

Os poluentes podem ser de natureza gasosa ou particulado. Devido aos danos que causam é sempre indicado que o ar penetrante no ambiente de guarda de acervos seja filtrado adequadamente. Na montagem dos locais de armazenagem e exibição somente devem ser utilizados materiais comprovadamente estáveis, como polietileno, polipropileno, algodão natural, papel desacidificado, poliestireno e acrílico. Evite materiais que liberam gases reativos voláteis como vapores ácidos, formaldeído, peróxidos e aminas (TÉTREAUULT, 1994).

Considerando fatores internos ao prédio, sabemos que muitos dos produtos de limpeza, tintas, adesivos e materiais derivados da madeira como aglomerados, são fontes de poluentes. Para evitar a presença de vapores voláteis aconselhamos que não sejam utilizados materiais que liberem estes vapores em vitrines e armários. Estes poluentes causam, em geral, enfraquecimento do material, perda de elasticidade e desnaturação de proteínas. As formas como estes poluentes podem ocorrer nos ambientes, bem como suas características e formas de controle estão muito bem descritas por Tétreault (1994) em um artigo onde identifica estes fatores como potenciais agentes de deterioração.

Os poluentes podem ser controlados nos sistemas de ar condicionado e/ou de ventilação através do uso de filtros. Nos objetos, o uso de capas protetoras contra poeira podem ser utilizados, mais devem permitir a ventilação do objeto. Ainda devemos manter as áreas de exibição e armazenamento afastadas das áreas de pesquisa e possibilitar sistemas de ventilação diferenciados para estes ambientes, pois a preparação de material fóssil coletado produz muita sujeira e muito material em suspensão no ar.

Proteção física, manipulação, vibração e impacto

Danos causados por este tipo de ação são bastante comuns. A maioria está relacionada a manipulação ou mesmo durante a abertura de armários e gavetas. Muitas vezes uma manutenção adequada deste mobiliário pode minimizar este problema. Outras fontes de risco, como transporte, também podem causar danos se forem exemplares frágeis e ocorrer em frequência significativa.

Exemplares que caíram ou romperam durante a manipulação é considerado fato comum porque os fósseis são sempre mais frágeis do que aparentam devido o processo de fossilização ser muito variável. Mesmo quando ocorre uma alta porcentagem de mineralização os fósseis podem romper ou ser incapazes de suportar seu próprio peso. Para a identificação de exemplares sem necessitar de tocá-los, a colocação de etiquetas legíveis posicionadas onde possam ser vistas sem a necessidade de manipulação do objeto. Embalagens transparentes também é um ótimo recurso para reduzir a manipulação. As gavetas e armários devem ser revestidos com materiais inertes para prevenir abrasão e reduzir a transmissão de vibrações.

3.3 Sistema tampão para estabilização da umidade relativa

É reconhecida pela ciência da conservação que a ocorrência de variações bruscas e constantes nas condições ambientais é uma causa freqüente de danos ao patrimônio cultural. Assim, curadores e conservadores estão cada vez mais conscientes da importância em manter suas coleções sob condições ambientais controladas e estáveis, com níveis adequados de luz, temperatura e principalmente de umidade relativa.

O controle das flutuações de umidade relativa geralmente envolve a manutenção dos objetos dentro de sistemas fechados, promovendo ambientes internos com trocas reduzidas de ar com o ambiente externo, ou seja, lenta o suficiente para que o ar interno permaneça adequadamente protegido das variações climáticas que por ventura ocorram lá fora. O exemplo mais simples deste tipo de situação seria a colocação de objetos dentro de edificações ou ainda, numa segunda linha de ação, através do uso de vitrines para exibição como recurso para escalas reduzidas de ar. O controle das variações de umidade relativa também pode ser estabelecido através de recursos mecânicos instalados nos ambientes construídos, como através do uso de umidificadores, desumidificadores e unidades de ar-condicionado. Segundo Thomson (1997), existem duas maneiras não mecânicas para redução das variações de UR em vitrines de exibição através do uso de materiais tampão ou de algumas soluções salinas; entretanto, cada um destes métodos age segundo princípios completamente diferentes.

Sobre o tamponamento de umidade relativa em vitrines, Appelbaum (1991) diz que

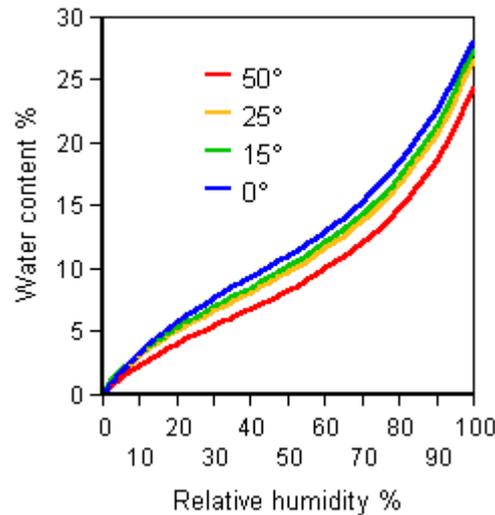
o tamponamento irá tornar as flutuações dentro da vitrine menores do que no ambiente. Para os objetos mais sensíveis, uma vitrine tamponada em um ambiente sem controle algum de UR, variando entre 20-80% resultará ainda em altas variações sazonais. Uma vitrine tamponada em um ambiente com UR entre 35-65% irá produzir um ambiente bem mais estável.

Lafontaine (1984) definir o termo tampão citando o *Webster's New Collegiate Dictionary*: "[...]como 'Alguns dispositivos ou materiais para reduzir o impacto devido ao contato' ". Segundo ainda o autor, no que se refere ao controle de umidade o termo tampão possui um significado similar: "Um material ou substância utilizado para minimizar alterações na umidade relativa de um determinado volume de ar, as quais ocorreriam de outra forma devido às mudanças climáticas do ambiente externo."

Um material tampão da umidade relativa troca vapor de água com o ar que o rodeia. Esta troca de vapor de água é regulada pela lei do equilíbrio termodinâmico, ou seja, o material troca vapor de água com o ar circundante até que, em um certo momento, a mesma quantidade de vapor de água entra e sai do material estabilizando seu comportamento termodinâmico. Sendo assim, o conteúdo de vapor de água contido no material se estabiliza com o ambiente exterior, permitindo que este material atue como regulador das variações de umidade relativa ao seu redor. A partir daí, se a UR do ambiente cai, o material tampão, no intuito de se manter em equilíbrio com o ar irá perder umidade para este possibilitando que a UR do ambiente volte a se elevar e vice-versa, no caso da UR ambiental se elevar. Segundo Ghichen, (1981) qualquer material com características de material tampão é capaz de reduzir flutuações de UR ao seu redor, mesmo que esta flutuação seja causada por uma mudança na temperatura ou pela troca de ar com outro ambiente.

O comportamento termodinâmico de cada material se caracteriza pela sua relação "conteúdo de umidade x umidade relativa" expressa em gráficos onde cada ponto mostra uma determinada quantidade de vapor de água contida no material quando o equilíbrio termodinâmico é alcançado a cada novo valor de UR. Esta curva se chama - *Equilibrium Moisture Content - EMC* ou conteúdo de umidade em equilíbrio – CUE (GHICHEN, 1998). Cada material possui sua própria capacidade para absorção de vapor de água, caracterizada por sua própria curva. A seguir temos a curva da madeira (Figura 2), sendo que diversos materiais como algodão, linho, lã, seda e sílica gel apresentam comportamentos similares, identificados como materiais porosos e higroscópicos.

Figura 2: Conteúdo de umidade em equilíbrio (CUE) da madeira, representado em porcentagem.



Fonte: PADFIELD, Tim.; *Relative humidity buffering by water absorbent materials*. 1996. Disponível em: <http://www.natmus.dk/cons/tp/rhbuff/buffer1.htm>. Acesso em: 14 fev 2002.

Observando o gráfico percebemos que a curva não é linear. Em um aumento de 0% a 10% e acima de 70% de UR por exemplo, a aceleração da curva é bem mais representativa. Na faixa intermediária, entre 10% e 70%, a capacidade da absorção de umidade na madeira se reduz. Portanto, a caracterização de um material tampão é feita pela curva CUE, onde é possível identificar a velocidade que o material troca vapor de água com o ar circundante e em qual faixa de UR o determinado material atua satisfatoriamente como tampão. Sendo assim, materiais orgânicos são caracterizados como tampão devido a:

- Sua total capacidade de absorver vapor de água,
- Sua capacidade de absorção em diferentes níveis de UR e
- Sua velocidade de resposta, ou seja, o tempo gasto para alcançar um novo equilíbrio termodinâmico quando exposto a novas condições de UR. (GHICHEN, 1998).

Quanto à utilização de materiais orgânicos para estabilização de UR em sistemas fechados, alguns autores indicam algumas ponderações porque estes materiais apresentam instabilidade biológica e química. Um material tampão ideal deve ser, segundo Ghichen (1998); sólido, estável biológica e quimicamente, ter uma capacidade reguladora em todas as faixas de UR e ter uma alta capacidade de

absorção de vapor de água quando a UR for 100%. Alguns materiais inorgânicos possuem estas propriedades, incluindo produtos industrializados como as argilas artificiais e a sílica em forma de grão ou sílica gel.

3.3.1 Tipos de materiais tampão utilizados pela conservação preventiva

“Art-sorb ”

É um gel híbrido de sílica desenvolvido pela empresa japonesa Fuji-Davison Chemical LTD. e possui o máximo poder regulador na faixa mais ampla de UR possível. Esta sílica gel híbrida apresenta a curva CUE quase linear, significando uma capacidade reguladora constante entre 0% e 100%. A dificuldade de utilização deste material no Brasil deve-se ao alto custo e dificuldade de aquisição, pois se trata de material importado.

As argilas sintéticas

São capazes de trocar uma grande quantidade de vapor de água com o entorno, sendo também utilizadas como material tampão por preencherem os principais requerimentos, ou seja, são quimicamente inertes, biologicamente neutras, dimensionalmente estáveis e muito porosas. Sua fórmula simplificada é $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (GUICHEN, 1998). Da mesma forma que alguns tipos de sílica gel, estas argilas são vendidas em bolsas feitas de tela sintética muito permeável ao vapor de água. Cada bolsa equivale a uma unidade, sendo que o peso de cada unidade varia de acordo com a indústria e com o país onde foi fabricada. Alguns nomes comerciais são: “Dydragyl”, da companhia francesa Dydra, e “Nikka Pellet OK”, da empresa japonesa Nippon Kasseihakudo. Também é um material importado.

A sílica gel ou gel de sílica

É fabricada pela indústria química também no Brasil. É uma forma porosa, granular e não-cristalina de sílica de formulação simplificada SiO_2 , a mesma da areia. Esta disponível no mercado em forma de grãos sólidos incolores com diâmetros de 0,1 até 8mm. Possui todas as características já citadas para ser um bom material tampão, trocando vapor de água naturalmente com o ar do entorno através dos inúmeros poros que contem. Existem diversos tipos de sílica gel, podendo variar drasticamente as suas características em função da técnica empregada na sua fabricação; com variações na porosidade, granulometria e curva CUE. Segundo Appelbaum (1991) sua forma padrão chamada "*densidade regular – Tipo A*" é menos eficiente em relação a outros tipos quando exposta a níveis de UR acima de 50%, porém como poucos objetos irão precisar de níveis acima deste, é a mais utilizada em vitrines de museus.

Ao se adquirir a sílica gel é necessário saber as características da sílica que se está adquirindo e sua curva CUE, em que forma será utilizada e a quantidade necessária. O tipo que se deve utilizar é definido em acordo com a faixa de UR que se pretende estabilizar. Muitas vezes é preciso ensaiar uma amostra da sílica se o fornecedor não possui estas informações.

O gel de sílica com indicador

É o mesmo gel de sílica incolor impregnado com cloreto de cobalto, substância que tem a propriedade de variar da cor azul para rosa quando passa de um ambiente seco para úmido. Assim, se o sal de cobalto está azul significa que o ar no entorno apresenta uma UR entre 0% e 20%, se está rosa então a UR está acima de 30%.

3.3.2 Uso de sílica gel para controlar a UR

Segundo Thomson (1997) a utilização de sílica gel como material tampão causa nos conservadores certa confusão porque usualmente este material é utilizado pelas suas propriedades de dissecação. *“A questão é que a sílica gel não possui propriedades secantes irreversíveis como outros dissecantes químicos”* (THOMSON, 1997). Comprovadamente, este material comporta-se de maneira semelhante a madeira no que diz respeito à absorção de umidade, ou seja, se estiver sob condições secas irá doar umidade para o ambiente, se estiver muito úmido fará o inverso, absorvendo vapor de água. A sílica ainda é mais eficiente do que a madeira porque faz esta função mais rápido, possui um reservatório de água maior, é quimicamente inerte e não é inflamável.

Geralmente, a utilidade de um tampão é dimensionada pela sua curva de “conteúdo de umidade em equilíbrio” – CUE. O conhecimento desta característica é utilizado como referência para colocarmos objetos sensíveis a umidade dentro de uma vitrine, pois somente uma pequena parcela da faixa de UR (referida como a faixa de UR aceitável para o objeto) é considerada como variação aceitável de UR para um determinado objeto.

A curva CUE deve ser obtida experimentalmente para cada amostra de sílica gel devido a possibilidade de grande variação destas curvas; até para o mesmo tipo de sílica gel, do mesmo fabricante, em diferentes lotes pode apresentar variações de comportamento. Uma curva obtida para um mesmo tipo de sílica, porém de lotes diferentes, deve servir somente como um modelo aproximado. A curva específica do lote deve ser obtida através de método experimental, amplamente descrito por Weintraub (1981).

A tabela 1, à seguir, apresenta o conteúdo absoluto de umidade para cinco tipos de sílica gel em intervalos de 10% de UR, obtido experimentalmente por este autor. O número em parênteses é a diferença de conteúdo de umidade em cada intervalo. Este número também pode representar a média

“valor M” ou “reservatório específico de umidade”, conceito introduzido por Thomson (1977) onde o valor M representa a quantidade de água em gramas adquirida ou perdida por 1 kg de material tampão quando a UR varia em 1%, ou seja, M caracteriza as propriedades de um material tampão para manter umidade. Um valor M elevado caracteriza uma alta eficiência de tamponamento. No seu artigo, Weintraub (1981) comenta o comportamento termodinâmico de diversos tipos de sílica dentro de diversas faixas de UR, esclarecendo, por exemplo, que um mesmo tipo de sílica pode apresentar uma excelente capacidade de tamponamento em valores reduzidos de UR e em valores acima de 40% pode perder eficiência no seu rendimento. Estudos similares ainda não foram desenvolvidos considerando os tipos de sílica gel disponíveis no mercado brasileiro.

Tabela 1: Conteúdo Absoluto de Umidade para alguns tipos de sílica gel, em gramas. Os números em parênteses representam a diferença em conteúdo de umidade em cada intervalo, ou “valor M”, expresso em gramas.

Umidade Relativa (%)	Tipos de sílica gel				
	RD (densidade regular)	NIKKA	ID 59	TIPO B	III
0	0 (7.0)		0 (2.0)	0 (2.5)	0 (6.5)
10	7.0 (7.0)		2.0 (1.0)	2.5 (1.5)	6.5 (5.0)
20	14.0 (6.5)		3.0 (1.0)	4.0 (1.5)	11.5 (4.5)
30	20.5 (4.5)	8.5 (1.0)	4.0 (1.0)	5.5 (1.5)	16.0 (4.0)
40	25.0 (3.5)	9.5 (1.5)	5.0 (1.5)	7.0 (2.0)	20.0 (6.0)
50	28.5 (2.0)	11.0 (2.0)	6.5 (1.5)	9.0 (3.0)	26.0 (8.5)
60	30.5 (1.5)	13.0 (2.5)	8.0 (3.0)	12.0 (8.0)	34.5 (12.5)
70	32.0 (1.0)	15.5 (3.0)	11.0 (6.0)	20.0 (30.0)	47.0 (20.5)
80	33.0 (1.0)	18.5 (4.0)	17.0 (15.5)	50.0 (20.0)	67.5 (6.5)
90	34.0 (1.0)	22.5	32.5 (61.0)	70.0 (10.0)	74.0 (6.0)
100	35.0		93.5	80.0	80

Fonte: Weintraub: "Studies on the Behavior of RH within an Exhibition Case. Part I: Measuring the effectiveness of sorbents for use in an enclosed showcase", COM Committee for Conservation, 6th Triennial Meeting, Ottawa, 1981.

Observamos pela tabela apresentada que existem diversos tipos de sílica gel com comportamentos termodinâmicos bastante diferenciados e portanto, para utilizarmos corretamente este material como recurso para tamponamento é necessário identificar se o tipo de sílica gel apresenta um valor M adequado para a faixa desejada de UR através do conhecimento da sua curva CUE.

É importante reforçar que o uso de sílica gel como material tampão não estabelece uma UR específica em um ambiente e sim impede flutuações excessivas ao redor de um determinado valor de UR para o

qual a sílica gel foi condicionada, ou seja, a UR em uma vitrine tamponada com sílica gel irá variar dentro da faixa planejada na mesma tendência das condições ambientais e apresentará a mesma média que o ambiente exterior.

Quanto ao uso de sílica gel para proporcionar um nível de UR acima ou abaixo da média do ambiente é necessária a mesma preparação para utilizá-la como tampão devendo estar pré-condicionada ao nível desejado de UR. Um sistema de monitoramento deve então ser estabelecido para confirmar que a sílica está realmente condicionada conforme os índices necessários e para que estes índices sejam identificados quando não estiverem mais sendo correspondidos, necessitando, portanto, de novo condicionamento na sílica. Sendo assim, outro volume de sílica gel para substituição deve estar sempre disponível, adequadamente condicionado nos níveis adequados de UR e pronto para o uso quando o outro for retirado para condicionamento.

Condicionamento da sílica gel

Esta etapa consiste em adicionar umidade à sílica gel até que seu conteúdo específico de umidade atinja o nível pretendido, correspondente a uma determinada UR identificada na curva do Conteúdo de umidade em equilíbrio. Como a umidade não pode ser adicionada diretamente sobre a sílica, é necessária a utilização de métodos adequados a esta finalidade. Segundo Lafontaine (1984), o processo de adição de umidade a sílica é desenvolvido em quatro etapas: secagem, determinação da quantidade necessária, pesagem e adição da umidade necessária. Os métodos para adicionar umidade à sílica são diversos: a) Câmaras de controle ambiental, b) uso de soluções salinas, c) adicionar água em uma câmara de condicionamento, d) método de mistura seca e e) método de passagem forçada de ar.

a) Câmaras de controle ambiental

É relativamente recente o uso de câmaras ambientais mecânicas adquiridas comercialmente e que possibilitam um determinado nível de UR constante em um sistema fechado, para colocação da sílica dentro deste sistema, aguardando assim que entre em equilíbrio sob estas condições. O Módulo de UR fabricado pela PURAFIL é um destes sistemas. É uma pequena caixa portátil do tamanho de um refrigerador, com aberturas onde se pode acoplar uma ou mais vitrines. O módulo envia ar com UR constante, porém sem o controle de temperatura. Para pré-condicionamento da sílica através do uso destes recursos, o material é colocado em uma câmara fechada mantida na UR desejada por este módulo. Para monitorar o processo de condicionamento pesa-se a sílica a cada dois ou três dias até que seu peso pare de variar, atingindo o equilíbrio no seu conteúdo de umidade. Este método é bastante conveniente e custa cerca de cinco mil dólares uma unidade como esta, fabricada pela PURAFIL. Segundo o fabricante, necessita de pouca manutenção. No anexo 4 apresentamos um catálogo referente a um outro destes módulos, fabricado pela *Microclimate Technology Inc*, Toronto, Canadá.

Os métodos de condicionamento da sílica gel apresentados à seguir são mais baratos e também eficientes. O uso de soluções salinas saturadas ou a adição de água por evaporação necessitam da construção de uma câmara razoavelmente bem selada, feita de um material adequado, como acrílico. Deve ser ainda considerada uma bandeja para colocação da sílica dentro desta câmara e um sistema de monitoramento da UR.

b) Soluções salinas

É reconhecido que, imediatamente acima da superfície da água pura é mantida uma umidade relativa de 100%. Quando dissolve-se qualquer substância nesta água a UR será reduzida e, portanto a UR do ar próxima a superfície imediata desta solução será inferior a 100%. Portanto, quando temos uma

solução salina saturada⁵, a UR criada ao seu redor imediato irá depender das características do sal e da temperatura do sistema. Em função destas características, soluções salinas saturadas são utilizadas para obter a umidade desejada dentro de uma sistemas fechados, podendo ser utilizados para pré-condicionamento da sílica gel.

Entretanto, para manter a UR constante através do uso de soluções salinas é necessário que esta solução permaneça todo o tempo saturada. Para garantir a saturação mesmo quando outras condições variam (temperatura, volume da solução) deve haver um excesso de sal na solução já saturada, garantindo haver sempre sal sem solubilizar (sólido) no recipiente. A tabela 2 mostra uma listagem de diversos compostos e seus correspondentes níveis de UR para cada solução. O sal à ser escolhido deve corresponder a UR desejada para uma determinada temperatura.

Tabela 2: Compostos e porcentagem correspondente de umidade relativa em relação à solução saturada.

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)					
	LiCl·H ₂ O	MgCl ₂ ·6H ₂ O	Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	NaCl	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O
10	13,3	34,2	57,9	57,9	75,2	
15	12,8	33,9	56,6	56,6	75,3	
20	12,4	33,6	55,2	55,2	75,5	55,0
25	12,0	33,2	53,8	53,8	75,8	51,0
30	11,8	32,8	52,5	52,5	75,6	

Fonte: LAFONTAINE, R. H., *Silica Gel*, National Museums of Canadá, Canadian Conservation Institute Technical Bulletin, Ottawa, 10, 1984.

Tabela 3: Quantidade aproximada de sal à se adicionada a 1 litro de água para produzir uma solução salina saturada a temperatura ambiente.

LiCl·H ₂ O – Cloreto de Lítio monohidratado	0,85 Kg
MgCl ₂ ·6H ₂ O – Cloreto de Magnésio hexahidratado	3,7 Kg
Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O – Dicromato de Sódio dihidratado	2,9 Kg
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O – Nitrato de Magnésio hexahidratado	2,5 Kg
NaCl – Cloreto de Sódio	0,38 Kg
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O – Nitrato de Cálcio tetrahidratado	6,5 Kg

Fonte: LAFONTAINE, R. H., *Silica Gel*, National Museums of Canadá, Canadian Conservation Institute Technical Bulletin, Ottawa, 10, 1984.

⁵ Para obter uma solução salina saturada devemos dissolver um sal em água pura (destilada ou deionizada) até que não seja possível diluir mais nenhuma quantidade de sal naquela determinada temperatura.

c) Adicionar água em uma câmara de condicionamento

Este método é mais barato em relação ao uso de soluções salinas. Para calcular a quantidade de umidade a ser adicionada é necessário conhecer a quantidade de sílica a ser utilizada e o valor na curva CUE para a umidade relativa que será trabalhada, calculando da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Massa de água necessária} &= \text{CUE} \times \text{massa da sílica seca (Kg)} \\ &= \text{equivalente a medida em litros de água. (LAFONTAINE, 1984)} \end{aligned}$$

Utilizando uma câmara fechada para condicionamento, coloque a quantidade de água determinada, a sílica e feche o sistema. Após a água ter totalmente evaporado (o que pode levar semanas) remova a sílica e pese. A massa final deve ser a somatória da massa de sílica seca e a massa de água determinada no cálculo. Para verificação final se o procedimento foi bem sucedido, verifique o valor da UR dentro da câmara através de um higrômetro.

d) Método de mistura seca

Este método envolve a mistura de sílica condicionada com a sílica seca em um recipiente fechado até que o equilíbrio seja atingido. Para o cálculo da proporção a ser utilizada citaremos um exemplo:

Vamos supor que necessitaremos de 10Kg de sílica gel condicionada para manter a UR em 30% dentro de uma vitrine e que temos disponível uma boa quantidade de sílica grau 01 condicionada a 50% (CUE = 23%). A 30% de UR a CUE da sílica grau 01 é 15%. O cálculo da massa total de sílica necessária é o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Massa de sílica seca} &= \frac{\text{massa de sílica condicionada (kg)}}{1 + \text{CUE (na UR desejada)}} \\ &= \frac{10}{1 + 0,15} \\ &= 8,7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

A massa de água necessária é então:

$$10 \text{ Kg} - 8,7 \text{ Kg} = 1,3 \text{ Kg}$$

Esta água é suprida pela sílica condicionada a 50% de UR. A massa de sílica necessária para suprir a quantidade de água é calculada utilizando a equação (o CUE da sílica condicionada a 50% de UR é 23%):

Massa de sílica condicionada a 50%

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{massa de água}) \times (1 + \text{CUE})}{\text{CUE}} \\
 &= \frac{1,3 \times (1 + 0,23)}{0,23} \\
 &= 7\text{Kg}
 \end{aligned}$$

Coloque em um recipiente 7Kg de sílica gel condicionada a 50% e adicione o restante de sílica seca para completar 10Kg, ou seja, 3Kg . Misture as duas sílicas e feche o recipiente. Em um semana aproximadamente teremos 10Kg de sílica gel com um CUE de 15% e uma UR equivalente de 30%. (LAFONTAINE, 1984).

d) Método de passagem forçada de ar

Os métodos citados anteriormente são mais adequados para quantidades pequenas de sílica. Quando a quantidade de sílica a ser condicionada ultrapassa cerca de 50Kg é inviável utilizarmos câmaras de condicionamento passivo, pois a sílica só pode ser disposta em camadas de no máximo, 2cm (THOMSON, 1997). O Canadian Conservation Institute desenvolveu um método para condicionamento de grandes quantidades de sílica, inclusive sem necessitar a retirada do material da sua embalagem original (LAFONTAINE, 1984).

O princípio é forçar a sílica gel a absorver a umidade através da passagem forçada de ar, contido em um ambiente e mantido com uma determinada quantidade de vapor d'água, dentro do recipiente original da sílica onde é adaptado um ventilador de alta-pressão para gerar sucção. Um método alternativo para obter sucção é o uso de aspiradores de pó com os filtros removidos. O ar é passado pelo recipiente com a sílica diversas vezes até que atinja o equilíbrio com a UR do ambiente. A verificação pode ser feita através de equipamentos de medição ou pela pesagem da sílica.

Poluição e Soluções Salinas Saturadas

Alguns sais degradam com o passar do tempo a tal extensão que podem emitir quantidades mensuráveis de poluentes gasosos e possibilitando risco aos objetos, principalmente os metálicos. Este risco fez com que conservadores de coleções não considerem a possibilidade de uso de qualquer solução salina dentro de uma vitrine fechada. Entretanto, as soluções salinas oferecem algumas vantagens e merecem estudo adicional, pois muitos sais são bastante estáveis no estado cristalino. Estes podem ser identificados e combinados com controladores de poluente de ar (por exemplo, tecido isolante e filtros) incorporados ao design da vitrine no caso da possibilidade de emissão de algum gás ácido.

Como um recurso adicional de segurança, testes com cupons metálicos podem ser instalados na vitrine antes e após a instalação dos sais para monitorar alguma emissão de poluentes. Diversas bibliografias tratam do uso de soluções salinas para obtenção de UR estável. Thomson (1997) descreve os tipos de sais e alguns exemplos de sua utilização. Ghichen (1998) descreve detalhadamente o procedimento para obter as soluções salinas, como utilizá-las em vitrines de exibição, como possibilitar manutenção, vantagens e desvantagens. No boletim técnico publicado pelo CCI (LAFONTAINE, 1984) também é possível encontrarmos estes procedimentos.

3.4 Ventilação e Design em uma vitrine de exibição

Em condições climáticas típicas dos países tropicais, ou seja, quente e úmido, qualquer sistema fechado com a finalidade de abrigar coleções de museus para estabilizar flutuações de UR irá enfrentar o problema da circulação do ar encapsulado, na medida em que a permanência de ar estagnado em ambientes úmidos e quentes promove o desenvolvimento de microorganismos. Ao fecharmos uma vitrine para que mantenha afastados agentes ambientais nocivos e melhore sua capacidade em manter a UR estável, estamos ao mesmo tempo caminhando em direção a algumas situações problemáticas.

Quando ventilamos uma vitrine fechada, o ar que circula para fora leva consigo possíveis poluentes gerados pelo material de construção da vitrine⁶ ou pelos próprios objetos e ainda contribui para manter afastado o risco do aparecimento de microorganismos. Podemos concluir que, em climas quentes e úmidos, a ventilação de espaços confinados torna-se bastante necessária para assegurar a qualidade ambiental interna.

Uma vitrine não constitui uma barreira completa para o ar permitindo que o vapor de água presente neste ar possa circular entre a vitrine e o ambiente por três mecanismos: diferencial de temperatura, diferencial de pressão e difusão simples (THOMSON, 1977). Padfield (1966), em um importante artigo demonstrou claramente que a causa mais importante da variação de UR dentro de uma vitrine é a difusão de ar, principalmente através dos vãos em vitrines não herméticas, como também através da madeira ou de outros materiais utilizados na montagem da vitrine (mesmo através de certos plásticos). As variações nas condições de temperatura e de pressão são mecanismos relativamente secundários. Quanto mais hermética for esta vitrine, menor será o número de renovações de ar.

⁶ Compensado, tinta em secagem, verniz, seladores, madeira tratada ou qualquer outro material que emita gases poluentes como formaldeídos e ácido acético.

Thomson (1977) demonstrou que se colocarmos objetos higrocópicos cuidadosamente aclimatados a 55% de UR dentro de uma vitrine, fecharmos a sua tampa e então submetê-la dia-a-dia a valores externos mais baixos de UR, a UR dentro da vitrine irá flutuar cada vez mais para baixo e por consequência o conteúdo de umidade do seu objeto tão cuidadosamente aclimatado decairá, embora mais lentamente do que se não estivesse protegido pela vitrine.

Segundo ainda Thomson (1977), qualquer que seja o mecanismo, a flutuação da UR é um decréscimo exponencial e pode ser caracterizado pelo período de meia-vida. Para tal, medimos a UR dentro de uma vitrine e a UR do ambiente (que deve ser considerada constante por simplificação) no tempo zero. O período de meia-vida desta vitrine é o tempo gasto para chegar ao meio caminho da flutuação de UR. Portanto, para Guichen (1998) e Thomson (1977) a eficiência de uma vitrine no sentido de estabilizar a UR interna é determinada pelo tempo gasto por uma vitrine com uma UR₁ interna, disposta em um local com UR₂, para atingir uma UR₃, onde:

$$UR_3 = \frac{UR_1 + UR_2}{2}$$

Sendo assim, o período de meia-vida dependerá de dois fatores principais: (1) a velocidade de vazamento do ar da vitrine analisada, digo, em número de trocas de ar por dia, e (2) o material tampão dentro da vitrine. Se não houver absolutamente nenhum material tampão na vitrine então seu período de meia-vida irá ser precisamente o tempo gasto para a metade da troca de ar, desde que a mistura de metade externa e interna de ar estabeleça uma UR média entre as duas situações. Existem duas principais ações para estender o período de meia-vida de uma vitrine: primeiramente reduzimos sua velocidade de vazamento o máximo possível, e segundo podemos adicionar material tampão.

Thomson (1997) determina que em um ambiente sem condicionamento de ar a UR não se mantém constante, muda abruptamente para um novo valor como resultado das variações no clima e /ou no aquecimento do ambiente, tanto para flutuações de curto período (horária e diária) quanto para flutuações longas (sazonais). Em uma vitrine razoavelmente bem vedada podemos ignorar as

flutuações de curto período, porém as flutuações longas devem ser consideradas. Sendo assim, o autor conclui que uma vitrine com um período de meia-vida próximo a um dia será afetada por flutuações diárias, mas se uma vitrine tem um período de meia-vida acima de um mês e abaixo de um ano serão as flutuações sazonais que irão influenciar o comportamento dentro da vitrine. Thomson ressalta ainda que nos trópicos úmidos o problema não é facilmente resolvido porque nestas regiões a característica da UR inadequada é regular, não sazonal, permanecendo elevada praticamente todo o tempo. Possibilitar mais ventilação é uma boa medida profilática contra desenvolvimento de microorganismos em uma vitrine fechada, com ar está estagnado.

O design de uma vitrine pode contribuir para a troca do ar encapsulado, assim como o calor gerado pelas lâmpadas também pode gerar correntes de convecção para movimentação deste ar. A utilização de ventiladores para incrementar a renovação de ar deve ser considerada se houver a possibilidade de ocorrência de microorganismos, ressaltando que o uso de sistemas mecânicos, mesmo de simples ventiladores introduz o consumo de eletricidade, riscos de falhas e possibilidade de danos ao acervo.

Em um estudo efetuado por Valentin (1996) é avaliado o efeito da ventilação no crescimento de fungos em um arquivo localizado em um clima quente e úmido. Neste artigo conclui que o uso de sistemas de ventilação para redução de umidade relativa representa uma alternativa promissora para prevenir a contaminação biológica em ambientes e controlar o dano causado em objetos históricos.

Em outro estudo Valentin (1998) determina alguns padrões para ventilação como recurso de controle da atividade microbiana em materiais históricos de museus, bibliotecas e arquivos localizados em clima quente e úmido. Através de ensaios dentro de uma câmara para controle ambiental estabelece diversos valores para temperatura, umidade relativa e taxas de renovação de ar, expondo meios de cultura inoculados e não-inoculados por um período máximo de 25 horas. Assim, identifica através de metodologia específica, que mesmo em níveis reduzidos de renovação de ar como 0,48 e 1,2 trocas de

ar/hora é possível obter eficiência na redução da proliferação de fungos nas amostras de papel expostas neste experimental a uma UR entre 55-85% e a uma temperatura entre 20-24 °C.

3.4.1 Ventilação

A ventilação é um dos métodos disponíveis para controle de um ambiente ocupacional; consiste na movimentação de quantidades de ar através de espaços confinados, objetivando uma melhoria do ambiente pelo controle da temperatura, da umidade, da velocidade, da distribuição e da pureza do ar (MESQUITA, 1977). A ventilação pode ser fornecida pelos seguintes métodos:

- insuflação e exaustão naturais;
- insuflação mecânica e exaustão natural;
- insuflação natural e exaustão mecânica;
- insuflação e exaustão mecânicas.

Segundo definição do Manual *ASHRAE - The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, o tipo de troca de ar entre um ambiente interno e externo é dividida em ventilação (intencionalmente controlada) e infiltração (sem intenção e sem controle). Infiltração é o movimento de ar não controlado, de fora para dentro e de dentro para fora de um ambiente, através de frestas ou por outras aberturas existentes. A magnitude da infiltração depende do tipo de construção, acabamento e conservação do ambiente.

A ventilação natural é o deslocamento controlado ou intencional de ar através de aberturas específicas e dispositivos para ventilação. O fluxo de ar que entra ou sai de um ambiente por infiltração ou por ventilação natural depende da diferença de pressão entre as partes interior e exterior da estrutura e da resistência ao fluxo de ar oferecida pelas aberturas e frestas. A diferença de pressões exercida sobre a envoltória pelo ar pode ser causada pelo vento ou pela diferença de densidade do ar fora e dentro do

edifício. O efeito da diferença de densidade, conhecido como “efeito chaminé”, é freqüentemente o principal fator. Quando a temperatura dentro do edifício é maior do que a exterior, produz-se uma pressão interna negativa e então um fluxo de ar entra pelas partes inferiores, o que causa uma pressão interna positiva e um fluxo de ar que sai nas partes superiores do edifício. O inverso ocorre quando a temperatura interior é menor que a do exterior. Numa determinada altura no interior do edifício, existe uma zona neutra onde não há diferença de pressão dentro e fora.

Quando a diferença de pressão é o resultado da pressão do vento, o ar entra no edifício através de aberturas localizadas na direção do vento, e sai através de aberturas localizadas em direção oposta. O movimento de ar pode ser causado por estas forças agindo individual ou combinadamente, dependendo das condições atmosféricas, do projeto e da localização do edifício. Os resultados obtidos da ventilação natural variarão de tempos em tempos, devido à variação na velocidade e na direção do vento, e na diferença de temperatura. O arranjo, a localização, o controle das aberturas de ventilação podem ser tais que as duas forças agem cooperativamente, e não em oposição.

Ventilação forçada é uma troca de ar intencional gerada por um ventilador ou circulador de ar que retira e/ou esgota ventos que foram especificamente projetados e instalados para ventilação (ASHRAE, 1993).

Estes três modos de troca de ar – ventilação natural, forçada e infiltração – diferem significativamente em como afetam o consumo de energia, qualidade do ar e conforto térmico. Também diferem na habilidade em manter ao longo do tempo uma velocidade determinada para troca de ar.

Ventiladores

Segundo Mesquita (1977) a função básica de um ventilador é, pois, mover uma dada quantidade de ar por um sistema de ventilação a ele conectado. Assim, o ventilador deve gerar uma pressão estática suficiente para vencer as perdas do sistema e uma pressão cinética para manter o ar em movimento.

Quando em repouso, o ventilador centrífugo comporta-se como um vaso volumétrico contendo um dado volume de ar. Ao entrar em movimento, o ar contido é centrifugado, recebendo um incremento de energia, sendo o vazio criado no ventilador suficiente para repor a quantidade que foi descarregada. Quando em movimento a uma dada rotação constante, o volume específico do ventilador é induzido e descarregado continuamente, sendo evidente que o volume total depende apenas da rotação do ventilador. Uma vez que a energia cinética é função da velocidade ao quadrado, a pressão gerada pelo ventilador varia com o quadrado da rotação. Sendo a potência função de ambos, vazão e pressão, ela varia com o cubo da rotação.

3.5 Simulação do comportamento térmico da edificação

A simulação computacional tem o objetivo de verificar a inércia térmica e troca entre ambientes, macro e micro. Para realização desta simulação é necessário que alguns dados sobre as envoltórias que têm maior responsabilidade na transmissão térmica sejam fornecidos:

- Áreas e volumes, características físicas e geométricas de vedações, aberturas, forro e cobertura;
- Número de pessoas; tipo de atividades exercidas e período de ocupação;
- Equipamentos e instalações de iluminação artificial;
- Dados climáticos locais relativos à incidência de radiação solar, temperatura, umidade, ventos.

Considerações quanto ao uso da edificação, como grupos de visitantes que geram impacto nos índices de umidade também podem ser computados, incrementando o aspecto realístico desta simulação. Com a simulação computacional é possível obter as seguintes informações:

- Ajuste das características dos materiais construtivos para a otimização de desempenho climático;
- Estimativa da carga térmica à partir do tratamento dos ambientes para melhor desempenho climático;
- Orientação para seleção de sistema artificial de condicionamento de ar;
- Especificação de materiais e acabamentos, isolamento dos poluentes e barreira de umidade.

Existem alguns programas desenvolvidos especificamente para esta finalidade. O ARQUITROP é um sistema utilizado pela Profa. Eleonora Sad de Assis, coorientadora desta pesquisa, para avaliação de edificações e de projetos na Graduação em Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. É um sistema integrado de programas computacionais e bancos de dados que simula o desempenho

térmico e verifica a adequação climática de ambientes visando otimizar o conforto ambiental e a economia de energia elétrica.

Citando alguns trechos do Guia do Usuário do ARQUITROP, podemos compreender como este recurso funciona:

Os edifícios, enquanto abrigo para as atividades humanas, exercem um papel semelhante ao das roupas. Assim como os povos se vestem de maneira distinta para cada tipo de trabalho e em cada tipo de clima, também um edifício projetado para uma região quente e úmida deverá, necessariamente, ser muito diferente de outro que se localize em clima quente e seco. Determinado tipo de cobertura que apresente bom desempenho em uma escola (fechada durante os meses de férias) poderá ser inadequado para o uso em habitações. Um sistema de climatização de um ginásio de esportes, onde as pessoas estarão desenvolvendo atividades com altas taxas metabólicas (grande produção de calor), não pode ser o mesmo de um dormitório, onde essas taxas são mínimas.

Importante parcela do consumo total de energia elétrica em um edifício se deve aos equipamentos de climatização, seja para o aquecimento seja para a refrigeração dos ambientes. Em muitos casos este ítem pode representar até 40%, ou mais, daquele total.

O montante de energia elétrica necessário à climatização de um edifício depende, fundamentalmente, de seu projeto. Começa a ser definido com a escolha do partido arquitetônico e do sistema construtivo a serem adotados. Tal escolha envolve um complexo conjunto de fenômenos cuja perfeita compreensão implica no estudo dos processos de sensações térmicas do usuário, na análise do clima local e de cada uma de suas variáveis (temperatura, umidade, vento, radiação solar, etc.), no conhecimento sobre os mecanismos de transmissão de calor e, finalmente, na capacidade de avallar corretamente o desempenho térmico dos materiais e dos sistemas construtivos.

Um projeto tecnicamente correto, no qual todas aquelas variáveis sejam consideradas, poderá reduzir substancialmente o consumo de energia elétrica para climatização, otimizar o conforto ambiental térmico e lumínico além de evitar determinadas patologias muito freqüentes em componentes construtivos como, por exemplo, as fissuras provocadas por excessiva movimentação de origem térmica.

Os modelos matemáticos desse conjunto de fenômenos são também, por decorrência, extremamente complexos e exigem, para sua aplicação, o nível de especialistas. São compreensíveis, portanto, as dificuldades encontradas pelos projetistas de edifícios para equacionar tais problemas. Pela própria

natureza de seu trabalho são obrigados a dominar, de modo abrangente, inúmeros outros aspectos dos sistemas construtivos, tão importantes e tão complexos quanto a climatização, não podendo se especializar em apenas um deles. Assim, o sistema ARQUITROP foi desenvolvido para facilitar o trabalho desses profissionais.

3.6 Conclusões sobre o problema

Ao analisarmos os parâmetros higrotérmicos indicados pelos padrões internacionais para preservação de acervos Paleontológicos⁷, identificamos os principais fatores que podem causar danos a Coleção abrigada pelo MHNJB: umidade relativa e temperatura, juntamente com a presença de microorganismos. Considerando o histórico deste acervo, concluímos que a museografia instalada não considera diretrizes de conservação preventiva nas suas instalações físicas, contribuindo para a aceleração dos processos de degradação física dos objetos expostos.

Partindo do conceito de que a presença constante de níveis elevados de umidade relativa com temperaturas elevadas proporciona ambiente adequado para proliferação de insetos, fungos e microorganismos além de acelerar a degradação química dos materiais, está configurada a necessidade do estabelecimento de ventilação no sistema expositivo a ser proposto como recurso efetivo para o controle destes fatores de degradação.

Sendo assim, a linha de ação para o desenvolvimento do sistema expositivo para a Coleção de Paleontologia deve considerar a integração do uso de pressão positiva para obter uma determinada troca de ar com o uso de material tampão (sílica gel) para estabilização e redução das condições higrométricas dentro do sistema, permitindo atingir uma condição ambiental compatível com a tipologia da Coleção e com a realidade climática do local. Este sistema deverá ainda integrar-se com a museografia já instalada, seguindo a mesma volumetria das vitrines de exibição atuais.

⁷ Segundo a bibliografia internacional as indicações aceitas para a faixa de umidade relativa estão entre 45% e 55%, considerando temperaturas entre 15°C e 25°C para acervos de Paleontologia (HOWIE, 1979 e COLLINS, 1995).

4. EXPERIMENTAL

4.1. Plano geral de trabalho – etapas de investigação

4.1.1. Identificação dos fatores ambientais do entorno e da edificação que interferem no comportamento ambiental natural;

4.1.2. Identificação dos objetos da coleção visando reconhecer suas características materiais e vulnerabilidades a fatores de degradação;

4.1.3. Estabelecimento das diretrizes de preservação que serão adotadas no sistema expositivo;

4.1.4. Desenvolvimento de um sistema piloto visando efetivar uma condição ambiental determinada pelas diretrizes de preservação;

4.1.5. Teste da eficiência do sistema proposto com vistas ao estabelecimento das condições pretendidas através de metodologia reconhecidamente utilizada.

4.2 Levantamento de dados

Visa cumprir as etapas 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3 do plano geral de trabalho e foi baseada no “Diagnóstico de Conservação: Modelo Proposto para Avaliar as Necessidades do Gerenciamento Ambiental em Museus”⁸. Esta metodologia foi desenvolvida para a realização de um diagnóstico de conservação e evoluiu a partir de vários modelos e experiências anteriores, realizados pelo Getty Conservation Institute - GCI e outros, destinadas a verificar a situação das coleções de um museu.

4.2.1. Identificação dos objetos e coleções

É essencial que o pesquisador tenha informações básicas sobre os antecedentes dos objetos antes de fazer a vistoria no local. Se tiver antecipadamente o maior número possível de informações, estará mais bem preparado para fazer um exame e uma análise abrangentes das áreas potencialmente críticas quando estiver no local. As informações que devem estar previamente identificadas são: número de objetos; fichas de entrada dos objetos contendo: quem montou a coleção, origem do objeto, localidade geológica, método de coleta, data, número do objeto; planta do local de exposição e informações sobre sistemas complementares de climatização, com rotina de funcionamento e especificação técnica dos aparelhos.

⁸ A metodologia para a realização de um diagnóstico de conservação proposta neste trabalho evolui a partir de vários modelos e experiências anteriores –realizados pelo GCI e outros– destinadas a verificar a situação das coleções de um museu. O GCI foi o primeiro a desenvolver uma estratégia de diagnóstico para os museus americanos, em cooperação com o NIC – National Institute for Conservation (Instituto Nacional de Conservação). Esse projeto resultou numa série de diretrizes que receberam o título de *The Conservation Assessment: A Tool for Planning, Implementing, and Fund Raising* (Diagnóstico de Conservação: Uma Ferramenta para Planejar, Implementar e Arrecadar Fundos), publicada em 1990. Desde então o GCI vem aperfeiçoando o processo de diagnóstico. A filosofia que norteia a metodologia de diagnóstico revista do GCI é fundamentada numa integração mais intensa do edifício, das coleções e das questões organizacionais. A metodologia revista vem sendo utilizada em diversos cursos de conservação preventiva do GCI (*Conservación preventiva: Colecciones del museo y su medio ambiente*, Oaxaca, 1995; e módulos de conservação preventiva do GCI – Universidade de Delaware/Museu Winterthur; 1994-97), tendo sido empregada também no diagnóstico de um museu na Tunísia.

Durante as vistorias são realizados exames organolépticos⁹ com manipulação cuidadosa e coleta de material para exames laboratoriais mais específicos. Nesta etapa é possível a identificação de: brilho, cor, rigidez, densidade, textura, constituição material, composição química, estado de conservação e evidências de fatores de degradação ativos¹⁰. As vistorias, juntamente com entrevistas no local, fornecem ainda informações sobre o tipo e uso da coleção, políticas e sistemas de exposição, formas de uso e manuseio, rotinas de manutenção e formas de acesso aos objetos.

Com estas informações prévias já é possível identificar a necessidade de conservação dos objetos, balizando os critérios de conservação¹¹ que são incorporados aos sistemas de exposição. Portanto, estes critérios consideram a necessidade de conservação de cada objeto, suas vulnerabilidades e a compatibilização com parâmetros necessários e realistas para a exposição.

Sabemos que a maioria dos objetos de museus é susceptível a alterações geradas por variações na temperatura, umidade e luz, e muitos são afetados por poluentes atmosféricos e vibração. O material paleontológico é mais sensível às variações de temperatura e umidade, porém, em menor extensão, os outros fatores devem ser considerados. Portanto, analogias entre os critérios internacionais e as necessidades de conservação diagnosticadas nas vistorias devem ser realizadas para estabelecer um parâmetro entre estes critérios e a realidade onde se atua.

4.2.2 Edificação

Conforme já foi dito, o comportamento e reação térmica da edificação têm grande influência sobre a temperatura interna e, por esta razão, sobre a conservação das coleções e sobre o conforto fisiológico dos funcionários e visitantes do museu. Os principais fatores que atuam no comportamento interno de

⁹ Com uso de lupas ou à olho nu.

¹⁰ Temperatura e umidade inadequadas, poluentes atmosféricos, vibração e luz excessiva.

¹¹ Segurança física; proteção contra incêndio e sinistros; proteção contra organismos biológicos; controle ambiental interno para umidade relativa, temperatura e poluentes e controle de iluminação.

um museu são simples, porém a interação entre eles é complexa devido a relação entre a temperatura do ar e o vapor de água presente.

Um primeiro aspecto que deve ser considerado para se compreender esta relação é o estudo das propriedades e do comportamento das misturas de ar e vapor de água, chamado psicrometria. Uma carta psicrométrica demonstra as variações das características do volume de ar de um ambiente estudado se dados suficientes forem fornecidos e, portanto, pode auxiliar com informações técnicas sobre como o ar está respondendo a variações de pressão, conteúdo de vapor de água e temperatura e assim auxiliar na especificação de sistemas de condicionamento do ar.

A inércia térmica de uma edificação é outro aspecto e representa a habilidade de um sistema construtivo em equilibrar os efeitos térmicos combinados sob influência das mudanças climáticas externas, ganho solar, ganho térmico interno gerado pelas pessoas e fontes internas de iluminação. A identificação do comportamento térmico do museu pode levar à adoção de estratégias adequadas para controle da temperatura interna e da umidade relativa à ser atingida.

Para um reconhecimento mais amplo das variáveis que atuam no comportamento do sistema representado pela edificação, é necessário ainda a investigação de aspectos como: Tipologia construtiva (reação a temperatura e características térmicas da construção), patologias construtivas (sinais de umidade excessiva nos telhados e paredes), ventilação e infiltração do ar interno (ventilação mecânica, circulação adequada de ar), entrada de luz natural (aberturas) e ventos atuantes.

Aspectos de infra-estrutura também são avaliados para complementar as indicações referentes ao gerenciamento institucional do museu, na medida em que estes aspectos interferem no comportamento da edificação que está sendo analisado: acesso de visitantes e pesquisadores, resistência estrutural da edificação (sinistros, excesso de carga), sistemas de detecção contra roubo, incêndio e inundações,

sistemas de proteção contra pragas e infestações biológicas e resistência física contra invasão e ainda aspectos de manutenção rotineira (limpeza e manutenção predial).

Todas estas informações são levantadas inicialmente através de vistorias, entrevistas com o pessoal técnico, vigilantes, faxineiras e coleta de amostras para identificação de materiais construtivos e/ou patologias em laboratório. O comportamento termodinâmico do ambiente é identificado através de monitoramento com aparelhos como termohigrômetros, termohigrógrafos ou dataloggers, obtendo assim dados que serão utilizados em planilhas para reconhecimento deste comportamento e/ou para simulação em planilha eletrônica.

4.2.3 Entorno

O desempenho de uma edificação é afetado pelas condições climáticas atuantes no local. Portanto, uma boa compreensão dos mecanismos que direcionam estas alterações climáticas pode auxiliar no planejamento das alterações físicas no museu permitindo o reconhecimento do seu comportamento ambiental natural e assim redirecionando usos mais adequados aos ambientes.

A abordagem adotada nesta pesquisa para estudos meteorológicos examina o clima segundo três diferentes escalas: clima regional, envolvendo sistemas de identificação climática com centenas ou milhares de quilômetros dentro da escala global; clima local, lidando com escalas de avaliação entre 20 e 250 quilômetros e o micro-clima, abrangendo algumas dezenas de metros à partir de um local específico. Nesta escala a edificação e seu entorno representam um significativo efeito, criando variações locais de temperatura e movimentos de ar, muitas vezes na forma de correntes e turbulências.

A obtenção de dados referentes aos aspectos gerais de referências, relativos a temperatura, umidade relativa, pluviometria, radiação solar, nebulosidade e movimentação de ventos podem ser levantados

através de estações meteorológicas, mantidas por órgãos como por exemplo o Departamento Nacional de Meteorologia, editados com o título de “Normais Climatológicas” no período de 30 anos.

Na escala do micro-clima, fatores locais como: qualidade do ar (particulados, poluentes e insetos), vegetação e construções a volta do museu (prédios vizinhos, calçamento e fontes de água) influenciam diretamente o comportamento ambiental que está sendo investigado, na medida em que o contexto do edifício do museu pode afetar significativamente o meio ambiente interno. A qualidade do ar é uma consideração crítica no momento de implementar estratégias de ventilação, principalmente quando a filtração mecânica não for viável e pode ser investigada segundo metodologias específicas, comuns a empresas que trabalham com qualidade do ar, com a PURAFIL, por exemplo.

Prédios vizinhos e calçamentos podem criar barreiras à ventilação, modificar a drenagem do terreno pelo aumento do escoamento da água da chuva ou retardar a remoção da água da superfície, refletir luz para o edifício, reter calor, ou elevar as temperaturas locais. Pátios de estacionamento ou construções adjacentes destinadas a determinados usos podem aumentar o trânsito local de veículos e, conseqüentemente, a quantidade de vibração e poluição, especialmente a causada por motores em marcha lenta.

A vegetação e o paisagismo têm implicações benéficas ou prejudiciais importantes para o meio ambiente interno e sobre o risco a que as coleções estão expostas. A vegetação e o paisagismo podem facilitar a filtragem natural de poluentes, fornecer sombra e diminuir o impacto da radiação solar, afetar a ventilação e velocidade do vento, retardar a evaporação e conseqüente eliminação da umidade, ou mesmo provocar a elevação dos níveis locais de umidade, facilitando a proliferação de insetos e microorganismos. O clima nesta escala ambiental deve ser monitorado pontualmente através dos mesmos aparelhos que foram utilizados no monitoramento dentro da edificação visando estabelecer uma relação entre os dois ambientes.

4.3. Elaboração do sistema

Visa cumprir as etapas 4.1.4 e 4.1.5 do plano geral de trabalho através do desenvolvimento de sistema expositivo e verificação da eficiência do sistema proposto em prol da obtenção de condições higrométricas determinadas, através do uso de sílica gel.

4.3.1 Identificação da curva do Conteúdo de Umidade em Equilíbrio – CUE da sílica gel

Segundo Lafontaine, (1984) existem mais de 25 graus diferentes de sílica gel disponíveis no mercado, outros autores citam mais de 50 tipos de sílica no mercado mundial. As indústrias químicas que produzem sílica gel no Brasil normalmente não apresentam a curva CUE nas suas fichas técnicas, referência de vital importância nos cálculos para utilização da sílica gel como recurso de tamponamento, portanto, é necessário identificarmos experimentalmente esta curva da sílica para verificação do seu rendimento como material tampão dentro da determinada faixa de UR com que iremos trabalhar. Ou seja, antes de selecionarmos um determinado fornecimento de sílica é necessário verificarmos se aquele lote específico do material tampão terá uma boa eficiência para a faixa de variação de umidade relativa pretendida, caso contrário não obteremos resultados satisfatórios.

Para determinação de uma curva contendo a relação Conteúdo de Umidade em Equilíbrio utilizamos o processo experimental definido por Weintraub (1981) e por Miura (1981). Primeiramente é necessária a secagem da sílica em uma estufa (cerca de 120°C) durante pelo menos 12 horas, acondicionada em bandejas com camadas inferiores a 2cm. Então, uma determinada quantia de sílica seca, que servirá com referência para definição do comportamento termodinâmico deste material, deve ser separada e pesada.

Em seguida, a amostragem de sílica é submetida progressivamente a diversos níveis de UR em câmaras fechadas com o objetivo de verificar progressivamente o ganho de massa até que o seu conteúdo específico de umidade entre em equilíbrio com cada um dos ambientes. O método selecionado para criarmos os ambientes com UR estáveis foi o de soluções salinas saturadas colocadas em câmaras hermeticamente fechadas. A sílica é pesada sistematicamente até que o seu ganho de peso se estabilize, ou seja, atinja o seu Conteúdo de Umidade em Equilíbrio. Todo este procedimento é registrado em tabela, gerando ao final o gráfico CUE da sílica gel específica em função dos valores de UR e do ganho de peso naquele determinado valor.

4.3.2 Calculando a Quantidade de Sílica gel necessária

A quantidade de sílica gel condicionada em uma vitrine é muito importante, pois determina a eficiência deste sistema em manter o nível de UR adequado por longos períodos de tempo. A sílica gel em pedaços muito pequenos não terá a capacidade necessária para tamponar as variações de UR por longos períodos. Em contrapartida, grãos muito grandes necessitarão de mais espaço na vitrine e sobrecarregará o custo do sistema (LAFONTAINE, 1984).

"Uma vitrine bem construída contendo cerca de 20 kg de sílica gel por metro cúbico de volume pode inibir variações sazonais de umidade dentro de um limite razoável e em alguns climas tornar o condicionamento de ar desnecessário" (THOMSON, 1977). Esta proporção foi obtida pelo autor através de experimentação, onde Thomson ensaia algumas trocas de ar por dia e uma determinada quantia de sílica para chegar a consideração de que o período de meia-vida mínimo adequado é de 150 dias, correspondendo portanto a eficiência de uma determinada quantia de sílica antes de perder sua rendimento de tamponamento. A fórmula matemática para calcular o condicionamento da sílica gel é demonstrada por Thomson através do decréscimo exponencial da diferença de UR entre a vitrine e o

ambiente, o efeito do vazamento de ar e tamponamento no período de meia-vida da vitrine. À seguir apresentamos o Sumário do Argumento que fundamentou este procedimento experimental:

- A UR em uma vitrine contendo material tampão deverá decair exponencialmente em relação à UR do ambiente.
- A velocidade deste processo pode ser caracterizada por um “período higrométrico de meia-vida”, $t_{1/2}$, sendo o tempo gasto para alcançar um ponto médio entre a UR da vitrine no início e a UR do ambiente.
- Se o período de meia-vida for medido em número de trocas de ar, $N_{1/2}$, preferencialmente à unidade de tempo, pode ser demonstrado que

$$N_{1/2} = (\text{aproximadamente}) 4 MB$$
 onde B = quantidade de material tampão em Kg/m³
 e M = “reserva específica de umidade”, ou o aumento em conteúdo de umidade do material tampão em g/kg para 1% de aumento na UR.
- Devido ao intervalo na variação de UR dentro da vitrine, sua flutuação de UR é menor do que a do ambiente, e pode ser reduzida para abaixo de $\pm 10\%$, mesmo em situações extremas, se o período de meia-vida é de pelo menos 150 dias.
- Uma vitrine bem executada deve funcionar abaixo de uma troca de ar por dia. Em uma vitrine em que $t_{1/2} = N_{1/2}$, então $t_{1/2} = \text{aprox. } 4 MB$.
- A tabela 4 mostra que M para sílica gel é pelo menos 2 no meio da variação. Considerando M = 2 e $t_{1/2} = 150$ dias para uma vitrine com 1 troca ou menos de ar por dia, na fórmula $t_{1/2} = 4 MB$:

$$150 = 4 \times 2 \times B$$
 se B = 20kg de sílica gel por metro cúbico de volume da vitrine para efetiva estabilização.
- Uma vez que os valores de UR se estabilizaram, a média anual de UR da vitrine será aquela do ambiente. Ambientes internos em zonas temperadas são usualmente inadequados para boa conservação e, portanto deve ser disponibilizado uma umidificação do ambiente.
- Países em clima tropical úmido, onde a UR está constantemente na faixa de crescimento de fungos e mofo (acima de 65-70%) não se deve usar vitrines fechadas com material tampão.
- Em contra partida, países tropicais sujeitos a monções sazonais (e.g. Nova Deli, Índia) devem identificar que vitrines fechadas com material tampão oferecem UR estável e próxima ao valor requerido.
- Deve haver um higrômetro em toda vitrine fechada, visível por fora.
- Em situações favoráveis a vitrine fechada deve fornecer UR estável em um bom nível de conservação sem nenhuma manutenção e com baixo custo, mas experimentos futuros são necessários. (THOMSON, 1977, tradução nossa).

Tabela 4: M (g de umidade ganha (perdida) por kg de sílica gel por 1% de aumento (decréscimo) na UR para sílica gel.

UR%	10	20	30	40	50	60	70	80	90
M	8	8	6	3	2	2	1	1	1

Fonte: THOMSON, G.. *Stabilization of RH in exhibition cases: Hygrometric half-time*; Studies in Conservation, 22 1977. pp. 85-102.

4.3.3 Montagem e construção do sistema

Thomson (1977) determina em seu experimental algumas diretrizes para a construção de mobiliário museográfico:

Construção da vitrine. Aqui não devem existir restrições onerosas no design. A vitrine em si não deve ser permeável à umidade. Se for de vidro ou metal não há problema. Porém uma vitrine de madeira deve ter, talvez como camadas internas, uma eficiente camada de material isolante de umidade, como folhas metálicas, folha de plástico aluminizado ou filme de *polyvinylidene chloride* (Saran Wrap®, anexo 03). Isto pode estar escondido da visualização pelo visitante através do revestimentos indicados para a vitrine. Vitrines devem ser bem executadas. Apertos não devem deformar, tanto quanto frestas para aberturas em outros locais. Vedações podem ser necessárias em algumas vitrines. (THOMSON, 1977, pp 85-102, tradução nossa).

Consideramos que estas diretrizes determinam adequadamente as características construtivas e técnicas de caixas para o sistema e, portanto, são utilizadas como referência. Consideramos também que o volume de ar trabalhado é o mesmo das vitrines atualmente instaladas para não interferir na museografia e, portanto este volume deve ser conhecido. São duas caixas com comunicação controlada: uma representando o volume de ar de um módulo expositivo atual e outra contendo o volume de sílica gel necessário. A seguir apresentamos os aspectos gerais que foram considerados pelo sistema:

- Desenho de solução apropriada, através de compatibilidade com os critérios de conservação estabelecidos e com o projeto museográfico existente;

- Reconhecimento das condições ambientais atuantes, considerando todo o processo de diagnóstico;
- Conservação e desenho da vitrine; considerando estabilidade, segurança e acesso de manutenção;
- Micro-clima da vitrine, considerando o uso de recursos para troca de ar e métodos de controle de umidade (uso de material tampão);
- Materiais para execução da vitrine, considerando materiais apropriados para a conservação dos objetos e evitando o uso de adesivos e solventes inadequados a tipologia dos objetos;
- Manutenção rotineira da vitrine, considerando a elaboração de um manual de manutenção e o monitoramento das condições ambientais dentro da vitrine.

4.3.4 Definição do sistema de ventilação para a vitrine

Em tese, uma vitrine de exibição contendo um material tampão de UR não deveria necessitar além de uma manutenção ao ano e uma vitrine totalmente hermética não necessitaria de manutenção alguma (THOMSON, 1977). Entretanto, a grande maioria do mobiliário encontrado em museus não é totalmente hermético e, portanto, temos que prever a infiltração de ar nessas vitrines para anteciparmos as necessidades de manutenção do sistema de tamponamento, seja ele qual for.

Os procedimentos experimentais de Thomson (1977) com microclimas fechados em museus europeus, demonstraram que a eficiência no tamponamento da UR em vitrines herméticas está relacionado com uma taxa diária de renovação de ar até uma troca de ar /dia para que estes sistemas estabilizem as flutuações diárias de UR, de impacto mais imediato nas coleções. Em climas quentes e úmidos, com valores médios de UR na faixa de 80%, a redução das flutuações de UR através do tamponamento de

ambientes confinados com trocas de ar mínimas (utilização de vitrines herméticas) gera o risco de proliferação de fungos e microorganismos, determinando a necessidade de ventilação destes ambientes, ou seja, aumento das trocas de ar diárias. Entretanto, A cada aumento no número de trocas de ar, maior será a quantidade de sílica gel, relação que é claramente definida nas pesquisas de Thomson (1977). Quando o autor determinou a relação de 20Kg por metro cúbico de ar, considerou que a troca estabelecida seria 1 troca de ar/dia. Para aumentarmos a taxa de troca de ar sem alterarmos o efeito de tamponamento pretendido é necessário aumentarmos a massa de sílica gel contida no sistema. Nesta pesquisa adotamos a relação sílica gel/ volume de ar no sistema experimentada pelo autor, porém aumentamos a troca de ar para 4 trocas de ar/dia como referência as pesquisas de Nieves Valentin na área de Microbiologia aplicada a preservação de acervos, com a intenção de testar a eficiência do controle biológico sob esta taxa de ventilação.

A ventilação é obtida pelo uso de uma fonte ativa de ar que gere pressão positiva dentro do sistema. Este fonte de pressão positiva é testada e definida durante o processo experimental em função dos resultados. A vazão do ar é verificada através da técnica da bolha de sabão utilizada para verificação da velocidade do ar em sistemas fechados. Esta técnica utiliza um equipamento de vidro com uma escala de volume com unidade em mililitros. A medição é feita inserindo a bolha de sabão neste equipamento e através de cronometragem é marcado o tempo que a bolha leva para percorrer entre duas marcas da escala.

Para utilização da sílica gel, Thomson (1997) determina que a camada de sílica gel não deve apresentar espessura superior a 2 ou 3cm e deve permitir acesso fácil para o contato com o ar que circula internamente no sistema. Quanto à colocação da sílica, ela pode ser utilizada diretamente em bandejas ou colocada em sachês, que podem ser de material inerte como poliéster. É importante que exista ar suficiente circulando dentro da caixa permitindo contato contínuo com a sílica gel.

4.3.5 Condicionamento da sílica gel através do uso de solução salina saturada

A opção por este método de condicionamento ocorre principalmente porque não necessita dos valores de referência sobre a sílica gel utilizada. A maioria dos fabricantes internacionais fornece os gráficos da curva CUE juntamente com a sílica gel, o que não ocorre no mercado nacional brasileiro, levando a necessidade de ensaios para identificação da curva.

A preparação da solução salina saturada segue da seguinte forma: Para quantidade pretendida de água, vagarosamente adicione o sal agitando constantemente até que todo o sal se dissolva. É necessário manter um termômetro dentro do recipiente onde a solução está sendo preparada porque, em alguns casos, pode ocorrer um aquecimento da solução no momento da adição do sal. Deixe a solução descansar por uma hora e então adicione mais sal até que cristais se mantenham visíveis, ou seja, é necessário que sempre existam cristais sólidos na solução para garantir a estabilidade da UR gerada pela solução salina. Uma forma de garantir que sempre existirão cristais não dissolvidos é supersaturar a solução.

Mantenha a solução em recipientes de vidro fechados até a utilização. Utilizando uma câmara fechada, coloque a solução salina em uma bandeja com uma profundidade de pelo menos 2cm, mantendo alguns cristais que não foram dissolvidos neste recipiente. A sílica deve permanecer sobre esta bandeja disposta da forma que permita o maior contato possível com o ar interno da câmara durante o tempo necessário para que o ganho de umidade pretendido seja alcançado. O processo estará finalizado quando o peso da sílica parar de variar, ou seja, tenha atingido o seu valor de conteúdo específico de umidade.

4.3.6 Coleta do material e isolamento dos fungos*

* metodologia orientada pela Profa. Dra. Maria Aparecida Resende, Dpto. de Microbiologia do ICB/UFMG.

Fungos do ar

O material é coletado do ar através de exposição, por 10 minutos, de placas de petri de 10cm de diâmetro por 20cm de altura contendo ágar sabouraud e ágar czapek-dox, em três coletas antes da montagem do sistema e uma coleta 1 mês após. Serão coletadas amostras do ar dentro das vitrines e fora das mesmas, nos ambientes internos. É utilizada 1 placa de cada meio para cada local. São coletadas também amostras na parte externa do edifício, nas quatro fachadas.

As placas são incubadas à temperatura ambiente por 7 dias. Os quadros 1 e 2 apresentam os pontos onde as coletas foram realizadas antes da instalação do sistema.

Quadro 1: pontos de coleta dos fungos nos nichos, ambientes e fachadas externas.

Local	Ágar sabouraud	Ágar czapek-dox
	Sigla p/ etiqueta da placa	
Nicho 1-2	N 1-2 a	N 1-2 b
Nicho 3-4	N 3-4 a	N 3-4 b
Nicho 5-6	N 5-6 a	N 5-6 b
Nicho 7-8	N 7-8 a	N 7-8 b
Nicho 9-10	N 9-10 a	N 9-10 b
Nicho 11-12	N 11-12 a	N 11-12 b
Nicho 13-14	N 13-14 a	N 13-14 b
Nicho 15-16	N 15-16 a	N 15-16 b
Nicho 17-18	N 17-18 a	N 17-18 b
Ambiente 1ª ala	A 1 a	A 1 b
Ambiente ala central	A c a	A c b
Ambiente 2ª ala	A 2 a	A 2 b
Fachada norte	F n a	F n b
Fachada sul	F s a	F s b
Fachada leste	F l a	F l b
Fachada oeste	F o a	F o b

Fungo de fósseis

O material dos fósseis é coletado com o auxílio de cotonetes de algodão estéreis, numa área delimitada de 2cm². O material dos cotonetes é semeado por esgotamento em placas de petri contendo ágar sabourud e ágar czapek e são incubadas por 7 dias à temperatura ambiente.

Quadro 2: pontos de coleta nos fósseis.

Exemplares	Local	Ágar sabouraud	Ágar czapek-dox
		Sigla p/ etiqueta da placa	
Réplica	Nicho 5	R5 a	R5 b
Esqueleto preguiça gigante	Diorama	Pd a	Pd b
Crânio urso	Nicho 7	U7 a	U7 b
Múmia de morcego	Nicho 13	M13 a	M13 b
Ossos homo sapiens	Nicho 16	H 16 a	H16 b

Contagem e identificação dos fungos

As contagens de fungos são obtidas pela contagem de ufc (unidades formadoras de colônias) por placas. As colônias isoladas de fungos são repicadas em tubos contendo ágar sabouraud dextrose. Os fungos são identificados pela observação macroscópica e microscópicas das colônias.

A primeira conduta adotada na identificação dos fungos filamentosos é a da técnica de retalhamento. Esse método consiste em colocar sobre uma lâmina, contendo uma gota de lactofenol, um fragmento de colônia o qual deve ser posteriormente retalhado com auxílio de agulhas. Esse método tem por objetivo facilitar a visualização de estruturas fúngicas como características das hifas e dos esporos, auxiliando na identificação do fungo. Muitas vezes é possível, através dessa simples metodologia, identificar gênero e espécie do fungo isolado (campbell et al, 1980; rippon, 1988b; lacaz et al, 2002). Quando não é possível a observação de estruturas reprodutivas e especiais que permitam a identificação do fungo, essa técnica é então substituída por outras que possibilitem critérios mais

refinados e sensíveis para a sua identificação. Contudo, a primeira técnica clássica, indicada na literatura para identificação de fungos é o microcultivo em lâmina (técnica de ridell). Esse método consiste na obtenção do crescimento de fungos filamentosos em meio pobre em nutrientes, favorecendo a esporulação dos fungos (rippon, 1988; lacaz et al, 2002; kwon-chung & bennett, 1992). O meio utilizado para tal é o ágar-fubá com tween 80 (1%). Após esterilização o meio é distribuído em placas de petri estéril e estocado em geladeira. São montadas câmaras para microcultivo, em placas de petri, com suporte de vidro, lâmina, lamínula e algodão hidrófilo. O material é então esterilizado em autoclave e seco em estufa. Após o preparo, são seguidos os seguintes passos:

- 1) montagem de uma lâmina com lamínula sobre um suporte de vidro, sendo este material previamente esterilizado em autoclave;
- 2) transferência de um cubo de ágar-fubá para a lâmina;
- 3) com o auxílio de alça em l, serão retirados fragmentos da colônia a ser identificada e os mesmos serão inoculados em cada lado do cubo de ágar;
- 4) uma lamínula será colocada sobre o cubo de ágar previamente inoculado e pressionada levemente;
- 5) incubação em câmara úmida.

Após o crescimento do fungo a lamínula é retirada com o auxílio de uma pinça e colocada sobre lâmina contendo uma gota de lactofenol para observação microscópica. Tal técnica permite a identificação da maioria absoluta dos fungos filamentosos, baseados nas características microscópicas evidenciadas pela mesma (rippon, 1988b; lacaz et al, 2002).

Os quadros à seguir apresentam os meios de cultura utilizados.

Quadro 3: Preparação meio Ágar Sabouraud

Ágar Sabouraud (Lacaz et alii, 2002)	
Glicose	20,0 g
Peptona	10,0 g
Extrato de Levedura	5,0 g
Ágar-ágar	15,0 g
Água destilada	q.s.p 1000 ml
Esterilizar em autoclave a 120°C por 15 minutos.	
pH - 5,0	

Quadro 4: Preparação meio Ágar fubá

Ágar-fubá (Lacaz et all, 2002)	
Fubá (livre de produtos químicos)	62,50 g
Água destilada	1500 ml
Aquecer em banho-maria a 52C durante 1 hora. Filtrar em papel e completar o volume para 1500 ml. Adicionar 19 g de ágar e 15 ml de tween 80.	
Esterilizar em autoclave a 120°C por 15 minutos.	
pH - 6,5	

Quadro 5: Preparação meio Czapek-Dox

Meio de Czapek-Dox (LACAZ et all, 2002)	
Sacarose	30,0 g
Nitrato de sódio	3,0 g
Fosfato dibásico de potássio	1,0 g
Sulfato de magnésio hepta hidratado	0,5 g
Cloreto de potássio	0,5 g
Sulfato ferroso hepta hidratado	0,01 g
Ágar	15 g
Água destilada	1000 ml
Esterilizar em autoclave a 120°C por 15 minutos.	
pH - 6,5	

4.3.7 Monitoramento do comportamento termo-higrométrico do sistema

O sistema é monitorado através do registro dos valores de umidade relativa e temperatura, com o objetivo de verificação das diretrizes de preservação em relação ao obtenção dos parâmetros pretendidos, ou seja, redução dos valores de UR e manutenção destes valores ao redor 55%, considerada valor aceitável pelas diretrizes estabelecidas para a coleção de Paleontologia.

São utilizados dois sensores eletrônicos tipo "dataloggers" da marca HANWELL, com registros no intervalo de sessenta minutos dos valores de umidade relativa e temperatura. Um dos sensores é colocado dentro do sistema e outro no ambiente. É utilizado também um termohigrógrafo dentro do sistema para permitir a leitura do comportamento higrométrico em tempo real.

5- RESULTADOS – ANÁLISE E DISCUSSÃO

5.1 O Macro ambiente

5.1.1 Caracterização climática - Clima em Belo Horizonte (dados da estação climatológica do Horto).

Situada a 19°56' de latitude sul e a 43°56' de longitude oeste de Greenwich, a cidade do Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, faz parte da Região Sudeste do Brasil. Situa-se no centro-sul da Micro-região Homogênea de Belo Horizonte a uma altitude média de 850 metros. Confere uma radiação solar anual de 2.566 horas, com nebulosidade anual média (5,2 pontos na escala 1-10).

A pressão atmosférica apresenta uma variação regular, com média anual em torno 690,6 mm Hg.

Tabela 5: tabela resumo com dados climáticos mensais na cidade de Belo Horizonte no período entre 1961-1985.

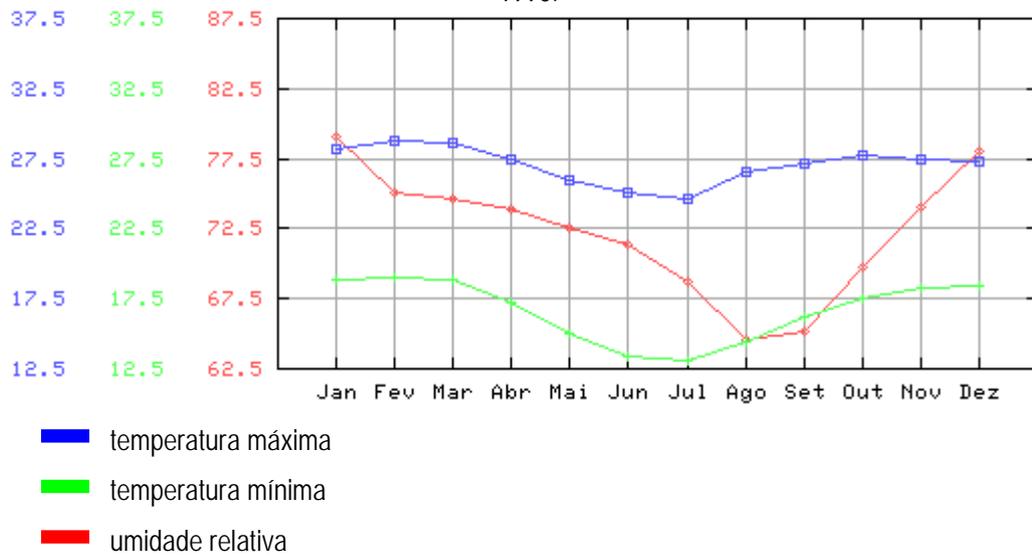
Dados Climatológicos

Cidade: BELO HORIZONTE, MG Altitude: 850 m Período:1961-85
Latitude: 19°56' S Longitude: 43°56' W Fonte: INMET/5º Distrito
 Patm média anual: 920.7 hPa = 690.6 mmHg

VARIÁVEIS		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
T (°C)	MÁX. ABS. (T _{xa})	34.8	33.6	33.4	31.8	31.2	30.0	29.8	33.4	35.4	36.3	34.4	34.4
	MÁX. MÉD. (T _x)	28.3	28.9	28.7	25.1	26.2	25.4	24.8	26.7	27.2	27.4	26.2	27.4
	MÉDIA COMP. (T _c)	22.9	23.2	23.0	21.4	19.6	18.5	17.3	19.7	20.8	21.7	22.0	22.3
	MÍN. MÉD. (T _n)	18.6	18.4	18.4	16.6	14.4	12.5	12.6	14.8	15.9	16.7	17.8	18.2
	MÍN. ABS. (T _{na})	15.1	12.8	14.1	8.8	7.5	3.1	5.4	7.2	9.2	11.4	12.0	13.5
UR(%)	MÉDIA (UR)	75.6	74.2	74.1	73.8	71.6	70.6	66.1	62.8	62.5	67.9	74.2	78.2
P (hPa)	MÉDIA (Patm)	918.3	919.0	919.3	920.4	924.8	923.0	923.6	922.8	921.4	919.5	917.9	918.0
P (mmHg)	MÉDIA (Patm)	688.8	689.3	689.5	690.4	693.7	692.3	692.8	692.2	691.1	689.7	688.5	688.6

Fonte: INMET/5º Distrito/estação localizada no Horto, desativada em 1985.

Figura 3: gráfico com valores mensais de umidade relativa e temperatura em Belo Horizonte no período 1961-1990.

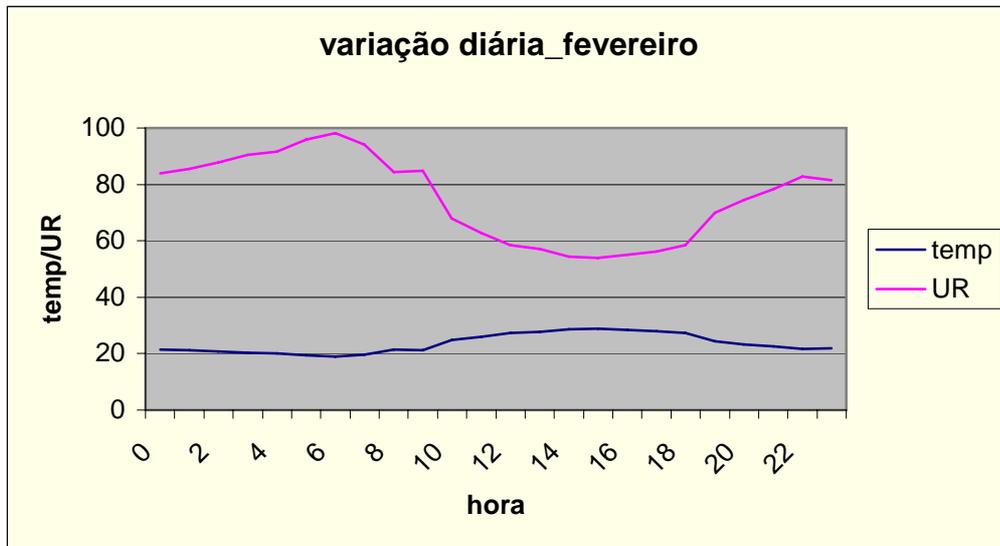


Fonte: INMET. www.inmet.gov.br

O clima de Belo Horizonte, quente e semi-úmido, apresenta uma média de temperatura anual em torno de 22,4°C, com variação de 16,4°C entre a maior média mensal observada (28,9°C), em fevereiro, e a menor média mensal (12,5°C) em junho, gerando um quadro de variação térmica sazonal. A variação térmica diária apresenta regularidade durante todo o ano, demonstrando uma amplitude maior no período de inverno. As oscilações diárias neste período (julho) são em torno de 11,5°C, enquanto no verão (fevereiro) ao redor de 9,8°C. As temperaturas máximas diárias ocorrem por volta das 15:00hs e as mínimas por volta da 6:00hs durante todo o ano.

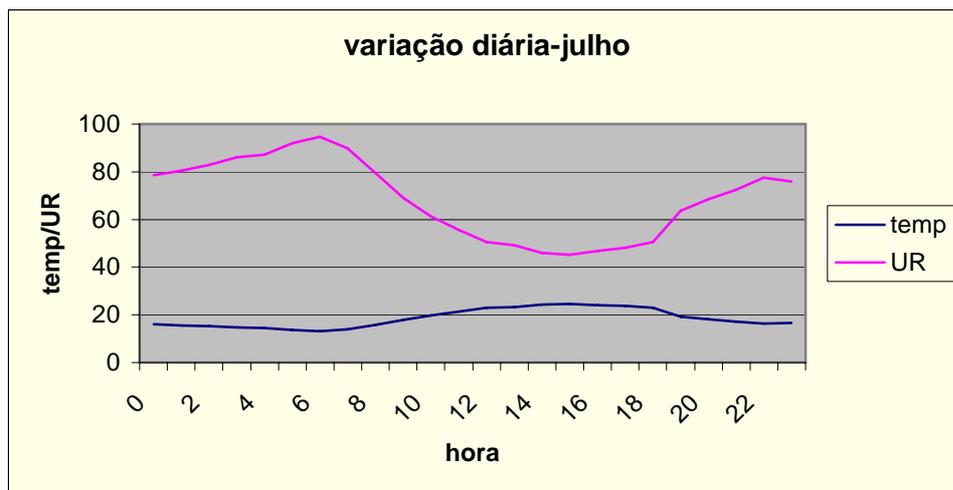
A variação média mensal de umidade relativa oscila entre valores médios mínimos por volta de 65% em agosto e valores médios máximos por volta de 80% em janeiro, com média anual em torno de 71%. Os valores médios extremos observados foram: máximo de 100% (janeiro) e mínimo de 40,1% (agosto). A variação de umidade relativa durante um período de 24 horas apresenta uma curva decrescente durante o dia atingindo os menores valores por volta das 15:00hs, cerca de 60%, voltando a aumentar gradativamente atingindo no início da manhã valores em torno de 90 a 100%.

Figura 4: gráfico com valores médios diários na região do Horto, para dia padrão em fevereiro.



Fonte: INMET/5º Distrito/estação localizada no Horto.

Figura 5: gráfico com valores médios diários na região do Horto, para dia padrão em julho.



Fonte: INMET/5º Distrito/estação localizada no Horto.

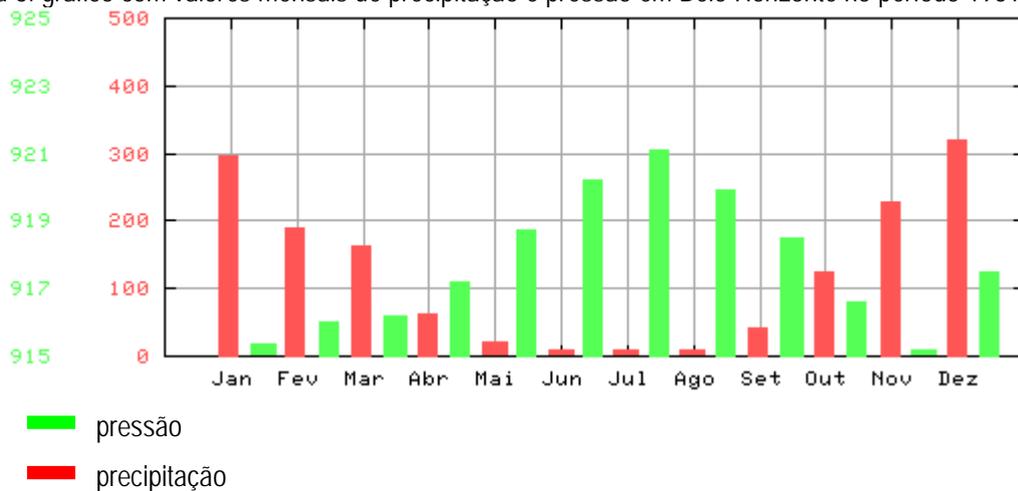
O fenômeno de condensação sobre os objetos é observado durante todo o ano nas primeiras horas do dia (UR de 100%), sendo que ocorre com mais frequência entre meses de dezembro a junho, período mais úmido.

Quanto a pluviosidade, analisando o quadro geral de precipitação total anual verifica-se uma irregularidade muito grande entre os meses e um desvio padrão muito alto, tanto para cima quanto para baixo, em relação a linha média anual em torno de 1458,6mm. A curva média mensal apresenta os

maiores valores de outubro a março com marcas acima de 140mm. Os máximos ocorrem sempre no mês de dezembro com altura média mensal em torno de 315,9mm. Este período abrange parte da primavera e do verão e é chamado *estação das chuvas*. As menores alturas ocorrem em agosto com marcas ao redor de 12,3mm. De abril a setembro as médias de chuvas mensais fica sempre inferior a 65mm, sendo denominado *estação das secas*.

O número de dias de chuva em cada mês varia, com uma média de 4 dias no inverno até 14 dias no verão. A curva de precipitação máxima em 24h não se assemelha à normal mensal, enquanto o máximo da normal acontece em dezembro, a média mensal máxima em 24 horas (164,2mm) ocorre em fevereiro.

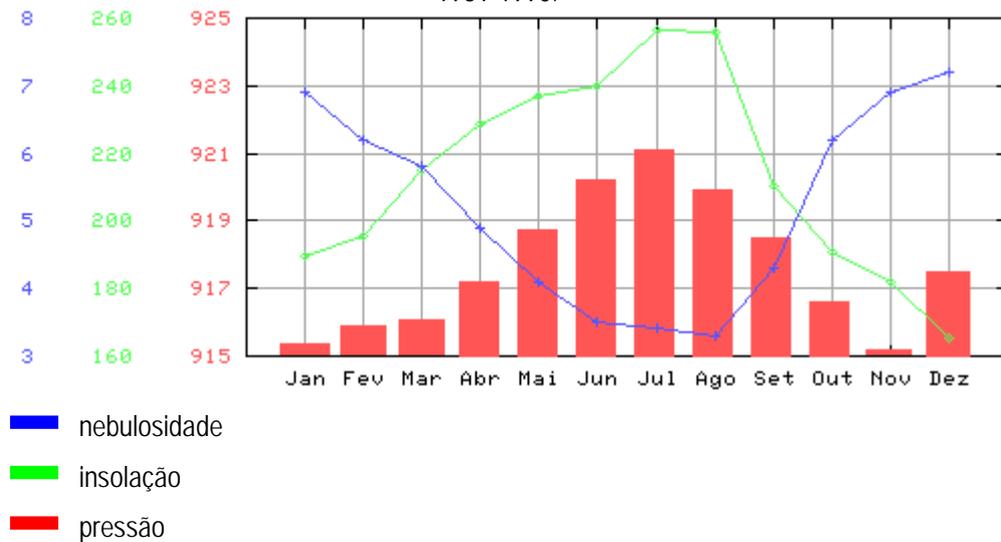
Figura 6: gráfico com valores mensais de precipitação e pressão em Belo Horizonte no período 1961-1990.



Fonte: INMET. www.inmet.gov.br

A evaporação total anual média fica em torno de 1064,9mm correspondendo a aproximadamente o mesmo valor do total anual médio de precipitação. O maior período de evaporação média mensal acontece entre agosto e setembro coincidindo com o período de maior insolação. A menor quantidade média de evaporação verifica-se nos meses de dezembro a fevereiro, quando também acontecem a maior precipitação e a menor insolação, resultando daí os maiores índices de umidade relativa do ar.

Figura 7: gráfico com valores mensais de pressão, insolação e nebulosidade em Belo Horizonte no período 1961-1990.



Fonte: INMET. www.inmet.gov.br

A insolação média é em torno de 2526,3 horas de sol por ano, dando uma média diária de 7 horas/dia. A distribuição mensal não é regular. Observa-se uma curva decrescente a partir do mês de agosto, quando ocorrem as maiores quantidades de horas de sol mensal (245,7 horas), com uma média diária em torno de 8,2 horas. Então seu valor diminui gradativamente até o mês de dezembro, que apresenta a menor quantidade mensal de sol (162,9 horas), em torno de 5,4 horas por dia. A curva tende novamente a crescer apresentando um pico em julho, caindo bruscamente à partir de agosto. Essa queda se justifica pela nebulosidade que acompanha as trovoadas habituais de novembro e dezembro.

A medida de nebulosidade não tem o mesmo significado quantitativo que os outros dados meteorológicos. É apresentado segundo uma escala que varia de 0 a 10, considerando-se 0 a ausência de nuvens e 10 o céu totalmente encoberto. Sua determinação através de observações visuais leva em conta o parcelamento da abóbada celeste. Verifica-se que, em média, o mês mais encoberto é dezembro (7,1) e o período menos nublado é de junho a agosto (média de 3,4). Belo Horizonte recebe a ventilação dos alísios de leste, sendo esta a direção predominante dos ventos. A velocidade média dos ventos é de 1,4 m/s, com pouca variação durante o ano.

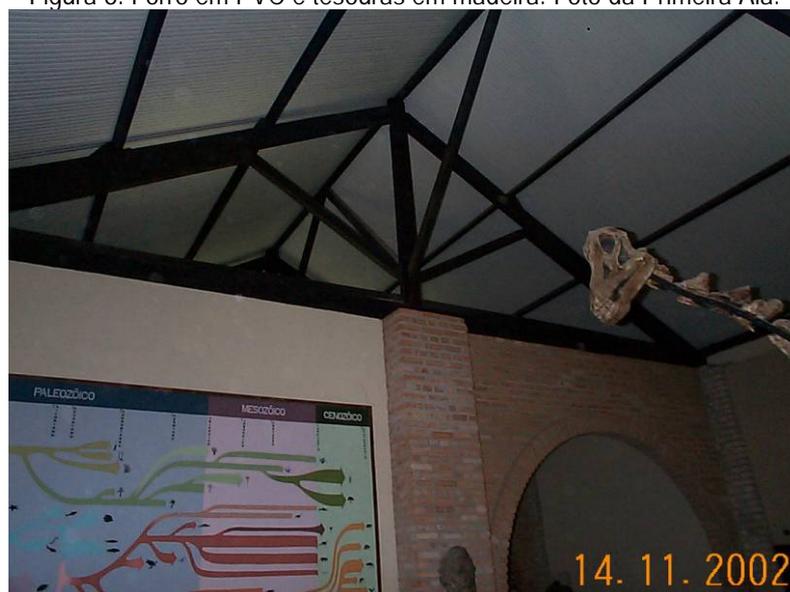
5.2. A Edificação

5.2.1 A estrutura

O edifício se configura em uma construção tipo galpão do período da fundação do MHNJB, adaptado após uma reforma em 1992 para abrigar a museografia atual. O galpão apresenta uma estrutura de paredes em alvenaria de tijolo maciço revestidas com argamassa de cimento, cal e areia, com espessura de 20cm. Os pilares de tijolos maciços estão revestidos externamente com argamassa, internamente apresentam as superfícies aparentes. Sinais de pulverulência da argamassa são identificados externamente nas paredes, juntamente com manchas escuras de umidade e microorganismos.

A cobertura da edificação é constituída por telhas cerâmicas francesas em duas águas com forro de PVC acompanhando a inclinação das telhas. O telhado está apoiado em tesouras de madeira que descarregam nos pilares de tijolos maciços.

Figura 8: Forro em PVC e tesouras em madeira. Foto da Primeira Ala.

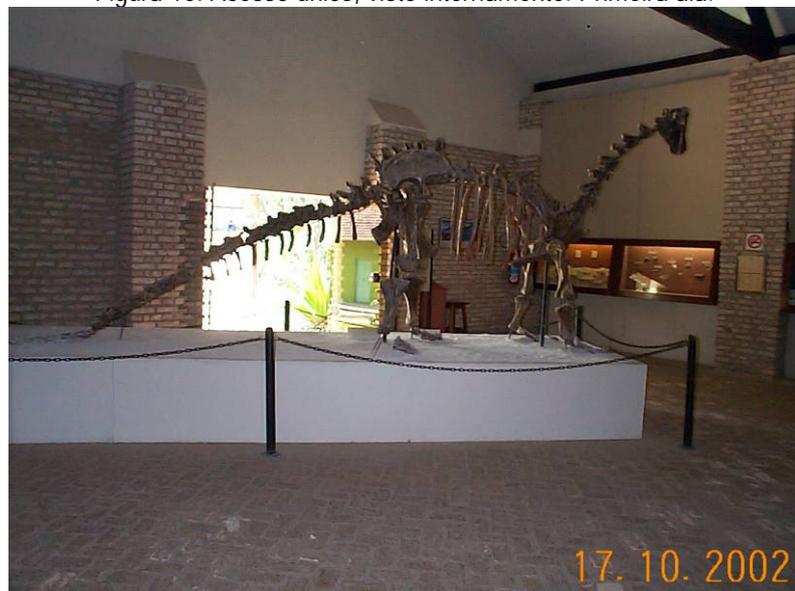


As aberturas nas paredes externas são fechadas por esquadrias de madeira e vidro, que atualmente são mantidas lacradas. A única entrada e saída de ar é através da única porta de acesso ao local.

Figura 9: Acesso único para a Exposição de Paleontologia do Museu de História Natural da UFMG.



Figura 10: Acesso único, visto internamente. Primeira ala.



O piso é constituído por tijolos maciços em cerâmica rejuntados sem acabamento, assentado diretamente sobre um antigo piso em cimento, executado diretamente sobre a terra. Durante a

inspeção do edifício, observou-se que o piso apresenta pulverulência de material, além de sinais de acúmulo de umidade.

Apesar da recente reforma realizada em 2001, o telhado apresenta problemas de manutenção devido a queda constante de galhos das árvores e quebra de telhas que possibilita a entrada de umidade no edifício.

5.2.2 O comportamento da edificação em relação ao entorno

As características construtivas da envolvente do edifício, (paredes de tijolo maciço com espessuras em torno 20cm) juntamente com a manutenção das janelas sempre fechadas lhe confere grande inércia térmica. A renovação de ar é disponibilizada somente pela porta de entrada com 4,2 m² de área, voltada para direção leste.

Nas medições realizadas para esta avaliação foram monitorados três níveis ambientais: a área externa do entorno, a edificação e uma das vitrines, nicho 5-6 (figura 23). Para realização do monitoramento foram utilizados sensores eletrônicos tipo "dataloggers" da marca HANWELL, com registros no intervalo de sessenta minutos dos valores de umidade relativa e temperatura, durante o período de outubro/2002 a fevereiro/2003, quando a UR do ar está mais elevada (figura 2).

Figura 11: equipamentos para mediação de UR e T utilizados no monitoramento, marca Hanwell.



Após a análise integral dos valores obtidos neste monitoramento observou-se o seguinte comportamento:

1. Em relação à temperatura houve uma redução em relação a faixa de variação externa dentro dos ambientes da edificação e da vitrine. As faixas de temperatura nestes dois ambientes foram semelhantes; entre 22,9 e 26,2 °C na edificação e 22,5 e 26,6 °C na vitrine.
2. Na edificação ocorre um retardo maior do momento de pico em relação a vitrine, ou seja, quando ocorrem os picos de temperatura elevada no ambiente externo, por volta de 15h, o pico interno na vitrine ocorre por volta das 16h e na edificação por volta das 20h. Se considerarmos momentos iguais (16h), a carga térmica transmitida pelo forro para dentro da edificação mantém a temperatura interna superior à temperatura do ar externo, a qual já está em declínio, chegando a apresentar cerca de 2 °C de diferença.

Figura 12: Monitoramento MHNJB – sensor externo, período entre 05/dez/02 a 04/jan/03

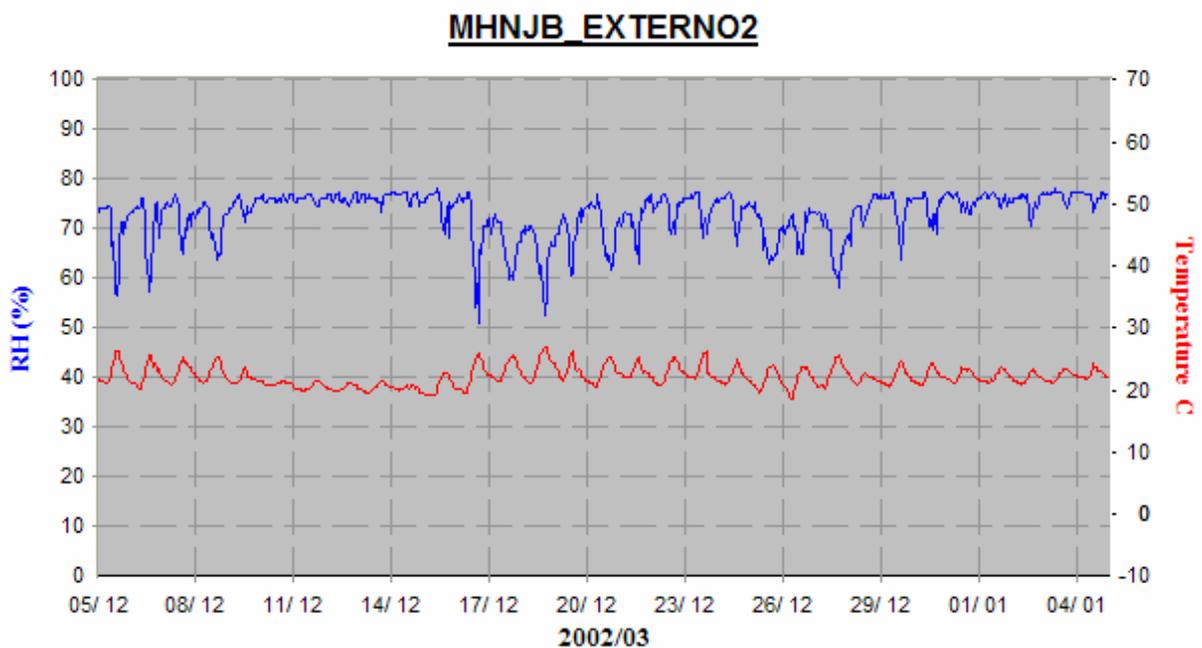


Figura 13: Monitoramento MHNJB – sensor interno a edificação, período entre 05/dez/02 a 04/jan/03

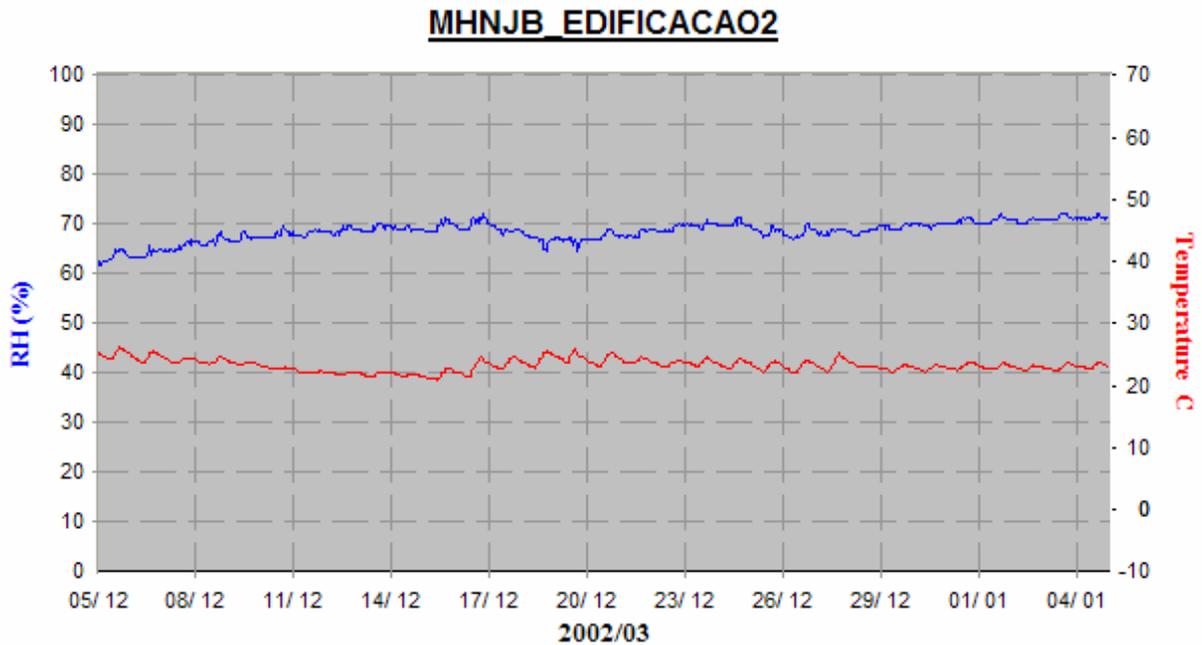
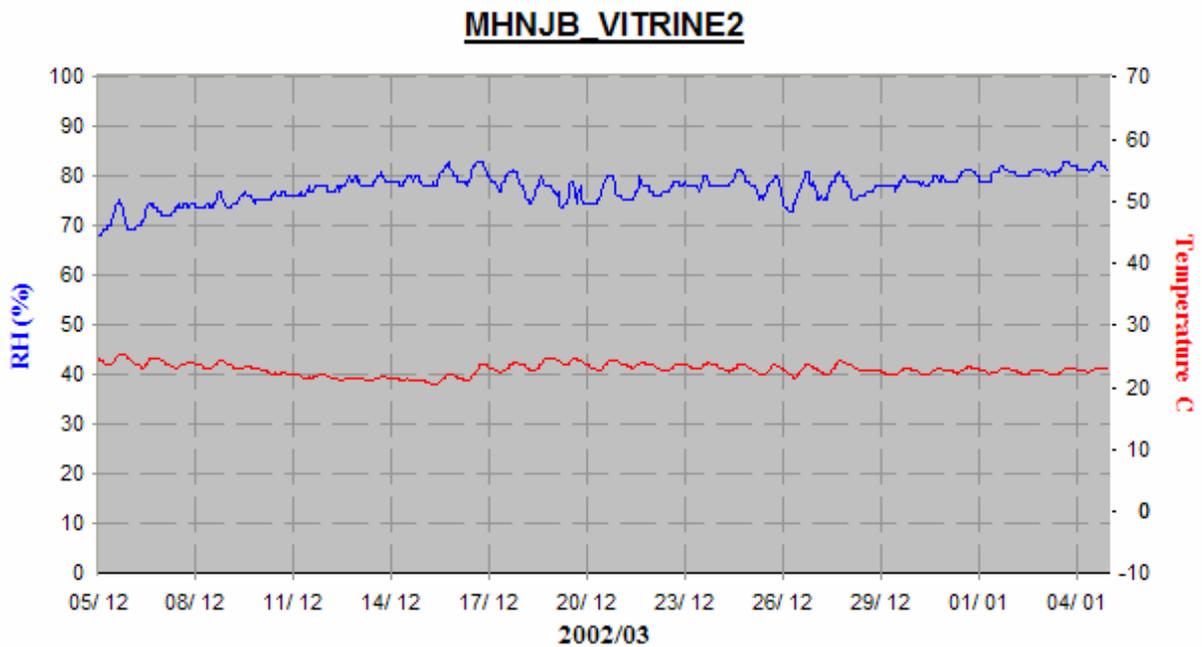


Figura 14: Monitoramento MHNJB – sensor interno a vitrine, período entre 05/dez/02 a 04/jan/03



Quanto a umidade relativa, podemos observar que o ambiente da vitrine apresentou uma amplitude maior em relação ao ambiente interno do prédio, atingindo os picos máximos nos mesmos momentos do ambiente externo e retendo umidade internamente pela falta de ventilação. Desta forma, alcança valores até mais elevados do que os registrados no ambiente externo. No ambiente externo a UR

flutuou da seguinte forma: máxima UR (por volta de 77%) no início da manhã e mínima UR (de 50%) por volta das 15h. Dentro da edificação registramos máxima UR (de 70%) no final da tarde e mínima (de 60%) no início da manhã. Dentro da vitrine o valor de máxima UR (de 75%) foi registrado por volta de 12h e mínima (de 70%) durante a madrugada.

Figura 15: Monitoramento MHNJB – sensor externo, período entre 17/dez/02 a 24/dez/02

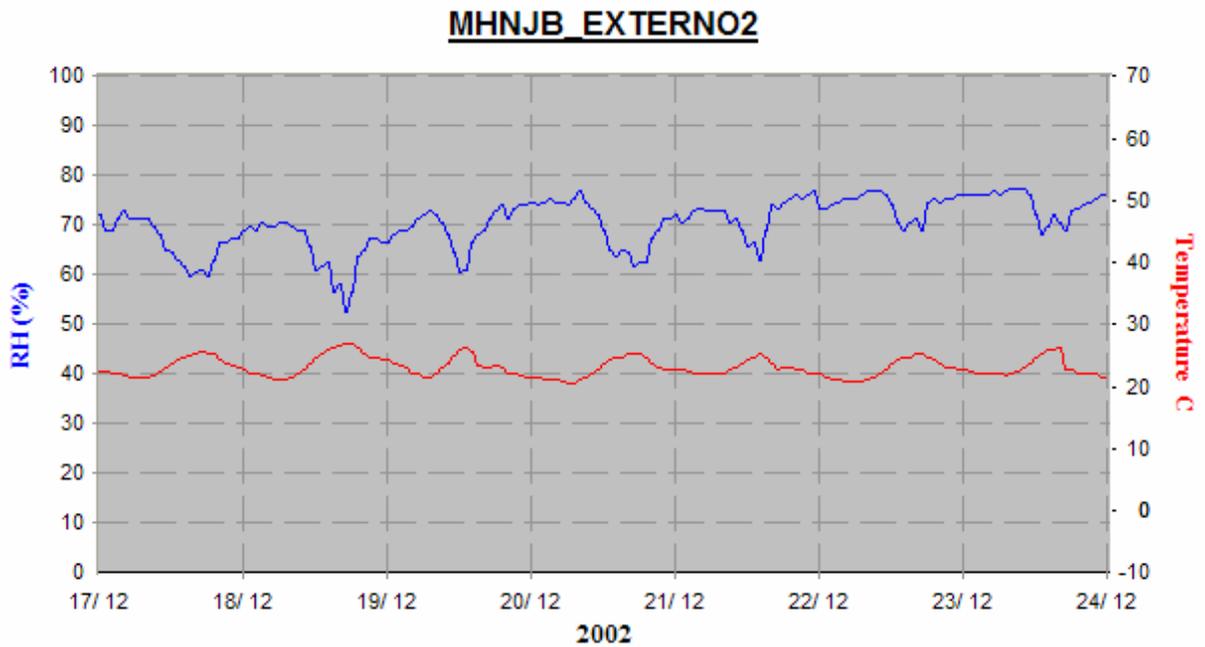


Figura 16: Monitoramento MHNJB – sensor interno a edificação, período entre 17/dez/02 a 24/dez/02

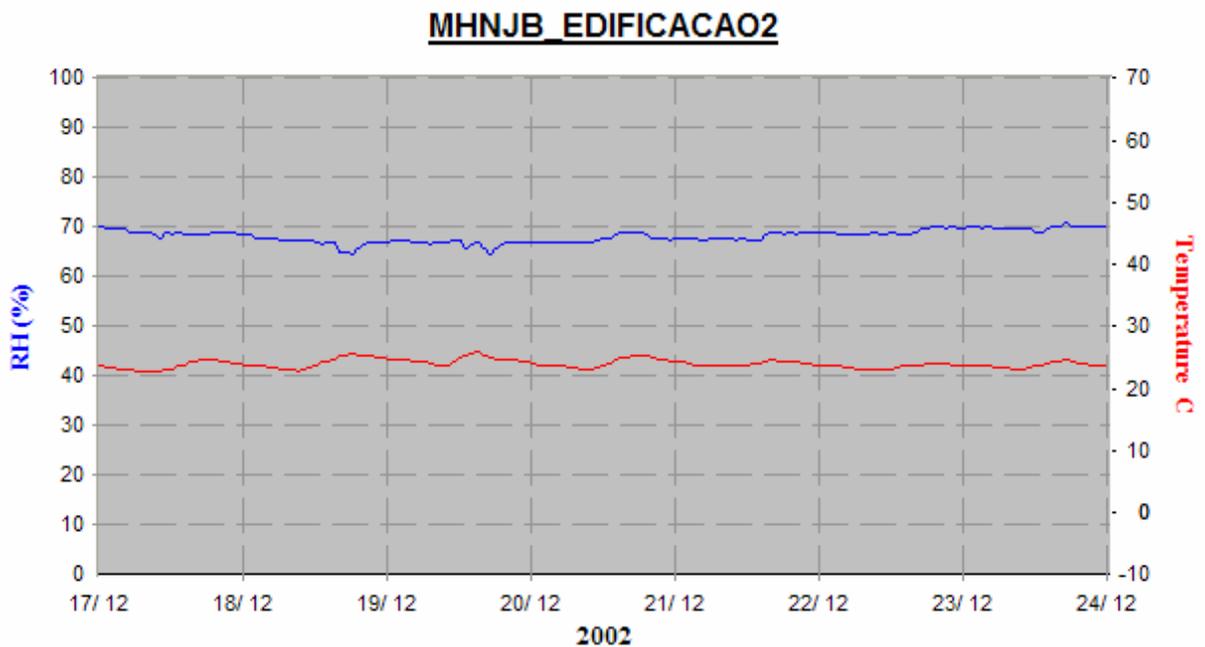
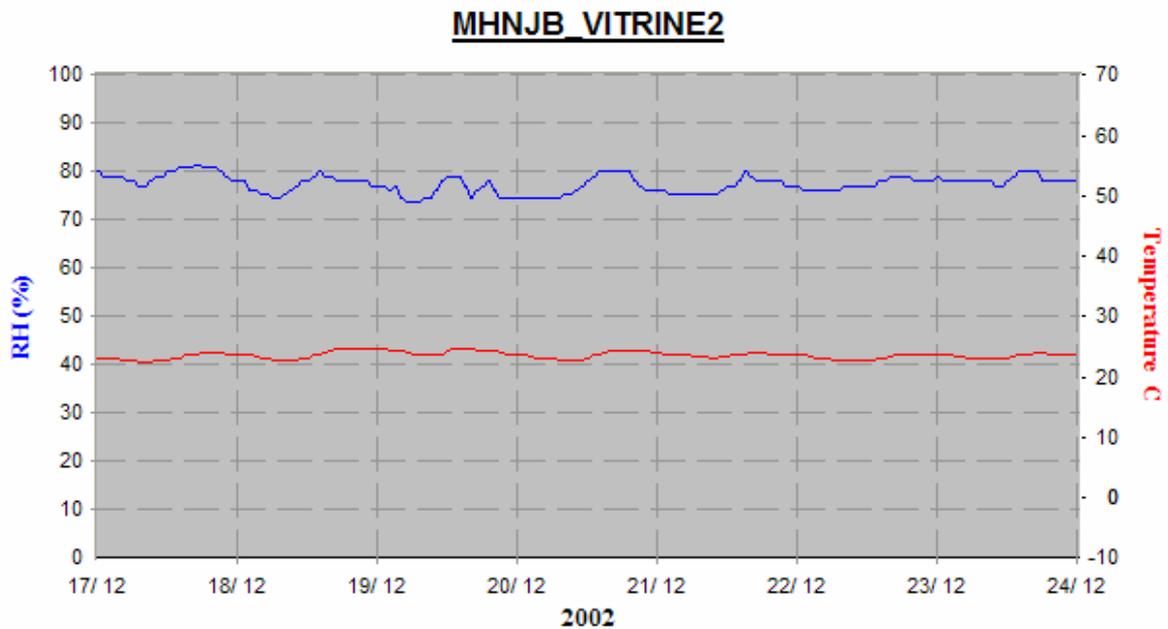


Figura 17: Monitoramento MHNJB – sensor interno a vitrine, período entre 17/dez/02 a 24/dez/02



Concluindo, podemos observar através do monitoramento que:

1. O ambiente da vitrine está funcionando como tampão para o prédio por formar um "colchão de ar" que isola os impactos do ambiente externo no ambiente interno da edificação, acumulando vapor d' água e mantendo os valores de umidade relativa do ar sempre mais elevados do que o espaço interno do prédio. Em outras palavras, o reflexo das mudanças externas é sentido dentro das vitrines em um curto período de tempo, enquanto que no interior da edificação estes reflexos serão percebidos praticamente 12 horas depois.
2. Com a vedação das janelas externas, a circulação de ar no interior da edificação ficou muito reduzida, gerando uma baixa renovação de ar e conseqüente estagnação do mesmo. Os usuários do ambiente percebem uma sensação de abafamento, calor e irritação da mucosa nasal e na garganta, provavelmente causada pela presença de fungos no ar.

Figura 18: Vitrines e painéis museográficos junto as paredes externas.



Figura 19: Janelas externas vedadas permanentemente e os vidros pintados na cor marrom.



3. A vegetação abundante no entorno é bastante benéfica em facilitar a filtragem natural dos poluentes e da radiação solar excessiva, mas por outro ela altera a velocidade dos ventos, dificultando mais ainda a ventilação do ambiente e eliminação do vapor d'água, contribuindo também para elevação dos níveis locais de umidade relativa. Estas árvores estão muito próximas a edificação causando um sombreamento excessivo e permanente nas paredes.

Figura 20: Vegetação abundante ao redor de toda a edificação, causando sombreamento nas paredes.



5.2.3 A umidade no edifício

A presença de umidade nas edificações é um dos principais fatores de degradação do nosso patrimônio cultural, gerando outros fatores em consequência da sua presença, como fungos e microorganismos.

Como a edificação se destina à exposição de acervo paleontológico significativo, o controle das condições climáticas internas do edifício é fundamental para a preservação dos exemplares, tornando-se necessária a identificação dos indícios de umidade no ambiente.

Identifica-se no edifício umidade descendente e ascendente. A umidade descendente é proveniente da cobertura, atingindo as paredes através de rachaduras e deslocamento das telhas, da incidência de ventos com chuva e da quebra de telhas causada pela queda constante de galhos das árvores no entorno próximo.

Segundo o pessoal da manutenção, o esgotamento das águas do telhado através de calhas necessita de manutenção constante para retirada de folhas que caem das árvores próximas, entupindo constantemente as calhas. Os condutores de águas pluviais são externos às paredes, facilitando inspeções de rotina.

A penetração da água se faz ainda nas esquadrias das janelas que estão vedadas. O fechamento permanente destes vãos não proporciona uma vedação adequada para as chuvas, principalmente acompanhadas de vento. Esta umidade que penetra nas aberturas fica contida no interior dos painéis colocados acima das vitrines, formando um ambiente extremamente adequado para proliferação de fungos e microorganismos, ou seja, quente, úmido e escuro.

A ação da água sob forma de umidade ascendente em diversos pontos da edificação também pode ser facilmente identificada. Da análise global do edifício, pode-se identificar duas fontes críticas de umidificação, são elas: o piso de tijolo maciço assentado diretamente sobre a terra e a capilaridade de água nas paredes, atingindo a altura onde estão os nichos expositivos.

Percebe-se ainda um acúmulo de água no piso externo em volta da edificação, proveniente da queda de água de chuva na calçada sem escoamento de águas superficiais, tipo grelhas de piso ou calhas coletoras no piso.

Figura 21: escoamento das águas pluviais próximo a base das paredes, acumulando água.



Não existem instalações hidro-sanitárias na edificação, configurando assim um fator de risco a menos. Quanto aos hábitos de utilização do edifício observou-se que estes estão propiciando o aumento da umidade através da lavagem do piso (infiltração de água) tornando-os saturados e dificultando a eliminação da umidade. Foram observadas manchas e pulverulência no piso e o aparecimento de eflorescências e mofo no embasamento das paredes, principalmente nas paredes em tijolo aparente.

5.2.4 A luz natural

A avaliação do desempenho do edifício do acervo de Paleontologia com relação à iluminação natural está focado na sensibilidade dos objetos à luz, sobretudo na faixa da radiação ultravioleta. Por isso é indesejável a incidência da radiação solar direta nas vitrines.

A intensidade da radiação difusa deve ser observada, pois, se muito elevada também poderá causar danos nos objetos. Sua distribuição também deve ser analisada, pois, por exemplo, a luz natural excessiva de uma janela, contrastando com as áreas sombreadas da parede provoca ofuscamento e interfere na visualização dos objetos expostos. Deve-se considerar que a luz natural nos ambientes

deve ser bem aproveitada, pois esta reproduz as cores com maior fidelidade, além de evitar desperdícios de energia elétrica.

5.2.5 Poluição e degradação biológica

Externamente nota-se, em algumas fachadas, a presença de manchas escuras provenientes de áreas não lavadas ou da falta de incidência solar, o que origina impregnação e/ou depósitos de partículas superficiais e desenvolvimento de fungos.

Foi observada a presença de microflora em alguns pontos do edifício, em áreas que recebem muita água; por exemplo, próximo ao embasamento das paredes que, além da umidade ascendente atuante, recebe os respingos de chuva e das águas provenientes das lavagens dos pisos.

Foi observada a presença de animais no entorno do edifício devido ao MHNJB estar localizado em área de mata natural. Estes animais, além de sujarem as áreas externas do edifício, representam riscos à manutenção dos elementos construtivos.

A presença de térmitas de solo e de madeira seca é uma constante do contexto local, na medida em que estes insetos, juntamente com aranhas, traças, moscas, besouros e mosquitos fazem parte naturalmente deste tipo de ambiente. O desafio é mantê-los fora da edificação ou não proporcionar locais para que se alojem, pois o prédio está localizado em uma área de reserva ecológica. A avaliação e identificação da presença destes fatores são realizadas pela equipe de museografia durante a rotina de limpeza semanal das instalações museográficas.

Quanto aos poluentes urbanos como partículas em suspensão, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e ozônio, todos apresentaram valores no ambiente externo dentro de faixas consideradas

adequadas para a conservação do acervo (fonte: Dados da pesquisadora Ciomara Rabelo de Carvalho - Laboratório de Análise Ambiental - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC).

5.2.6 Segurança física e incêndio

O controle de focos de incêndio em toda a área do Museu é dificultado pela grande dimensão desta área e pelo grande perímetro de acesso. Na área externa do museu não foram localizados equipamentos de segurança contra incêndio e mesmo hidrantes com controle de pressão em locais mais próximos ao edifício.

No interior do prédio o sistema de proteção contra incêndio está instalado nas paredes com comunicação visual correta, composto de dois extintores de água pressurizada para combustível sólido e um extintor de CO₂ para líquidos inflamáveis e equipamentos elétricos.

Observou-se também que a equipe técnica e de apoio do museu não recebe treinamento específico para ações emergenciais, o que coloca a coleção e o edifício em constante situação de risco. No caso de focos de incêndio, o combate deverá ser efetuado pela equipe de funcionários dos serviços gerais através do uso de abafadores manuais. Na área da mata, três funcionários terceirizados são responsáveis pela poda e retirada rotineira de material seco da vegetação.

Quanto à segurança física do museu e do seu acervo, observou-se a segurança feita por guardas – na área externa, 2 guardas durante o expediente (8 horas/dia) e duas portarias de acesso funcionando 24 horas. Na área interna a segurança é feita pelos monitores que acompanham os visitantes.

Não foi observado nenhum sistema eletrônico complementar de segurança, nem nos acessos ao museu, nem nas vitrines de exposição. Vale salientar que nas vitrines existem cadeados cujas chaves ficam sob controle do setor de museologia.

Figura 22: extintores manuais colocados nas paredes e quadro de luz interno.



5.3 A coleção

5.3.1 Paleontologia - Conceitos gerais

"Paleontologia (gr. palaios = antigo + ontos = ser + logos = estudo). Pode ser definida como a ciência que estuda o registro fóssil e, através dele a história da vida" (BURKHART, 1993). Isto é, restos ou vestígios de animais ou de vegetais que viveram antes dos tempos históricos e que se conservaram nas rochas.

O termo fóssil é bem mais antigo. Vem do latim *fossilis* que significa "extraído da terra". O termo foi aplicado inicialmente para se referir a qualquer coisa, animal, vegetal ou mineral que fosse retirada das rochas. (...) O real significado dos fósseis começou a ser entendido após os trabalhos de Cuvier (1769-1832) que, estudando animais fósseis compreendeu que se tratavam de restos de animais que viveram na terra há dezenas, centenas e as vezes milhares de anos atrás, e que muitos deles representavam formas de vida que não existiam mais. (BURKHART, 1993)

Fossilização é o conjunto de processos que levam a preservação de um organismo ou parte dele como fóssil. Sua ocorrência é rara e depende de uma série de fatores relacionados ao próprio ser – como a presença de partes duras e a composição destas partes, por exemplo – e ao ambiente onde ele viveu e morreu. Alguns ambientes são mais favoráveis do que outros. O processo de fossilização dependerá dos acontecimentos que sucederam com o animal ou vegetal após sua morte. Assim sendo, características como cor do fóssil, partes preservadas e estado de conservação podem variar bastante.

5.3.2 Classificação dos materiais da coleção de Paleontologia do MHNJB

A coleção está composta de peças originais e réplicas de fósseis. As peças originais são compostas de material orgânico e mineral, caracterizados segundo o tipo de fossilização, que varia bastante. A

classificação à seguir representa uma definição formal, puramente acadêmica. Para uma identificação precisa em relação ao estágio de fossilização específico dos exemplares é necessária a realização de exames laboratoriais para identificação da porcentagem de material orgânico e mineral em cada exemplar. As referências sobre tipos de fósseis apresentadas à seguir foram fornecidas por Ferreira (2002):

1. **Incrustação:** Quando o material original é revestido por uma crosta mineral que não altera a sua estrutura e permite a preservação. O material normalmente está agregado num assoalho estalagnítico (no piso) e está recoberto de calcita. Formou-se porque este material, num dado momento, foi recoberto por uma água pesada (saturada de CaCO_3) que foi percolando e evaporando. Neste processo a calcita precipita e vai recobrando o exemplar, ao mesmo tempo que não houve uma movimentação de água suficiente para desagregar este material e carregá-lo, chegando a um dado momento onde a calcita se estabiliza e forma então o fóssil.
2. **Mineralização:** quando há o preenchimento de todas as cavidades e poros das partes duras por um mineral qualquer, tornando o material mais resistente. Há um grande aumento do peso da peça, e por isso comumente se chama petrificação.
3. **Recristalização:** quando o material que compõe originalmente a parte dura se transforma em outro de mesma natureza química, porém mais estável no meio em que ele se encontra. Por exemplo, uma concha composta de carbonato de cálcio na forma de aragonita se transforma em calcita, uma estrutura mais estável de carbonato de cálcio.
4. **Substituição:** quando o mineral que compõe originalmente a parte dura é dissolvido e substituído por outro mais abundante e estável no meio em que o material se encontra. Tal substituição pode realizar-se lentamente, molécula por molécula, produzindo em consequência uma réplica do organismo em que se observa até pormenores das células. Frequentemente, porém, a substituição

ocorre sem a preservação da microestrutura original, resultando apenas uma reprodução da forma geral do objeto primitivo. De acordo com a natureza do mineral substituinte fala-se em *silicificação* (sílica), *calcificação* (carbonato de cálcio), *piritização* (pirita), etc.

5. Preservação total: quando o processo de fossilização permite que se conservem, além das partes duras, também as partes moles (tecidos) do organismo original. Estes processos são raros. Incluem-se neste caso a preservação em gelo, em âmbar e a mumificação (preservação por dissecação).

6. Preservação parcial: quando somente as partes duras são preservadas sem alteração.

7. Moldes e impressões: os moldes são impressões ou marcas da forma interna ou externa do organismo original, deixadas no sedimento. É uma evidência indireta da presença de determinado organismo que se preserva nas rochas. A peça original é destruída mas permanece o negativo da sua forma preservado.

As réplicas são executadas em resina por este material apresentar vantagens para manipulação, montagem de exposições mais ágeis e interativas, intercâmbio de acervos, maior aspecto lúdico com os visitantes e menores custos com a conservação de rotina.

A coleção apresenta os seguintes exemplares em sua coleção:

1. Corais antozoa: os exemplares que estão no MHNJB são recentes e representam na exposição tipos de fossilização por substituição e por impressão.

2. Braquiópodes articulados: O Filo Brachiopoda reúne animais marinhos, bentônicos, dotados de uma concha bivalve, predominantemente calcária, fixos ao fundo, geralmente por meio de um órgão designado pedículo ou pedúnculo. Os Braquiópodos articulados são dotados de aparelho articulatório e de branquídio; providos de deltírio e muitas vezes, também, de nototírio. Assinalados

desde os terrenos cambrianos inferiores. Estrutura da concha: A concha do adulto compõe-se de quitina, fosfato de cálcio, carbonato de cálcio (sob forma de calcita), ou a combinação das duas primeiras substâncias. A concha fossilizada continua constituída de carbonato.

3. Moluscos: Reúne animais de corpo mole, simetria bilateral (exceto na Gastropoda), não segmentados, cobertos por um manto delgado que, na maioria das formas, segrega uma concha calcária. Já acusados nas rochas do Cambriano, os moluscos representam-se hoje em vários habitats (mares, águas doces e salobras e terra firme) por cerca de 100.000 espécies; as espécies fósseis montam a cerca de 40.000 anos.

Estrutura dos Moluscos Gastrópodes: Distinguem-se: a) *óstraco*, camada média; b) *hipóstraco*, camada lamelar interna; c) *perióstraco*, camada externa de conchiolina (não conservada nos fósseis). A parte inorgânica da concha é constituída de calcita, de aragonita ou de ambos.

Estrutura dos Moluscos Bivalves: A concha é composta principalmente de material calcário (aragonita ou calcita). Constitui-se em três camadas: a) *perióstraco*, camada externa de conchiolina, matéria orgânica escura; b) *camada prismática*, de posição intermediária, constituída de prismas calcários; c) *camada laminar*, *madrepérola* ou *nácar*, de posição interna, consistindo em lamelas calcárias.

4. Artrópodos Trilobitas: São Artrópodos marinhos extintos que viveram na era Paleozóica. Revestia-se de uma carapaça quitinosa (exosqueleto), mineralizada na porção dorsal (carbonato de cálcio e fosfato de cálcio). A quitina tem por fórmula $(C_8H_{13}O_5N)^n$. É insolúvel em água, álcool, ácido diluído, ou suco digestivo de muitos animais. Na estrutura do exosqueleto distingue-se: a) camada externa cerosa, à prova d'água; b) camada média, rija, impregnada de carbonato de cálcio ou de fosfato de cálcio; c) camada interna, flexível, não mineralizada, dificilmente fossilizável.

5. Equinodermas: compreende animais exclusivamente marinhos, dotados de um endosqueleto calcário (formado de placas soldadas ou articuladas ou de peças separadas) e providos de um sistema hidro-vascular que emite pequenas projeções (pés) para o exterior e se comunica com o meio externo por intermédio de poros. As mais antigas formas datam do Cambriano. Vários são os grupos extintos e grande a sua importância estratigráfica. O mineral constitutivo do esqueleto é a calcita.

6. Vegetais: Exemplos fósseis de substituição.

7. Ossos: osso é um material composto altamente especializado compreendendo tanto fases inorgânicas (minerais) quanto orgânicas (principalmente proteínas). Sua fração inorgânica (cerca de 90%) é composta de cálcio (hidroxiapatita). A fração restante é orgânica, feita de colágeno¹², proteínas não-colágenas (NCP)¹³, lipídios, mucopolissacarídeos e outros carboidratos. Existem dois tipos de ossos, osso esponjoso (*cancellous bone*) e osso compacto (*cortical bone*), e sua distribuição dentro de um corpo é ditada por considerações bioquímicas. Tanto o osso compacto quanto o osso esponjoso são formados pela deposição de fibras de colágeno em camadas. No osso compacto, estas camadas estão acomodadas em anéis em volta da medula, mudando seu alinhamento em aproximadamente 90° em cada camada (CHILD, 1995). Osso mineral é uma substância complexa, não estequiométrica¹⁴ em relação a hidroxiapatita. Sua proporção de cálcio para fósforo é significativamente menor que 10:6. Estrôncio e ferro, ingeridos como parte da dieta

¹² O colágeno triplo-helix está presente em abundância em uma variedade de tecidos vertebrados. Treze diferentes tipos de colágenos foram descritos, variando nas suas cadeias de composição e seqüências de aminoácidos. O colágeno presente no osso é o tipo I, o qual compreende duas cadeias de uma composição, $\alpha_1(I)$, e uma de outra, $\alpha_2(I)$. O colágeno do osso possui uma composição média de 30% de glicina *glycine*, 14% prolina *proline* e 11% hidroxiprolina *hydroxyproline*. (CHILD, 1995).

¹³ A fração orgânica do osso compreende 10-15% do total do peso do osso. Existe um componente principal de proteína, o colágeno, e um grupo de proteínas chamados coletivamente de proteínas não colágenas (NCP). (CHILD, 1995).

¹⁴ substantivo feminino; Rubrica: química. 1 investigação e determinação quantitativa das relações entre reagentes e produtos numa reação química; estequioquímica 2 Derivação: por extensão de sentido. Proporção dos elementos químicos num composto (p.ex., H₂O). Dicionário eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa 1.0

do indivíduo, são estocados no esqueleto. Íons de flúor têm uma grande afinidade com o osso mineral, convertendo hydroxyapatita em fluorapatita, análises de flúor têm sido utilizadas para verificar a amostragem. (CHILD, 1995).

5.3.3 A natureza da coleção

A grande maioria dos exemplares foi descoberta em depósitos de cavernas em diferentes localidades do Brasil, especialmente nas grutas da região de Lagoa Santa - MG, referida como a região do Vale do Rio das Velhas. Esta região foi amplamente pesquisada por Peter Wilhelm Lund, explorador dinamarquês que revelou ao mundo no século XIX descobertas sobre os primeiros americanos. Lund não foi o primeiro a falar de fósseis no Brasil, mas foi o primeiro a se dedicar de forma específica e sistemática a esse objeto de estudo. Elaborou perguntas, formulou hipóteses e buscou respostas. Por isso é reconhecido hoje como o "Pai da Paleontologia Brasileira".

Quase em sua maioria pertence ao que chamamos de fauna Pleistocênica, extinta por volta de 10.000, 12.000 anos atrás, como as preguiças e o tigre dente-de-sabre. Alguns exemplares estão representados na Exposição do MHNJB como réplicas e outros como peças originais.

Na primeira ala está uma réplica do Titanossauro, um dinossauro que remonta a 65 milhões de anos, característico da América do Sul. Sobre o material que aparece na primeira ala Ferreira (2002) diz que *"muita coisa não era originalmente do acervo da UFMG. A PUC doou alguns exemplares para compor a exposição. A ala está composta com réplicas ou material original, nem todos procedentes aqui do Brasil. Tinha inclusive um âmbar que foi roubado."* Falando em termos gerais, a coleção de Paleontologia do MHNJB é *"constituída de material preservado principalmente em cavernas, datados por volta de 10.000 a 12.000 anos e que tem uma característica muito própria: não é material*

totalmente mineralizado; uma ou outra peça apresenta esta característica. É um material que está sofrendo substituição.” (FERREIRA, 2002).

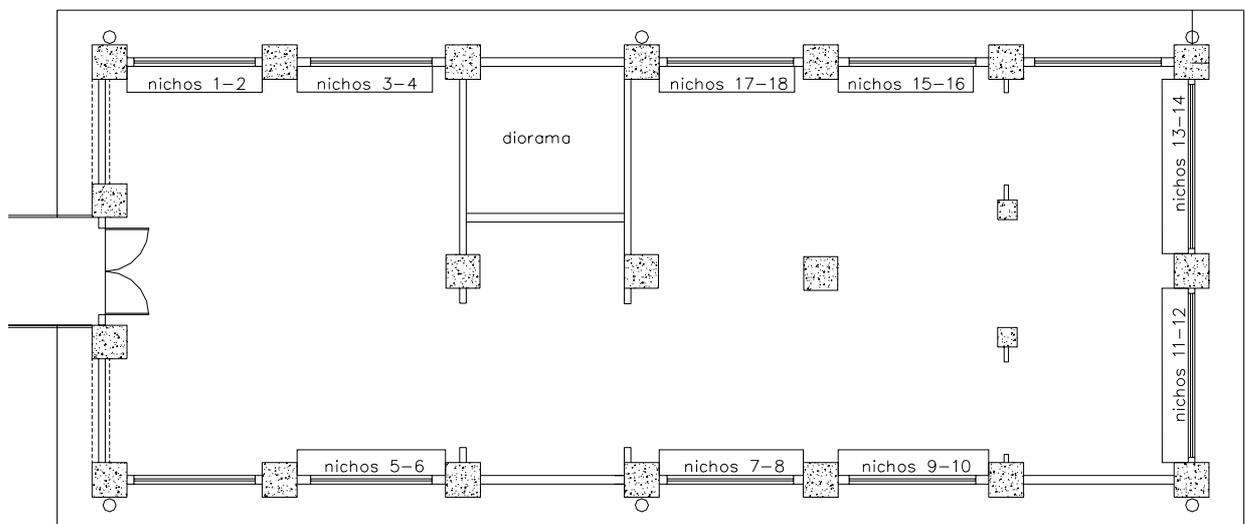
5.3.4 Tratamentos anteriores

Ainda segundo Ferreira, (2002) alguns dos exemplares que estão na ala central receberam tratamento de conservação com BOTIVAR (PVA diluído em acetona ou álcool, dependendo do interesse em relação a rapidez de volatilização). Para o restante dos exemplares foi utilizado para estabilização, principalmente no material Pleistocênico, primeiramente Poliestireno + Toluol (em concentrações variáveis) e posteriormente o BOTIVAR.

5.3.5 Descrição da exposição

O sistema de exibição adotado pela museografia atual é constituído de vitrines fechadas (nichos) com vidro, acopladas às paredes externas do edifício e bases museográficas sem proteção física para as réplicas.

Figura 23: Localização dos nichos dentro da edificação.



5.3.5.1 Descrição do ambiente – Primeira ala

A primeira ala apresenta seis nichos em compensado e vidro, exibidos em compartimentos fechados com iluminação fluorescente interna. Os nichos apresentam comunicação interna aos pares (1-2, 3-4 e 5-6), com volume de 0,65m³ cada conjunto. Apresenta ainda uma vitrine em compensado e vidro sem iluminação e uma base museográfica aberta. A vitrine e a base contêm réplicas.

Figura 25: Primeira ala do espaço expositivo.



Número e natureza da coleção contida nos nichos 1-2, 3-4 e 5-6

Nicho 1-2: Apresenta dez peças originais descrevendo os diversos tipos de fossilização: Impressão de vegetal, molde, mumificação, preservação parcial, incrustação e mineralização. Representa o período Paleozóico.

Figura 25: Nicho 1 apresentando maquete sobre como ocorre o processo de fossilização na natureza.



Nichos 3-4: Apresenta doze peças originais no vão 3 e seis peças originais no vão 4. Representa o período Mesozóico, com peças de fósseis variados de animais invertebrados marinhos, vegetais e do Messossauro, que caracteriza o registro fóssil desta Era. Contém Corais, braquiópodos articulados, moluscos, equinodermas, vegetais, artrópodos.

Figura 26: Nicho 3 representando o período Mesozóico.



Nichos 5-6: Apresenta cinco peças de réplicas no vão 5 e quatro peças originais no vão 4. Contém Crânio de scaphonix, molusco e ictiólitos.

Figura 27: Exemplos contidos no nicho 5.



5.3.5.2 Descrição do ambiente – Ala central

A ala central apresenta um diorama e uma base museográfica aberta com uma réplica.

Número e natureza da coleção contida no diorama

Diorama: Apresenta peças originais da Preguiça gigante. Ilustra a simulação da escavação sendo realizada por paleontólogo dentro de uma caverna.

Figura 28: Exemplos contidos no diorama.



5.3.5.3 Descrição do ambiente – Segunda ala

A segunda ala apresenta o acervo em doze nichos em compensado e vidro, exibidos em compartimentos fechados com iluminação fluorescente interna. Os nichos apresentam comunicação interna aos pares (7-8, 9-10, 11-12, 13-14, 15-16 e 17-18), com volume de 0,65m³. Apresenta ainda esqueletos articulados sobre as bases museográficas. Em cada nicho uma ordem de mamíferos está representada. Para cada uma delas fornece-se dados sobre as características gerais do grupo, dados sobre sua evolução e as principais rotas migratórias de seus representantes mais típicos que habitavam o Brasil no final do PLEISTOCENO.

Figura 29: Segunda ala do espaço expositivo.



Número e natureza da coleção contida nos nichos 7-8, 9-10, 11-12, 13-14, 15-16 e 17-18

Nichos 7-8: Apresenta cinco peças originais no vão 7 e três peças originais no vão 8. Representa os carnívoros e contém crânios de diferentes espécies de mamíferos.

Figura 30: Exemplos contidos no nicho 8.



Nichos 9-10: Apresenta oito peças originais no vão 9 e oito peças originais no vão 10. Representa os Edentatas e contem crânios e mandíbulas.

Nichos 11-12: Apresenta cinco peças originais no vão 11 e cinco peças originais no vão 12. Contém crânios e ossos de Perissodáctilos e crânios e ossos de Artrodáctilos.

Nichos 13-14: Apresenta quinze peças originais no vão 13 e cinco peças originais no vão 14. o vão 13 representa os Quirópteros e Roedores e contem múmia de morcego, crânios, mandíbulas, chifres e dentes. O vão 14 representa os Proboscídeos e contem chifres, mandíbulas e dentes.

Nicho 15-16: No vão 15 estão réplicas do esqueleto de homens antigos. No vão 16 estão peças originais representando o *Homo Sapiens* e contem ossos e crânio.

Nicho 17-18: Apresenta sete peças originais no vão 17 representando a preguiça gigante. Contem crânio, garras, maxilares c/ dentes e fêmur. No vão 18 apresenta uma maquete didática sobre a prática da Espeleologia.

5.3.6 Estado de conservação da Coleção

A Coleção está em processo de inventário. Hoje existe uma listagem feita no período da montagem da coleção. A museóloga responsável pelo acervo está realizando o processamento técnico em um banco de dados.

Quanto a manutenção, toda semana é realizada uma vistoria nas instalações expositivas pela museóloga e pela auxiliar de limpeza, onde é verificado indícios evidentes de deterioração. A limpeza dos exemplares e tratamentos emergenciais são realizados pela própria museóloga. A maioria dos objetos que estão expostos permanece todo o tempo em exibição, havendo pouca rotação com o acervo em reserva técnica. O critério para troca de acervo é estabelecido pelo curador, sendo que somente dois nichos são disponibilizados para exposições temporárias.

Os fatores de degradação identificados no espaço expositivo e nos exemplares foram insetos, com presença de teias de aranhas, excrementos de cupins e muita sujidade. A ocorrência de mofo é identificada em áreas que não possuem acesso para limpeza (painéis internos das vitrines e bases museográficas). A exposição não é monitorada em relação aos fatores ambientais.

Os nichos expositivos

O sistema expositivo atual funciona como um sistema tampão para a edificação, conforme já verificamos no item 5.2.2. Sendo assim, os valores de UR identificados neste ambiente são permanentemente mais elevados do que no ambiente interno do prédio, disponibilizando condições adequadas para a proliferação de fungos e microorganismos. A troca de ar praticamente não existe dentro das vitrines, pois os nichos são fechados, sem aberturas intencionais para ventilação.

Figura 31 e 32: Detalhe interno dos nichos, apresentando a iluminação fluorescente embutida e a tela entre o ambiente da vitrine e os painéis superiores.



Os painéis museográficos colocados sobre os nichos não recebem manutenção (não foi previsto este recurso na execução, sendo painéis fixos e sem acesso interno) e acumulam bastante sujeira, poeira e fungos. Estão isolados do espaço de vitrine por uma tela que também não recebe manutenção alguma e possui muitas frestas, representando uma barreira deficiente contra estes fatores de degradação.

A área expositiva dos nichos também está diretamente em contato com a parede externa, expondo os exemplares à influência de variações climáticas e ao risco de condensação superficial de umidade nas paredes.

Figura 33: base inferior do nicho. Observar as manchas brancas (mofo) e o cadeado que garante a segurança.



Figura 34: múmia de morcego, exposta no nicho 13. Observar a sujidade aderida aos pêlos e sobre a base expositiva.

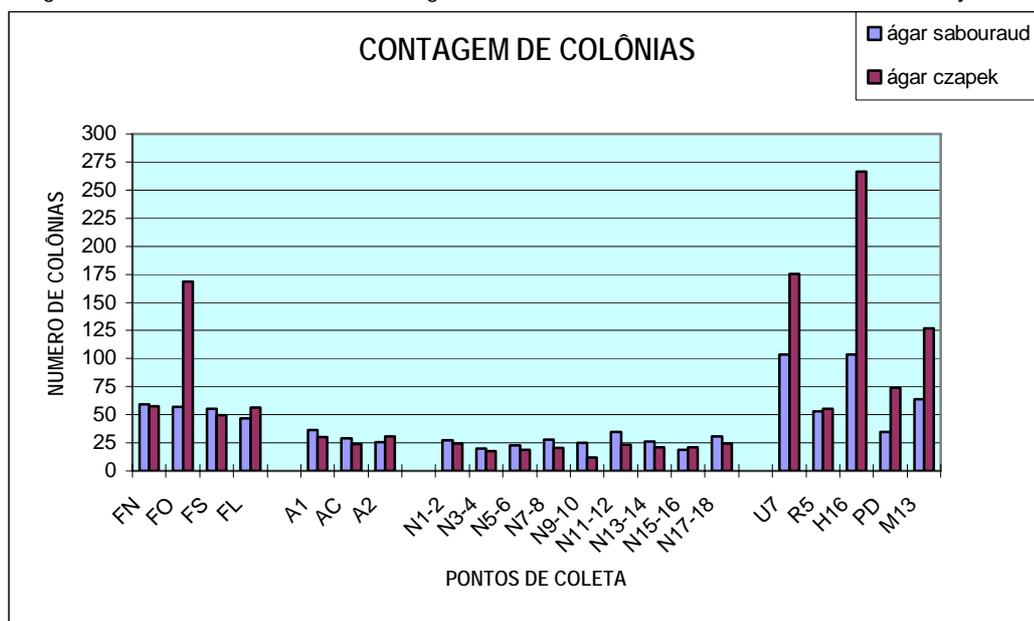


5.3.7 Coleta do material e isolamento dos fungos antes da instalação do sistema

Esta etapa foi desenvolvida com o apoio do laboratório de microbiologia do ICB, coordenado pela profa. Dra. Maria Aparecida Resende e com o auxílio do graduando em medicina, Rodrigo Arantes. As coletas de fungos antes da instalação do sistema foram realizadas nos dias 09 de dezembro de 2002, 16 de dezembro de 2002 e 13 de janeiro de 2003. O resultado da contagem de colônias identificadas nestas coletas está apresentado na figura 35 e demonstra que:

1. O número de colônias identificadas nos ambientes internos e nos nichos expositivos está muito próximo, demonstrando que o sistema expositivo atual não está sendo eficiente como barreira destes agentes biológicos.
2. As coletas nos exemplares (ver quadro 2) demonstram que está ocorrendo altos níveis de contaminação nestes exemplares e que, provavelmente estão ocorrendo os processos de biodeterioração apontados por Child (1995) nas suas pesquisas sobre o processo de taponomia do osso arqueológico.

Figura 35: Resultado da coleta de fungos realizada nos dias 09/dez/02, 16/dez/02 e 13/jan/03.



A seguir apresentamos a identificação dos fungos coletados visando o reconhecimento de espécies que liberaram pigmentos (a identificação de fungos que liberam substâncias ácidas não foi realizada), caracterizando assim o risco de danos secundários ao acervo (manchas irreversíveis causadas por estes pigmentos). Esta etapa foi especificamente realizada pela profa. Dra. Maria Aparecida Resende em função do nível de conhecimento necessário para realização desta identificação. O quadro 6 abaixo contém os resultados, evidenciando que o risco de manchas irreversíveis nos exemplares é real.

Quadro 6: espécies de fungos isoladas de diferentes locais do Museu de História Natural UFMG

PONTO DE COLETA						
NICHO1-2	Nicho 3-4	NICHO 5-6	NICHO 7-8	NICHO 9-10	NICHO 11-12	NICHO 13-14
Aspergillus	Mycelia sterila	Aureobasidium	Aureobasidium	Mucor	Penicillium	Aureobasidium
Alternaria	M. sterila	Penicillium	M. sterila	M. sterila	M. sterila	Sepedorium
Alternaria	Paecilomyces lilacinus	Aureobasidium	Curvularia	Zygosporium	Aureobasidium	Curvularia
Cladosporium	Aspergillus	Penicillium	Aureobasidium	M. sterila	Penicillium	Cladosporium
Penicillium	M. sterila	Curvularia	Aspergillus	Aspergillus	Penicillium	Sepedorium
Penicillium	M. sterila	Penicillium	Zygosporium	Aspergillus	Aureobasidium	Cladosporium
Aspergillus	Cladosporium	M. sterila	Sepedorium	Penicillium		
Penicillium	Alternaria	Penicillium	M. sterila			
Aureobasidium	Cladosporium	Aspergillus	Cladosporium			
Aureobasidium	Zygosporium	Helminthosporium				
Papularia	NC*	Aspergillus				
Fusarium	Fusarium	NC*				
Aureobasidium	Vardomyces	Penicillium				
Aureobasidium						
Alternaria						
Aspergillus						
Aspergillus						

NC*: Não cresceu

as referências em negrito são fungos que produzem pigmentos

(continuação QUADRO 6)

PONTO DE COLETA						
Nicho 15-16	Nicho 17-18	Fachada Sul	Fachada Norte	Fachada Oeste	Fachada Leste	Ala Central
Mycelia sterila	Cladosporium	Penicillium	Aureobasidium	M. sterila r	Alternaria	Mycelia sterila
Curvularia	M. sterila	Aureobasidium	NC	Penicillium	M. sterila	Mycelia sterila
NC	M. sterila	Aureobasidium	NC	NC	M. sterila	NC
Curvularia	Penicillium	Penicillium	NC	Cladosporium	Cladosporium	Cladosporium
Cladosporium	Penicillium	P. lilacinus	Aureobasidium	Torula	NC	Fusarium
Curvularia	Curvularia	Aspergillus	M. sterila		M. sterila	Aspergillus
Sepedorium	Penicillium	Cladosporium			Penicillium	Penicillium
Aureobasidium	M. sterila					Aspergillus
	Penicillium					Penicillium
	Curvularia					
	Curvularia					
PONTO DE COLETA						
Segunda ala	Primeira Ala	Múmia morcego	ossos homo sapiens	esqueleto preguiça gigante	réplica	crânio urso
Penicillium	Penicillium	Penicillium	Penicillium	Penicillium	Aspergillus puniceus	Aspergillus
Penicillium	Penicillium	Aureobasidium	Penicillium	P. lilacinus	NC	NC
NC	Penicillium	Penicillium	Aureobasidium	NC	M. sterila	Fusarium
Aspergillus	Penicillium	Aureobasidium	P. lilacinus	Curvularia	M. sterila	P. lilacinus
NC		Aspergillus		P. lilacinus	A. puniceus	Aspergillus flavus
Aspergillus		Periconia		NC	M. sterila	Aspergillus
Penicillium		Curvularia		Penicillium	NC	NC
				NC	P. lilacinus	P. lilacinus
				Penicillium	P. lilacinus	

NC*: Não cresceu

as referências em negrito são fungos que produzem pigmentos

5.3.8 Diretrizes de preservação adotadas no sistema expositivo

Fitzgerald (1995) identifica que umas das formas mais comuns de danos a material paleontológico é a exposição a condições inadequadas de UR, principalmente quando se trata de exemplares como, múmias, dentes, chifres e ossos sub-fossilizados, todos bastante vulneráveis à ação inadequada da umidade por conter material orgânico em sua composição. Identificamos na Coleção de Paleontologia do MHNJB alguns destes exemplares considerados sensíveis e, portanto, o sistema expositivo

proposto deve possibilitar a ventilação adequada para redução dos níveis de contaminação por fungos e promover a redução do impacto das flutuações de UR que ocorrem dentro do edifício, considerando a ação de um material tampão interno ao sistema da vitrine.

5.4. O Sistema

Partiremos como premissa para construção do sistema a não interferência na museografia atual da exposição. Desta forma, iremos considerar o volume de ar a ser contido no sistema o mesmo volume de ar contido em um módulo de vitrine atual, ou seja, $0,65 \text{ m}^3$.

5.4.1 Identificação da curva do Conteúdo de Umidade em Equilíbrio (CUE) da sílica gel

A sílica gel granulometria 4.8 utilizada neste experimental foi adquirida da VETEC QUÍMICA FINA LTDA e sua ficha técnica encontra-se no anexo A.

Para identificação da curva CUE, uma pequena amostragem foi retirada do lote e colocada na estufa durante 48 horas, a 80°C para eliminar qualquer umidade presente. Após a secagem, a quantidade referente a 100 gramas desta amostragem foi pesada em balança de precisão e colocada em sachê de tecido conhecido como "filó".

Figura 36: sílica gel colocada no sachê de tecido conhecido como "filó".



Figura 37: sílica gel colocada na câmara secadora para exposição a uma determinada UR gerada por solução salina saturada, colocada sob a base perfurada.



A amostragem de sílica gel foi então submetida a microclimas fechados, estabelecidos através de três câmaras secadoras contendo três tipos de solução salina supersaturada em seu interior. Foi utilizado pomada de silicone na tampa das secadoras para garantir uma vedação adequada deste ambiente. Esta sílica foi pesada sistematicamente até que o seu ganho de peso se estabilizasse, ou seja, tenha atingido o seu Conteúdo de Umidade em Equilíbrio. O fluxo de circulação da amostragem considerou a seguinte seqüência: 1º cloreto de lítio, 2º nitrato de magnésio e 3º cloreto de sódio, em função da elevação ascendente dos valores de UR destas soluções. Todo este procedimento foi registrado em tabela, gerando ao final o gráfico CUE da sílica gel testada.

Consideramos que a curva obtida define a sílica gel testada como similar a sílica tipo "densidade regular", conforme podemos observar na tabela 1. Este padrão de sílica é o mais comum de ser encontrado, inclusive em outros países. Podemos observar que acima de 55% de umidade relativa o ganho de peso perdeu eficiência.

Figura 38: Gráfico da Curva CUE da sílica gel experimentalada.

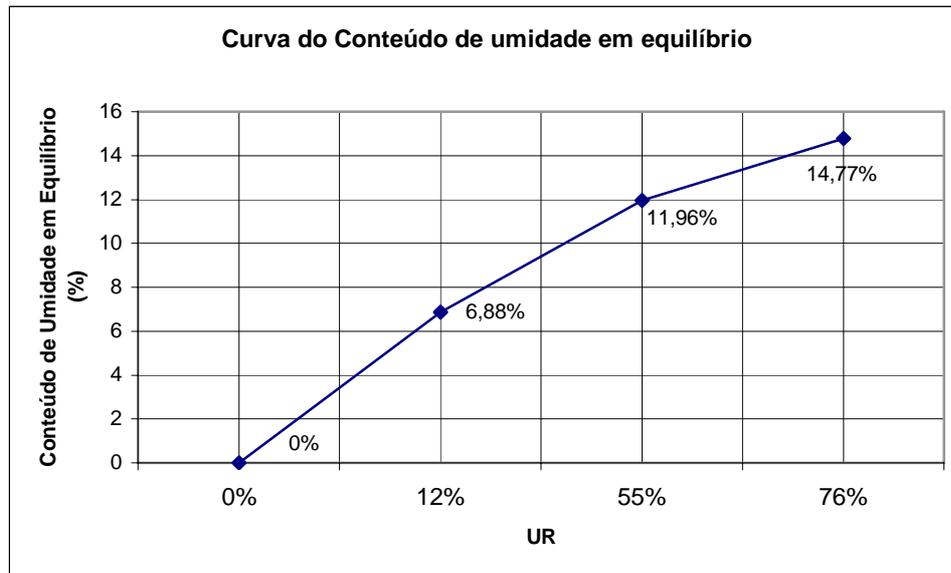


Tabela 6: sais utilizados para identificação da curva do Conteúdo Específico de Umidade.

Meio ambiente	UR a 20°C	Peso (gramas)
Estufa	0%	100,00
Cloreto de lítio – LiCl	12%	106,88
Nitrato de magnésio hexahidratado – Mg(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	55%	111,96
Cloreto de sódio – NaCl	76%	114,77

5.4.2 Calculando a Quantia de Sílica gel necessária

Seguindo a recomendação de 20kg de sílica gel por metro cúbico de ar utilizaremos

$$20 \times 0,65\text{m}^3 = 13 \text{ kg de sílica gel}$$

5.4.3 Construção das caixas de acrílico

Foram produzidas duas caixas de acrílico transparente em chapas de 6mm, espessura definida em função do vão e da possibilidade de alguma perda de carga interna. As caixas possuem entrada e saída de ar controladas e são vedadas nas junções das placas através de adesivo químico que funde

as emendas para garantir que não existam pontos de infiltração. A caixa maior foi produzida com as dimensões de 1m x 1m x 0,65m. Outra caixa menor foi produzida para funcionar com câmara para pré-condicionamento do ar através do contato com a sílica gel. As dimensões da caixa menor foram definidas em função da quantidade de sílica que ela iria abrigar: Para distribuir 13kg de sílica gel em sachês medindo 20cm x 15cm x 3cm seriam necessários 24 sachês pesando 542gramas cada um, que por sua vez ficariam distribuídos em 3 prateleiras, contendo cada uma 8 sachês.

Figura 39: as duas caixas em acrílico.



As caixas possuem ainda abertura para acesso interno, vedada com borracha comum e tampa fechada por borboletas com rosqueamento. As duas caixas são conectadas por uma mangueira de borracha com ¼" de diâmetro, fixada com bicos metálicos rosqueados às caixas de acrílico.

Figura 40: Detalhe da caixa pequena com a sílica nos sachês.



5.4.4 Definição do recurso para ventilação do sistema

A concepção do sistema é que a troca de ar com o ambiente externo seja controlada entre 2 a 4 trocas de ar/dia. Este valor foi estabelecido com base em algumas premissas:

- Utilização de tecnologia acessível, barata e disponível no mercado comum.
- Possibilitar uma pequena troca de ar, na medida que o tamponamento perde eficiência na medida que aumentamos o fluxo de ar. Além disso, Thomson (1977) indica 1 troca de ar/dia para este tipo de sistema em climas temperados e buscamos trabalhar com valores próximos a este para não invalidar a sua teoria.
- Nos ensaios realizados por Valentin (1998) em climas tropicais, é identificado eficiência na redução da contaminação ambiental mesmo em níveis reduzidos de renovação de ar.

Partindo do conceito da pressão positiva dentro do sistema, consideramos inicialmente a utilização de alguns recursos ativos para estabelecer este diferencial estático:

- Uso de mini-ventiladores para computadores;
- Uso de cilindros pressurizados de ar;
- Uso de bombas de ar de pequeno porte.

Os mini-ventiladores foram descartados porque não apresentavam vazão adequada. Estes ventiladores identificados no mercado em Belo Horizonte com menor capacidade de vazão ainda apresentavam uma vazão muito alta, por volta de 12 trocas de ar/dia, o que alterava bastante a determinação para um tamponamento eficiente.

Partimos então para verificação do uso de cilindros de ar pressurizado. Para desenvolvimento desta etapa contamos com a colaboração de vários engenheiros mecânicos, na medida que o conhecimento da tipologia de equipamentos não nos era familiar. A grande dificuldade nesta etapa foi compatibilizar os equipamentos necessários para controle da vazão e da pressão interna com os equipamentos disponíveis no mercado. O ar saía do cilindro com uma pressão muito alta, gerando pontos com perda de carga elevada dentro das caixas. Nas duas tentativas de ativamente do sistema houve rompimento das caixas, com risco até mesmo de um acidente. Diversas tentativas foram realizadas com válvulas para controle da pressão, manômetros de controle para baixa pressão e fluxímetros, porém em todas as tentativas não obtivemos resultados satisfatórios. Vale ressaltar que houve grande dificuldade dos engenheiros mecânicos em assimilar o nosso objetivo nesta etapa, sendo bastante evidente a falta de familiaridade com escalas reduzidas de controle de pressão e de fluxo de ar.

Finalmente, contamos com a colaboração de um engenheiro civil especialista em ventiladores industriais. Este profissional nos indicou o uso dos bombas de ar utilizadas em aquários por ser este um equipamento com uma vazão reduzida conforme era nossa demanda. Partimos então para uma

pesquisa no mercado para identificação dos modelos disponíveis. Foram selecionados alguns modelos, os quais foram submetidos ao teste de vazão com a bolha de sabão.

O modelo escolhido apresentou uma vazão de 90 litros/hora pelo método da bolha de sabão, o que equivale a 3,32 trocas de ar/dia para o nosso sistema:

$$90 \text{ litros/hora} - 2,16 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Para $0,65 \text{ m}^3$ (volume de ar no sistema) esta vazão equivale a 3,32 trocas de ar/dia ($2,16 / 0,65 = 3,32$) ou ainda 0,13 trocas de ar/hora.

Este valor foi considerado adequado para este processo experimental, considerando que atende as premissas indicadas anteriormente. Quanto a compatibilidade com os ensaios de Valentin, as taxas utilizadas em suas pesquisas são maiores em relação a taxa de troca de ar adotada neste experimental. Entretanto, é importante reforçar que o objetivo aqui é observar o comportamento de uma baixa taxa de ventilação associada a um tamponamento da UR para obtenção de resultados efetivos de controle biológico dentro de sistema expositivo fechado. É também nossa proposta analisar o funcionamento de bombas de ar comerciais para aquários quando utilizadas para gerar fluxo contínuo de ar em sistemas expositivos.

Quanto a circulação do ar dentro das caixas, o fluxo segue da seguinte forma:

1. A bomba de ar foi acoplada com mangueira de borracha ao bico inferior da caixa pequena. Após ser insuflado o ar segue através das prateleiras dispostas em serpentina para possibilitar o maior tempo de contato deste ar com a sílica pré-condicionada, saindo pelo bico superior colocado em posição oposta ao bico de entrada. Após este bico existe uma válvula de passagem garantindo o isolamento da caixa quando da retirada da mangueira.
2. Através da mangueira que sai do bico superior da caixa pequena o ar é insuflado na caixa grande através de um tubo de distribuição com 4 cm de diâmetro. Ao longo deste tubo foram

colocados 10 furos de 2 mm de diâmetro para distribuir uniformemente o ar dentro da caixa maior. Para saída do ar colocamos um furo superior central no lado oposto a entrada do ar, medindo 4 mm de diâmetro.

Figura 41: Detalhe do tubo para distribuição do ar dentro da caixa grande.



A bomba de ar é ligada ininterruptamente em uma tomada comum de 110 volts, sendo esta a única fonte elétrica necessária para funcionamento do sistema.

5.4.5 Montagem do sistema

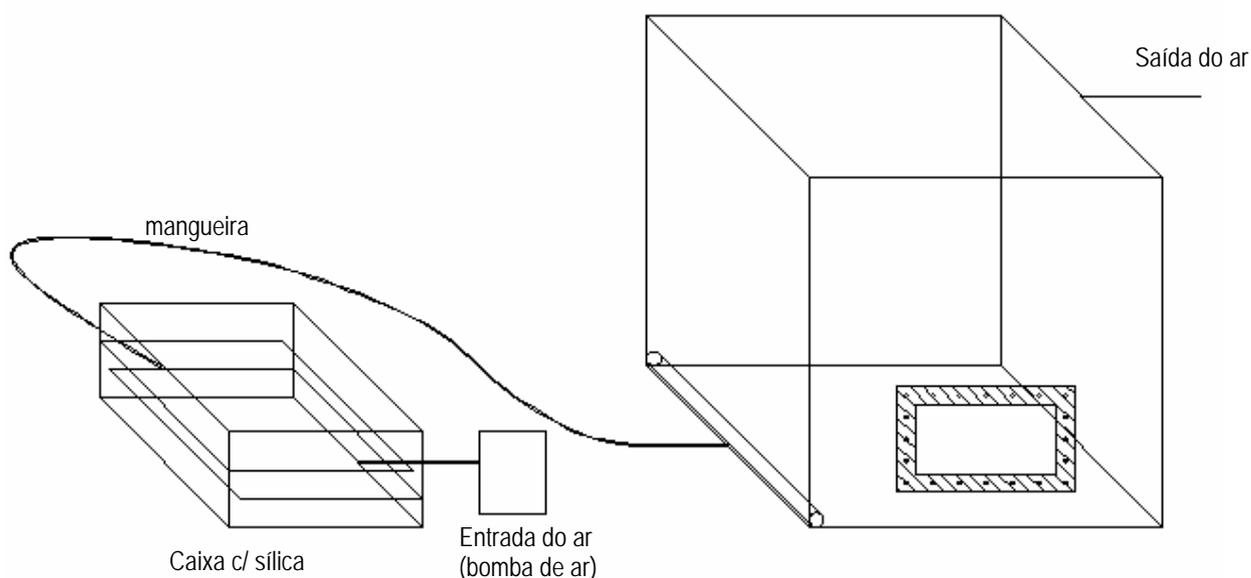
Material necessário:

1. 2 caixas em acrílico;
2. 13 kg de sílica gel acondicionada em sachês;
3. 1 bomba de ar utilizada em aquários;
4. 2 sensores eletrônicos para monitoramento de UR e T tipo "dataloggers" da marca Hanwell;
5. 1 termohigrógrafo;
6. Mangueira de borracha com $\frac{1}{4}$ " de diâmetro para conectar o sistema;
7. Anéis de vedação para fixar as mangueiras nos bicos das caixas.

Primeiramente a bomba de ar foi conectada por uma mangueira à caixa pequena através do bico inferior. Outra mangueira conecta o bico superior da caixa pequena com a caixa grande. Todas as conexões das mangueiras foram vedadas com anéis metálicos.

O termohigrógrafo foi colocado dentro da caixa grande para acompanhamento em tempo real do comportamento da UR e da T. Um dos sensores eletrônicos também ficou dentro da caixa grande e o outro foi colocado fora da caixa, monitorando o ambiente.

Figura 42: Esquema de montagem do sistema.



5.4.6 Condicionamento da sílica gel

Optamos por realizar o condicionamento da sílica através do método da Solução Salina Saturada porque este processo não necessita do cálculo da quantidade de umidade que a sílica gel deverá absorver, desvinculando esta etapa da curva do Conteúdo de Umidade em Equilíbrio. Selecionamos como opção de sal nitrato de magnésio hexahidratado $[Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O]$ porque manterá a estabilidade de UR próxima a 54% a 20°C e é um sal relativamente estável.

O primeiro passo para o condicionamento da sílica gel é a sua secagem (mesmo em estado seco pode ainda haver uma pequena quantidade de água). A sílica gel foi colocada em bandejas com altura de 2cm e então colocada em estufa a 80°C por 48 horas. Como todo o processo de cálculo é feito em cima da exata quantidade de massa, é necessário que a sílica esteja totalmente seca antes da pesagem.

Pesagem da sílica

A sílica foi colocada dentro dos 24 sachês de tecido tipo "filó" medindo 20 x 15 x 3 cm, considerando o peso final de cada sachê em aproximadamente 542 gramas. Para assegurar que a sílica pesada estivesse totalmente seca, o material foi deixado dentro da estufa e retirado somente no momento de ser colocado no sachê. Vale ressaltar que a manipulação do material aquecido dificultava a operação, sendo utilizadas luvas de couro para proteção das mãos. A sílica era retirada das bandejas com uma colher e colocada no sachê através de um funil. Após a conferência do peso em balança comum o furo no sachê era costurado. Uma etiqueta com o peso exato do sachê era costurada ao mesmo.

Adicionando umidade a sílica através de solução salina saturada

Esta etapa foi realizada no Laboratório de Ciências da Conservação/CECOR/EBA. Para realização desta etapa foram acopladas ao sistema (em seqüência) duas garrafas de contato entre a bomba de ar e a caixa pequena. Estas garrafas foram preenchidas com solução salina saturada e tiveram a função de promover o contato do ar insuflado pela bomba de ar com a solução, condicionado este ar a uma UR de cerca de 54%.

Figura 43: garrafa de contato utilizada para expor o ar do sistema a solução salina saturada.



A solução com nitrato de magnésio hexahidratado [$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] foi preparada da seguinte forma:

1. Foram preparados 2 litros de solução em função da capacidade das garrafas (1 litro para cada uma). Para cada litro foi utilizado 2,5 kg de sal.
2. O sal foi adicionado vagorosamente com o agitador magnético. Durante a mistura o termômetro registrou uma temperatura de 13°C . A solução foi deixada em descanso durante 24 horas, para finalmente colocação final do sal excedente (para garantir a supersaturação foi colocado mais 250 gramas de sal em cada garrafa).

A bomba de ar foi ativada para verificação da eficiência em relação ao condicionamento do ar pela solução salina através de leitura direta pelo termohigrógrafo dentro da caixa grande. O resultado da verificação mostrou que a UR dentro da caixa grande estava estabilizada em 54%, enquanto o ar do

ambiente variava ao redor de 70%. Desta forma, os sachês com a sílica seca foram colocados nas prateleiras da caixa pequena para receber o conteúdo de umidade determinado.

O comportamento da UR após o ativamente do compressor foi observado segundo os registros do termohigrógrafo colocado na caixa grande, demonstrando o seguinte:

1. Nas primeiras 24 horas os valores reduziram gradualmente até permanecer entre 18% e 20% durante cerca de 15 dias;
2. Após este período os valores de UR começaram a se elevar gradativamente durante cerca de 5 dias, atingindo enfim a faixa de 54% e permanecendo ao redor deste valor (variando em função da variação da temperatura).
3. O sistema foi deixado assim durante mais 10 dias, quando foi desligado para retirada das garrafas e transportado ao MHNJB.

5.4.7 Instalação do sistema no MHNJB

O sistema foi desmontado no Laboratório de Ciências da Conservação no CECOR (as mangueiras foram retiradas dos bicos), tomando o cuidado para o fechamento da válvula de passagem da caixa pequena, prevendo o isolamento da sílica das condições ambientais externas.

As caixas foram colocadas dentro do prédio onde está instalada a Exposição de Paleontologia, nos fundos (onde a UR apresenta seus valores mais elevados), montadas sobre uma mesa comum e por fim as mangueiras foram conectadas às caixas.

A caixa grande foi deixada aberta para que a UR interna entrasse em equilíbrio com a UR da sala, para evitar leituras incorretas pelos sensores de UR e T. Esta etapa foi verificada com a utilização de um termohigrômetro digital para leitura pontual. Assim que ocorreu a estabilização da UR os sensores digitais foram instalados no sistema (um dentro da caixa grande e outro fora da caixa, acima dela), o termohigrógrafo foi colocado dentro da caixa grande e a bomba de ar foi ativada. A válvula de passagem na caixa pequena foi então aberta. Um exemplar original (registro científico: MHN166 – *Scelidothorium* – Fíbula direita. Origem: Lapa do Sumidouro) foi introduzido no sistema, juntamente com uma réplica em resina visando manter o ambiente com as características próximas à vitrine existente.

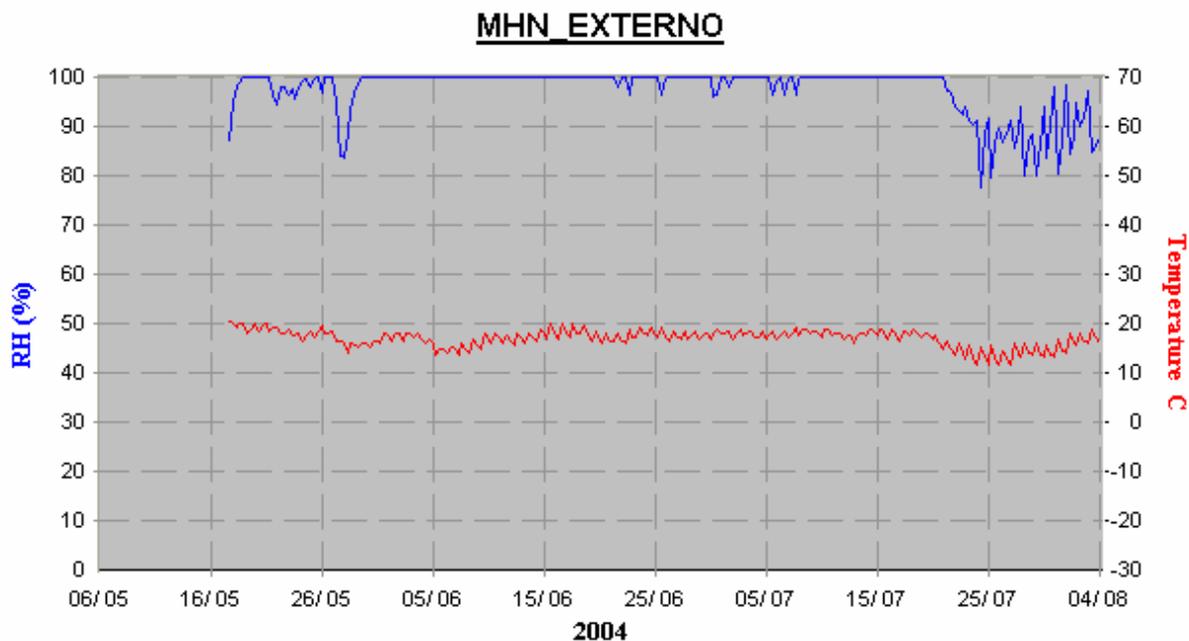
5.4.8 Análise do comportamento termo-higrométrico do sistema

Nas medições realizadas para esta avaliação foram monitorados dois níveis ambientais: o ambiente interno da edificação e dentro do sistema. Para identificação dos valores de UR no ambiente externo ao edifício foram feitas medições assistemáticas e pontuais com termohigrógrafo eletrônico somente para acompanhamento secundário destes valores. Para realização do monitoramento dos ambientes externos e do sistema foram utilizados sensores eletrônicos tipo “dataloggers” da marca HANWELL, com registros no intervalo de sessenta minutos dos valores de umidade relativa e temperatura, durante o período de 17/maio/2004 a 05/agosto/2004 (81 dias).

Este período foi adotado para a testagem do sistema no MHNJB em função dos valores de UR apresentarem níveis mais reduzidos no ambiente externo (figura 3). Desta forma, seria mais evidente a influência da falta de ventilação no ambiente expositivo e do tamponamento higrométrico gerado pelas vitrines existentes nos valores de UR identificados dentro da edificação.

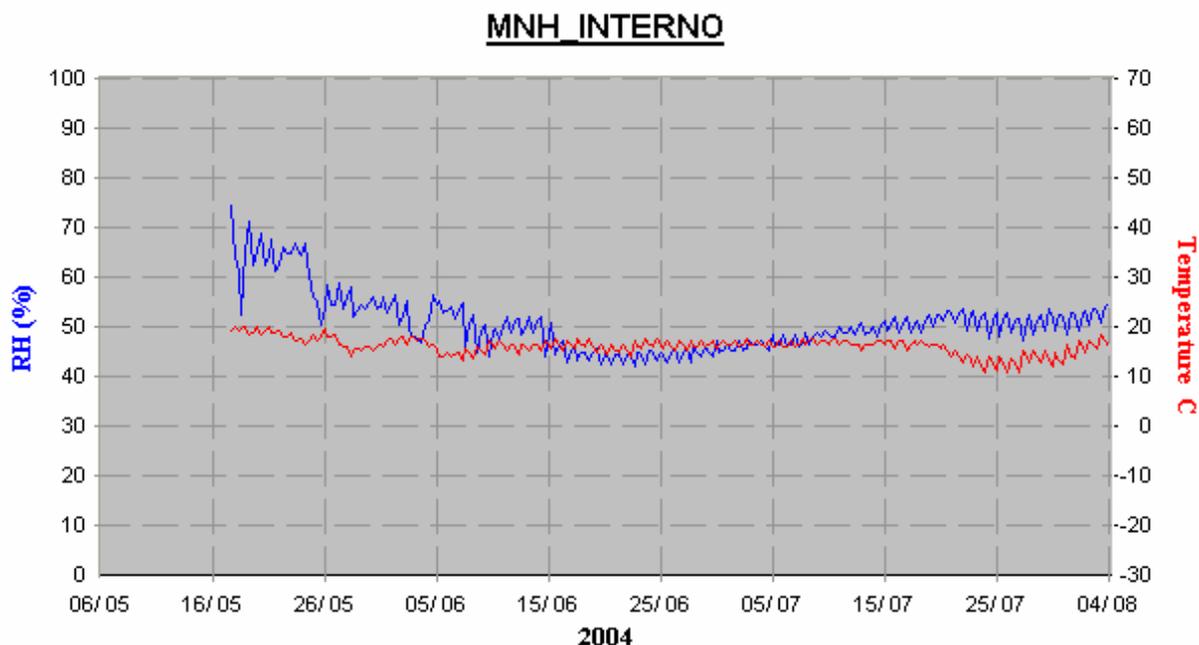
Na análise dos gráficos apresentados, podemos identificar nas figuras 44 e 45 o momento de ativamento do sistema. A UR do ambiente externo ao edifício estava em 65%, enquanto no ambiente interno estava em 85%. Dentro da caixa grande o termohigrômetro digital registrava 75%.

Figura 44: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sensor externo ao sistema (interno à edificação), período entre 17/mai/04 a 04/ago/04.



Na figura 44 podemos observar todo o período monitorado dentro da edificação, apresentando valores extremamente elevados de UR durante todo o tempo. Durante praticamente 70 por cento do tempo os valores de UR estiveram entre 90 e 100%. O restante do período o sensor registrou valores entre 80 e 90% de UR.

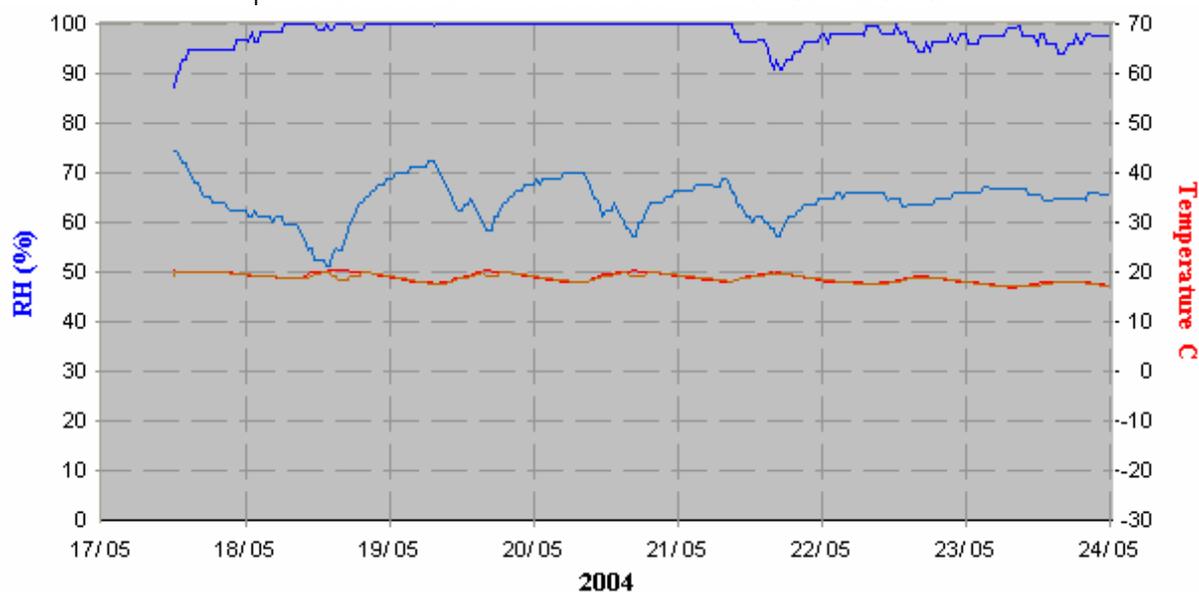
Figura 45: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sensor interno ao sistema, período entre 17/mai/04 a 04/ago/04.



Na figura 45 podemos observar o comportamento dentro do sistema. A UR foi sendo reduzida até se estabilizar entre 40 e 50% (permaneceu nesta faixa de variação cerca de 48 por cento do tempo). Depois foi se elevando lentamente, até o final do experimento (permaneceu cerca de 43 por cento do tempo entre 50 e 60% de UR).

Na figura 46 podemos identificar, exatamente, que o sistema levou 4 dias para reduzir a amplitude de variação da UR mantendo uma pequena faixa de flutuação em função da variação da temperatura (que não estava controlada). Este gráfico sobrepõe a linha de UR do ambiente (em azul escuro) com a linha de UR do sistema (em azul claro). As duas linhas de temperatura se confundem em função deste fator não estar sendo condicionado.

Figura 46: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sobreposição dos gráficos da edificação e do sistema, logo após o ativamento do mesmo. Período entre 17/mai/04 a 24/mai/04.



Na figura 47 identificamos quando a faixa de variação da UR se estabilizou entre 50 e 60%, permanecendo assim até o dia 14/jun/04, quando atingiu a faixa de variação entre 40 e 50%. Permaneceu dentro desta faixa durante praticamente 30 dias e voltou a se elevar vagarosamente ao final deste período, até atingir novamente a faixa de variação entre 50 e 60%.

Figura 47: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sobreposição dos gráficos interno da edificação e interno do sistema, demonstrando quando a variação de UR começou a se estabilizar na faixa pretendida. Período entre 24/mai/04 a 31/mai/04.



Na figura 48 podemos observar o comportamento higrométrico final do sistema, permanecendo com a média de 50% de UR até o final do procedimento experimental.

Figura 48: Gráfico do monitoramento no MHNJB – sobreposição dos gráficos da edificação e do sistema, demonstrando a faixa onde a UR se manteve estabilizada durante o período do experimental, voltando a se elevar vagarosamente e permanecendo ao redor de 50%. Período entre 29/jul/04 a 05/ago/04.



Concluindo, podemos observar através do monitoramento que:

1. Apesar dos valores de UR no ambiente externo permanecerem mais reduzidos neste período (mantendo-se ao redor de 65% segundo as medições assistemáticas e pontuais realizadas com termohigrômetro eletrônico) os valores da UR identificados dentro da edificação foram bastante elevados, maiores em relação aos valores identificados no primeiro monitoramento, realizado entre outubro/2002 a fevereiro/2003. Provavelmente este fenômeno deu-se pela ocorrência de temperaturas mais baixas em concordância com o acúmulo de umidade dentro do ambiente e com a falta de ventilação adequada no local, confirmando a influência destes fatores no comportamento higrométrico interno do edifício.
2. Durante o primeiro mês do experimental a UR foi sendo reduzida, atingiu a faixa pretendida (entre 40 e 50%), permaneceu nesta faixa durante mais um mês e voltou a se elevar,

vagarosamente, durante o período restante, mantendo a flutuação diária reduzida durante todo o período (variando em função da temperatura).

3. Podemos sugerir que o período de meia-vida do sistema estaria em cerca de 30 dias para 4 trocas diárias. Considerando que a indicação de Thomson (1977) de 20 kg de sílica é para 150 dias de período de meia vida com 1 troca/dia, podemos deduzir que existe uma relação entre estas referências, necessitando de comprovação matemática.

5.4.9 Coleta do material e isolamento dos fungos após a instalação do sistema

As coletas de fungos após a instalação do sistema foram realizadas no dia 04 de junho de 2004, 19 dias após o acionamento do sistema. O quadro 7 apresenta os pontos de coleta dos fungos após a instalação do sistema e a quantidade de colônias identificadas.

Quadro 7: pontos de coleta dos fungos após a instalação do sistema.

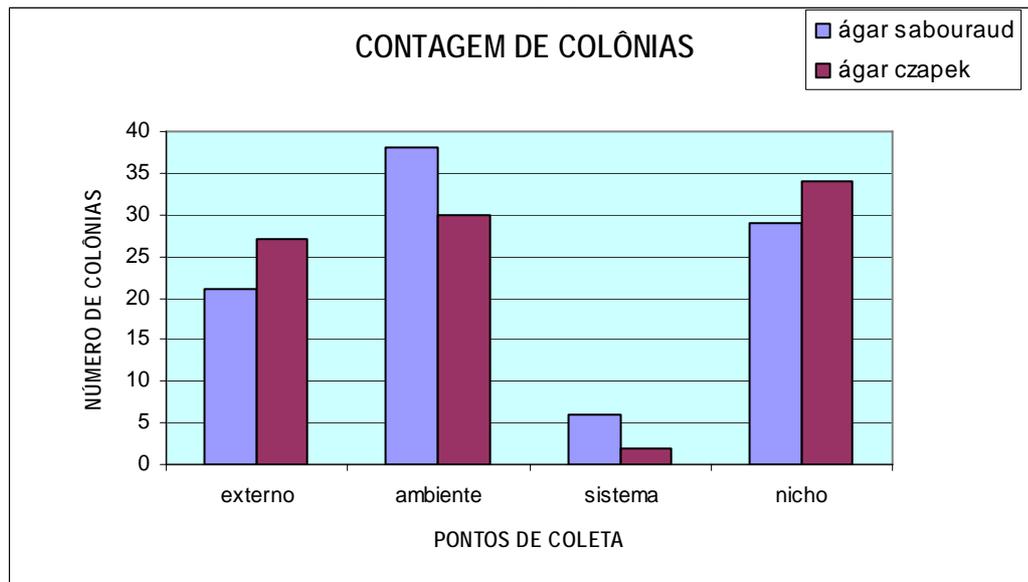
Ambiente	Meio ágar sabouraud	Meio ágar czapek
	Quantidade de colônias	
externo	21	27
ambiente	38	30
sistema	6	2
nicho	29	34

O resultado da contagem de colônias identificadas está contido na figura 49 demonstra que:

- O número de colônias identificadas nos ambientes internos da edificação e nos nichos expositivos está muito próximo, demonstrando que o sistema expositivo atual não está sendo eficiente em relação ao controle destes agentes biológicos, exatamente conforme a coleta anterior a instalação do sistema (item 5.3.7).

- A coleta dentro do sistema proposto demonstrou, em primeira instância, uma eficiência em relação ao controle da contaminação biológica, apresentando uma redução expressiva no número de colônias identificadas em relação ao número de colônias nas vitrines atuais.

Figura 49: Gráfico com o resultado da coleta de fungos realizada no dia 04/jun/04 nas instalações do MHNJB e no sistema proposto.



6 – CONCLUSÕES

Consideramos que o sistema proposto atendeu as premissas adotadas por esta pesquisa. Conseguimos obter resultados positivos em relação as principais diretrizes de preservação, ou seja, redução dos valores máximos e das flutuações diárias de UR (tamponamento) dentro da edificação e reduzir a contaminação por fungos dentro das vitrines através da melhoria da taxa de ventilação no novo sistema. O uso efetiva da sílica-gel como recurso de tamponamento também representa um avanço desta pesquisa, na medida em que considera estudos internacionais de referência para o uso de sistemas tampão para estabilização de UR em vitrines de museus. O uso de tecnologia acessível, comercialmente e economicamente, foi outra referência fundamental desta pesquisa. O uso de bombas de aquário como recurso ativo para promoção da troca de ar necessário demonstra que as soluções alternativas e simples pode proporcionar resultados efetivos, adequados e principalmente, sustentáveis.

Entretanto, alguns aspectos específicos podem e devem ser explorados em pesquisas futuras, como a experimentação do período de meia-vida através de comprovação matemática (THOMSON, 1977) e a eficiência do sistema em relação ao controle biológico através de uma investigação mais sistemática, por um especialista da área.

As pesquisas com materiais tampão no Brasil ainda são escassas. Materiais como Art-Sorb® e as argilas sintéticas são pouco utilizadas atualmente pelos próprios conservadores-restauradores que atuam nos museus, muitas vezes por falta de informações técnicas acessíveis. Quanto ao uso da sílica gel, é indicado para pesquisa futura uma investigação específica e sistemática em relação aos tipos de sílica encontrados no nosso mercado para identificação das curvas do Conteúdo Específico de Umidade, direcionando efetivamente o uso deste material para as finalidades da conservação preventiva.

A edificação onde está instalada a Exposição possui sérios problemas ambientais (falta de ventilação adequada e grande acúmulo de umidade no seu interior) que precisam ser analisados e corrigidos adequadamente, sob risco de ocorrerem conseqüências prejudiciais, não somente aos exemplares como também aos visitantes, expostos a um ambiente inadequado.

O enfoque deste trabalho foi voltado para as condições ambientais (basicamente o aspecto higrométrico das vitrines) visando a preservação da Coleção de Paleontologia do MHNJB. No entanto, é importante salientar que ao pensarmos no design de vitrines de exposição para museus é necessário o envolvimento e consideração de questões que complementam o controle higrométrico. Sendo assim, aspectos como segurança física, iluminação, acesso e principalmente a museografia, devem cooperar com a solução final que estará traduzida em uma vitrine onde a conservação preventiva estará sendo considerada.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSE, Timothy. *Managing News Museums: A Guide to Good Practice*; Edinburgh: Scottish Museums Council, 1993.

APPELBAUM, Barbara. *Guide to Environmental Protection of Collections*; Madison: Sound View Press, 1991.

AMERICAN SOCIETY OF REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. *Ashrae Hand Book: Fundamentals*, Inc., 1993.

ASSIS, E.S. *Mecanismos de Desenho Urbano Apropriados à Atenuação da Ilha de Calor: análise de desempenho de áreas verdes urbanas em clima tropical*. [Dissertação de Mestrado], Rio de Janeiro, UFRJ, 1990.

ASSIS, E.S. *Impactos da forma urbana na mudança climática: método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano*. [Tese de Doutorado], São Paulo, FAU/USP, 2000.

BURKHART, V. *Apostila de Paleontologia*. Programa de Atendimento Personalizado. Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG, Outubro 1993.

CASSAR, May. *Environmental Management, Guidelines for Museums and Galleries*; London: Roudledge, 1995

CASSAR, May. *Museums Environment Energy*; London: May Cassar Editor, 1994

CHILD, A. M. *Microbial thaphonomy of archaeological bone*; In: *Studies in Conservation*, 40 (1995). pp. 19-30.

COLLINS, Chris. *Care and Conservation of Palaeontological Material*; London: Butterworth-Heinemann, 1995.

COSTA, Lúcio. *Razões da nova arquitetura*; in Lúcio Costa. *Registro de uma vivência*, São Paulo: Empresa das artes, 1995.

DANIEL, Vinod; MAEKAWA, Shin. *Hygrometric half-lives of museum cases*. *Restaurator: international journal for the preservation of library and archival material* 14 (1) 1993, 30-44

DANIEL, Vinod; MAEKAWA, Shin. *The moisture buffering capability of museum cases*. Materials issues in art and archaeology III: symposium held April 27-May 1, 1992, San Francisco, California, USA. 1992, 453-458

FERREIRA, Mauro Agostinho C. Entrevista realizada em 09 de maio de 2002, Museu de Ciências Naturais PUC/MG.

FITZGERALD, G. R. *Storage and transport*. In: COLLINS, C. *Care and Conservation of Palaeontological Material*. London: Butterworth-Heinemann, 1995

GUICHEN, G. e TAPOL, B. *Climate Control in Museums*; ICCROM: Rome 1998.

GUICHEN, G. *Pourquoi les conservateurs n'utilisent-ils pas le gel de silice ou les trois usages du gel de silice* ; ICOM: Comité pour la conservation, 6^{ème} réunion triennale, Ottawa September 1981, Preprints.

HOWIE, F. M. P.. *Museum climatology and the conservation of palaeontological material*; Curation of Palaeontological Collections, Special Papers in Palaeontology, 22 1979. pp. 103-125

LAFONTAINE, R. H., *Silica Gel*; National Museums of Canadá, Canadian Conservation Institute Technical Bulletin, Ottawa, 10, 1984.

MESQUITA, Armando Luís de Souza, 1943 _____; In: *Engenharia de ventilação industrial*. São Paulo, CETESB / ASCETESB, 1977.

MICHALSKI, S.. *Relative Humidity: a discussion of correct/incorrect values*; ICOM: Comité pour la conservation, 10^{ème} réunion triennale, Washington August 1993, Preprints.

PADFIELD, T., *The Control of Relative Humidity and Air Pollution in Show-cases and Picture Frames*; Studies in Conservation, 11 (1966), pp. 85-102.

RAPHAEL, TOBY. *Exhibit Conservation Guidelines*, 1998. (Hapers Ferry Center - National Park Service. CD-ROM)

SHELTON, S. Y.; JOHNSON, J. S. *The conservation of sub-fossil bone*; In: COLLINS, C. *Care and Conservation of Palaeontological Material*. London: Butterworth-Heinemann, 1995

SILVA, EDNA LÚCIA DA (Catalogação na fonte pelo Departamento de Ciência da Informação da UFSC), *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*; Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2000

SOUZA, L.A.C.. *A Importância da Conservação Preventiva*; in Revista da Biblioteca Mário de Andrade, 52 1994, pp. 87-93

STOLOW, NATHAN. *Conservation and Exhibitions*; London: Butterworth-Heinemann, 1987

Técnicas de Diagnóstico Aplicadas a Conservação dos Materiais de Construção em Edifícios, [Andalucia], Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, [1996]

TÉTREAULT, Jean (1994): Display Materials: The Good, The Bad and The Ugly". J. Sarge (ed.): *Exhibitions and Conservation. Pre-prints of the Conference held at The Royal College of Physicists, Edinburg*. The Scottish Society for Conservation & Restoration (SSCR), Edinburg. ISBN 0950-8068-70, pp. 79-87.

Disponível no site: <http://iaq.dk/papers/good-bad-ugly.htm>

THOMSON, G.. *Manual of Curatorship: a guide to museum practice*, London: [edited by] John M. A. Thompson, Butterworth-Heinemann, 1984

THOMSON, G.. *The museum environment – 2nd ed*, London: Butterworth-Heinemann, 1997

THOMSON, G.. *Stabilization of RH in exhibition cases: Hygrometric half-time*; Studies in Conservation, 22, 1977, pp. 85-102.

VALENTIN, Nieves; *Assessment of Biodeterioration processes in Organic Materials. Control Methods*; Instituto Centrale per la Patologia del Libro - Roma, International Conference on Conservation and Restoration of Archive and Library Materials, Erice, April 22nd-29th 1996, Preprints.

VALENTÍN, Nieves; GARCÍA, Rafael; DE LUIS, Oscar; MAEKAWA, Shin. *Microbial control in archives, libraries and museums by ventilation systems*. Restaurator: international journal for the preservation of library and archival material 19 (2) 1998, 85-107

VERÇOZA, E. J.. *Patologia das Edificações*; D. C., Porto Alegre: Sagra, 1991.

WEINTRAUB, S. *Studies on the behavior of RH within an exhibition case. Part I: Measuring the effectiveness of sorbents for use in an enclosed showcase*. ICOM Committee for Conservation 6th triennial meeting: Ottawa, 21-25 September 1981: preprints. 1981, 11

8 - ANEXOS

8.1. Anexo: Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – SÍLICA GEL

Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos FOLHA 1/ 2

Data 23/08/02

FISPQ

Revisão: 000
Data rev. 26/02/02

1. Identificação do produto e da Empresa

Nome: SILICAGEL AZUL

Nº 00001191

Códigos

000155
001094
001096
001202
001257
200765
224401
340801
444804
700004
700104
701304
GV0057
MP0262
MP0274
MP0287
MP0289
MP0984

VETEC QUÍMICA FINA LTDA

Rua Pastor Manoel Avelino de Souza nº 1021, Xerém, CEP 25250-000 - Duque de Caxias - Rio de Janeiro - Brasil
Tel (0xx21) 2679-1920 - Fax (0xx21) 2679-1305 e-Mail: vetec@vetecquimica.com.br

2. Composição e informações sobre os ingredientes

Substância:	SILICAGEL AZUL	Fórmula molecular:	ND
Nº CAS:	ND	Peso molecular:	ND
Classificação:	NÃO PERIGOSO	Concentração:	ND
Sinônimos:			

3. Identificação de perigos

Periculosidade: Substância não perigosa. Não ingerir e evitar contato com os olhos e pele.

4. Medidas de primeiros-socorros

Em caso de contato com a pele e os olhos, lavar com água em abundância. Em caso de ingestão (De grandes quantidades) procurar um médico, se possível mostrando o rótulo.

5. Medidas de combate a incêndio

Não aplicável. Substância não inflamável.

6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Embora o produto seja de baixa periculosidade, em caso de vazamento não permitir que o mesmo escoe para veios d'agua.

7. Manuseio e Armazenamento

O manuseio e a armazenagem da substância devem se dar em condições adequadas. É aconselhável a utilização de luvas óculos de proteção durante o manuseio.

8. Controle de exposição e proteção individual

A proteção para as mãos deve ser feita com luvas de borracha em PVC ou látex. Roupas normais em tecidos sintéticos ou algodão podem ser usadas na composição de indumentária, quando do manuseio da substância.

Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos FOLHA 2/ 2

Data 23/08/02

FISPQ

Revisão: 000

Data rev. 26/02/02

9. Propriedades físico-químicas

A substância química silicagel azul, ocorre na forma de cristais azuis.

Densidade: ND Ponto fulgor: NA °C Ponto fusão: ND °C Ponto ebulição: ND °C Índice refração: ND

10. Estabilidade e reatividade.

A substância é estável em condições normais (ambientais), não requerendo maiores cuidados além dos já mencionados nas seções anteriores, com relação a sua ação.

11. Informações toxicológicas

As informações disponíveis estão descritas nas seções anteriores, não sendo definidos valores críticos para a ingestão da

12. Informações ecológicas

Os danos ao meio ambiente são compatíveis com os efeitos ao homem, comprometendo principalmente os animais (Em grandes quantidades).

13. Considerações sobre tratamento e disposição

Procedimento ainda não definido. Segregar o produto.

14. Informações sobre transporte

O produto deve ser transportado com os cuidados necessários a não se danificar as embalagens, com conseqüente perda do produto, resguardando as normas e legislação vigentes para transporte da substância.

15. Regulamentações

Dados complementares as informações contidas nas seções anteriores não são conhecidos.

16. Outras informações

NT = Não existe o registro

ND = Não determinado

NA = Não aplicável

Esta ficha foi elaborada segundo a normatização legal prevista na NBR 14725 (JUL/2001).

8.2. Anexo: Entrevista realizada no dia 09 de maio de 2002 com o prof. Mauro Agostinho C. Ferreira no Museu de Ciências Naturais PUC/MG, pela autora.

1. Qual a origem desta Coleção?

“A coleção de Paleontologia do MHNJB começou a ser configurada nos primórdios da criação do Museu, porém uma parte do conjunto antecede esta formação porque já constituía a coleção da Academia Mineira de Ciências¹⁵. Esta coleção foi então incorporada à antiga Faculdade de Filosofia de Minas Gerais que depois viria a se tornar a UFMG.”

“A grande maioria dos objetos que integram a coleção de Paleontologia do MHNJB foi descoberta em depósitos de cavernas em diferentes localidades do Brasil, especialmente nas grutas da região de Lagoa Santa, MG, na região do vale do Rio das Velhas.”

2. Quais foram as curadorias pelas quais a Coleção passou?

“Ao integrar o acervo do MHNJB a coleção ficou sob curadoria de Ronaldo Teixeira por bastante tempo, período no qual não ocorreu aumento significativo do número de exemplares do acervo. Já na década de 1980 o paleontólogo Castor Cartelle assumiu a curadoria da coleção juntamente com sua ida para a UFMG. Eu, Mauro Agostinho, que na época trabalhava na equipe do prof. Cartelle na PUC, vim também para a equipe do MHNJB assumindo posteriormente a curadoria da coleção.”

“Quando assumi esta curadoria encontrei uma exposição antiga que havia sido montada ainda no período da fundação do MHNJB. O prédio que a abrigava era muito acanhado, tinha pouco espaço e a conservação do acervo também não era boa, além de não haver a preocupação com aspectos museográficos. Existia no entanto, a necessidade de se explorar melhor o potencial daquela coleção e de apresentar aquele material para o público de uma maneira mais atrativa para o MHNJB.”

3. Como foi o processo de montagem da exposição atual?

“Em 1992 iria acontecer no Rio de Janeiro a ECO 92 e Belo Horizonte iria sediar o Green Press, encontro dos jornalistas que cobririam a ECO 92. Houve então uma mobilização entre a Secretaria de Ciências e Tecnologia do Estado, a UFMG, a PUC e o Ministério da Cultura para montar naquele momento uma grande exposição temática sobre pré-história no Palácio das Artes, a qual foi uma exposição fantástica com recorde de público e que permaneceu montada durante um bom tempo. Uma parte do material exposto nesta mostra também integra hoje a coleção de Paleontologia do MHNJB.”

¹⁵ A Academia Mineira de Ciências foi fundada em 1950 por Arnaldo Cattond, Anibal Mattos, pintor interessado pela pré-história, Dr. Josaphat Pena e pelo cônsul britânico em Belo Horizonte, Sir Harold Walter.

“Após o término desta exposição este material foi para o Horto, armazenado sem muitos cuidados com a sua preservação. Na época eu já era curador da coleção, ocorrendo-me então a idéia de utilizar todo este material que estava sem uso, revitalizar o prédio e montar uma exposição atualizada de Paleontologia para alavancar o Museu.”

4. Quais foram os conceitos, museológico e museográfico, adotados para a montagem da exposição?

“Quanto ao conceito museológico adotado na época consideremos que naquela coleção, como na maioria das coleções de Paleontologia, temos peças com grande importância patrimonial que contam uma história à sua maneira, na medida que fóssil é um material raro. Poder passar esta história torna aquela coleção muito preciosa e representativa sobre o tipo de fauna que existia em Minas Gerais. A abordagem da exposição é praticamente voltada para um tipo de fauna que aqui se extinguiu por volta de 10.000 anos, uma fauna bem característica brasileira; as preguiças, o tamanduá, o tatu e o urso, que estiveram aqui no período antigo. Esta coleção também tem uma grande importância por ser Minas Gerais o berço do trabalho do pesquisador Lundi e de outros naturalistas que estiveram aqui no séc XIX.

Para a montagem da exposição diversos profissionais juntaram esforços; profissionais da PUC e amigos, todos se empenharam em participar porque sabiam da importância da iniciativa. Foi obtido patrocínio do BDMG Cultural e da companhia Vale do Rio Doce e réplicas foram adquiridas do Museu de La Plata, na Argentina.”

“O local onde hoje está montada a exposição eram anteriormente dois prédios independentes. Um abrigava a coleção de Ictiologia que na época já não tinha um curador responsável há muito tempo e que foi posteriormente para o ICB. A Paleontologia ocupava um corredor, sendo o acervo armazenado sem nenhum critério, inclusive com algumas peças diretamente sobre o chão, quando o arquiteto Brasil, que na época era arquiteto do DPFO, fez o projeto para reformular este edifício e assim abrigar a nova exposição. Quanto ao projeto arquitetônico, não participei diretamente do processo, sendo que as soluções adotadas foram as possíveis de serem feitas na época. Assim aconteceram certas coisas que vieram a refletir depois em muitos questionamentos, principalmente em função da umidade excessiva presente no prédio. Mesmo tendo sido feito um tratamento prévio na edificação que retardou um pouco o agravamento do problema, num dado momento isto iria ser superado. O fato de haver somente uma entrada de ar sendo que as janelas foram isoladas criou um bolsão de ar estagnado sem circulação.”

8.3. Anexo: Produto Saran Wrap

Saran Wrap ®

By [Mary Bellis](#)

Saran polyvinylidene chloride or Saran resins and films (called PVDC) have been wrapping products for more than 50 years. Saran works by polymerizing vinylidene chloride with monomers such as acrylic esters and unsaturated carboxyl groups, forming long chains of vinylidene chloride. The copolymerization results in a film with molecules bound so tightly together that very little gas or water can get through. The result is a barrier against oxygen, moisture, chemicals and heat-qualities used to protect food, consumer and industrial products. PVDC is resistant to oxygen, water, acids, bases, and solvents.

In 1933, Ralph Wiley, a Dow Chemical lab worker, accidentally discovered polyvinylidene chloride or Saran. Ralph, a college student who cleaned glassware in a Dow Chemical lab, came across a vial he couldn't scrub clean. He called the substance "eonite", after an indestructible material in the comic strip "Little Orphan Annie." Dow researchers made Ralph's "eonite" into a greasy, dark green film, which Dow called "Saran". The military sprayed it on fighter planes to guard against salty sea spray and carmakers used it for upholstery. Dow later got rid of Saran's green color and unpleasant odor.

After World War 2, it was approved for food packaging, and it was Prior Sanctioned in 1956 (Society of the Plastics Industry). PVDC is cleared for use as a food contact surface as a base polymer, in food package gaskets, in direct contact with dry foods, and for paperboard coating in contact with fatty and aqueous foods.

Saran resins for food contact can be extruded, coextruded or coated by a processor to meet specific packaging needs. About 85 percent of PVDC is used as a thin layer between cellophane, paper and plastic packaging to improve barrier performance. For non-food contact, Saran resins can be used for molding and melt adhesive bonding. In combination with polyolefins, polystyrene and other polymers, Saran can be coextruded into multilayer sheets, films and tubes.

Saran films are best known in the form of Saran Wrap ® film, the first cling wrap designed for household (1953) and commercial use (1949), introduced by the Dow Chemical Company. Saran Wrap ® brand plastic film is now marketed by S. C. Johnson.

Disponível em: <http://inventors.about.com/library/inventors/blsaranwrap.htm>. Acessado em: 06/jun/2005.

8.4. Anexo: Módulo fabricado pela Microclimate Technology.

MICRO CLIMATE TECHNOLOGY INTERNATIONAL KEEPSAFE SYSTEMS

570 King Steet West, Toronto, ON M5V 1M3
800 683 4696 info@keepsafe.ca

MICRO CLIMATE GENERADOR MCG8

El generador MCG8 es la segunda generación de nuestro generador Micro Climate. Más de 100 de estas confiables unidades están aún en operación en museos y laboratorios alrededor del mundo.

La unidad original MCG puede acondicionar vitrinas de almacenamiento o exhibición con un volumen de hasta 750cu-ft (21.24 m³). Nuestro más reciente modelo es aún más pequeño, silencioso y más eficiente que el modelo original creado en 1985. Nuevos accesorios han sido diseñados especialmente para alcanzar de forma precisa la capacidad de control sensible de temperatura y humedad en volúmenes cerrados con la nueva unidad MCG8.

La unidad MCG8 tiene aproximadamente 20" (508 mm) de altura, 18" (457.2mm) de ancho y 8" (203.2 mm) de profundidad. Esta unidad puede ser convenientemente ocultada debajo o detrás de la vitrina de exhibición. La unidad también podría ser fácilmente instalada al lado o encima de la vitrina que requiere el tratamiento.

La operación es simple: la unidad es conectada a una salida de corriente de 115V ó 230V, el tanque de almacenamiento de agua debe ser llenado con agua destilada y los parámetros deseados (tales como humedad y niveles de alarma) son programados y seleccionados en el tablero de control integral. El MCG8 entonces creará y mantendrá una constante unidad relativa sin importar los cambios de temperatura externos.

La capacidad de la unidad MCG8 depende del índice de pérdida en la vitrina y la longitud de la manguera que transporta el aire. La unidad ha sido diseñada para permitir el uso de antiguas vitrinas con relativamente altos índices de pérdida. Vitrinas con altos volúmenes de almacenamiento pueden ser tratadas solo si se hace un buen sellado.

Concentración de polución no gaseosa y sedimentación en vitrinas altas son eliminados por un constante flujo ajustado de humedad y un filtrado de aire constante a través de la vitrina.

La unidad MCG8 es extremadamente confiable , ya que está compuesta de materiales y componentes de muy alta calidad. Esta unidad también contiene un número de dispositivos independientes que protegen la unidad, notificando inmediatamente y apagando automáticamente la unidad en caso de algún problema o fallo.

MCTI ofrece un único programa de reemplazo de partes sin ningún costo durante un período de (1) año inmediatamente después de efectuada la compra de la unidad.

Simplemente llámenos si la unidad no funciona para lo que fue diseñada y nosotros inmediatamente enviaremos una unidad para su uso mientras nosotros efectuamos las necesarias reparaciones y ajustes.

Un amplio manejo de accesorios es disponible para la unidad MCG8, incluyendo programas de interface, puerto infrarojo de comunicación , filtros activados de carbón, indicador remoto de uso, cables eléctricos para extensión, mangueras y alarmas, batería de repuesto, gas inerte (Nitrogeno, Argón, Dióxido de carbono), juegos de modificación, indicadores de flujo, seguros para bloqueo, accesorios para montaje en la pared, gabinetes con calidad de muebles.....y mucho más.

Jerry Shiner
www.microclimate.ca
www.keepsafe.ca

GLOSSÁRIO

Ar atmosférico. Mistura de gases onde predominam o Nitrogênio ou Azoto (79%) e o Oxigênio (21%). o vapor de água, em quantidade variável, é um importante componente entre os demais gases.

Arquitetura bioclimática. Expressão que ganhou popularidade nas universidades européias como oposição ao conceito de arquitetura universal. Caracteriza um modo mais cuidadoso de aplicar as condicionantes impostas pelo clima ao projeto arquitetônico. Qualquer adjetivação elogiosa da arquitetura é uma reação a uma crise de bom senso, como foi a arquitetura "funcional" de décadas passadas. Na verdade, é inconcebível que se pratique uma arquitetura que não *funcione* nem que não seja *adequada ao clima*.

Biodegradação: qualquer mudança nas propriedades de um material causado pela atividade de organismos.

Biodeterioração: qualquer mudança indesejada nas propriedades de um material causado pela atividade de organismos.

Carta bioclimática. Carta psicrométrica sobre a qual foi traçado um polígono bioclimático.

Carta psicrométrica. Gráfico das variáveis psicrométricas em função da temperatura.

Convecção. Processo de troca de calor por contato e diferença de temperatura entre um sólido e um fluido. Diz-se natural quando um sólido cede calor a uma coluna de ar que se eleva por perder densidade com o aumento de temperatura. Diz-se forçada quando provocada pelo vento ou movimentação do sólido.

Estado termo-higrométrico do ar. Condição combinada de temperatura e umidade do ar.

Pressão atmosférica. Peso de uma coluna de ar atmosférico por unidade de área.

Pressão parcial do vapor de água ou simplesmente Pressão do vapor. Peso do vapor existente em uma coluna de ar úmido por unidade de área da coluna.

Umidade. Presença de vapor de água na atmosfera. Não confundir com a água em estado líquido que ocupa poros de um material sólido ou se deposita sobre superfícies frias.

Umidade absoluta. Gramas de vapor de água por metro cúbico de ar úmido.

Umidade específica. Gramas de vapor de água por gramas de ar úmido.

Fonte: DERIZANS, Abiel; Disponível em: <http://usuarios.uninet.com.br/~derizans/gloss.html>. Acesso em: 15 mai 2005.