

**Shin Maekawa**

The Getty Conservation Institute, LA, USA

**Claudia S. Rodrigues de Carvalho**

FUndação Casa de Rui Barbosa/ MinC, RJ, Brasil

**Franciza Toledo**

Conservare Ltda., RE, Brasil

**Vincent Beltran**

The Getty Conservation Institute, LA USA

# SISTEMA DE CONTROLE CLIMÁTICO PARA A BIBLIOTECA RUI BARBOSA: PRESERVAÇÃO DA COLEÇÃO E MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO DOS VISITANTES

*Uma estratégia de controle climático que se traduzisse em uma alternativa à forma padrão de condicionamento de ar foi projetada para a biblioteca do Museu Casa de Rui Barbosa, no Rio de Janeiro, Brasil. A partir de diagnósticos do edifício, da coleção, bem como análise das condições ambientais foram desenvolvidas e executadas estratégias para melhoria do clima interior. Em paralelo ao reparo do envelope do edifício e do rejuvenescimento dos detalhes construtivos originais, que visavam o controle passivo do ambiente, foi instalado um sistema de controle climático. Este sistema, localizado no porão e no entre-forro de modo a preservar a visualidade dos ambientes, é baseado na ventilação e na desumidificação para promover a preservação da coleção na biblioteca. Ao longo do percurso do visitante a velocidade do ar circulante foi aumentada de modo a melhorar as condições de conforto humano por convecção. A conservação de energia foi incorporada ao sistema através do uso da ventilação, quando o ar exterior está seco e fresco; da recirculação do ar desumidificado e da hibernação do sistema fora dos horários de visitação. O sistema instalado mantém a umidade relativa em  $60 \pm 5\%$  e  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ , com níveis da poluição do ar reduzidos. Contribuem ainda para o conforto dos visitantes a umidade mais baixa, a sensação de ar limpo, eliminação da luz solar direta, e os baixos níveis de ruído.*

## Palavras-chave:

Controle Ambiental, Conservação Preventiva, Sustentabilidade, Preservação Integrada Edifício & Coleções, Economia de energia, Conforto.

## INTRODUÇÃO

As instituições culturais têm usado sistemas convencionais do condicionamento de ar, como meios de controle climático. Embora tais sistemas sejam capazes de moderar o ambiente para a preservação da coleção e também para o conforto humano, a sua utilização pode causar problemas significativos a médio e longo prazos. Os custos instalação, operação e manutenção, bem como os danos que a instalação pode causar nas estruturas históricas são apenas alguns destes problemas.

A eficácia de estratégias de ventilação e desumidificação, ou de aquecimento para conservação, para o estabelecimento e manutenção de ambientes seguros para coleções, em climas quentes e úmidos, tem sido confirmada com experimentações de campo<sup>1</sup>, no entanto, sua capacidade a promover o conforto humano, mantendo tal ambiente, ainda não tinha sido testada.

Com dez mil visitantes por ano, o Museu Casa de Rui Barbosa, edificação do século XIX, tombado pelo IPHAN- Instituto do

MAEKAWA, S., TOLEDO, F. (2003) "Sustainable Climate Control for Historic Buildings in Hot and Humid Regions." Management of Environmental Quality: An International Journal Vol. 14, No. 3: 369-382.  
MAEKAWA, S., GARCIA MORALES, M. (2006) "Low-Cost Climate Control System for Museum Storage Facility on Tenerife Island." Apresentado no 25<sup>o</sup> International Conference of Passive and Low Energy Architecture (PLEA 2006) em Geneve, Suíça.  
MAEKAWA, S., BELTRAN, V., TOLEDO, F. (2007) "Testing Alternatives to Conventional Air-Conditioning in Coastal Georgia." APT Bulletin, Vol 38, No. 2-3 Association of Preservation Technology International: p3-11. Apresentado no Annual Meeting of APT International, em Atlanta, GA.

Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, no Rio de Janeiro, foi identificado como local ideal para se testar a aplicabilidade da estratégia de controle climático em um contexto onde o conforto humano era uma consideração importante. A coleção de Rui Barbosa inclui obras de arte, mobiliário, e os diversos automóveis, destacando-se a biblioteca, com mais de 30.000 títulos, preservada em seu local original.

A biblioteca, situada no primeiro andar do edifício da alvenaria do século XIX, ocupa cinco salas interconectadas: Sala Constituição, Sala Civilista, Sala Casamento Civil, Sala Código Civil, e Corredor Ruiano. As cinco salas têm uma área total de 165 m<sup>2</sup>, com um pé direito de 3,8 m (e volume total aproxima-

### A Metodologia

A maior ameaça às coleções, em regiões quentes e úmidas, é biodeterioração, e o ataque de fungos e bactérias. Isto pode ser controlado mantendo a umidade relativa ambiente menor que 65%. Os danos mecânicos, como rachaduras e deformações, podem ser controlados através de um ambiente com umidade relativa estável, que limita suas dilatações higrométricas. A degradação química, como o envelhecimento e a oxidação, é considerada uma ameaça menor nessas regiões, uma vez que o processo é relativamente lento, e a maioria das coleções já atingiu estágios quimicamente estáveis em reservas técnicas e espaços expositivos. Entretanto, o processo pode ser retardado mantendo o ambiente refrigerado, mais seco e escuro.

O controle da temperatura e da umidade relativa do ar é tecnicamente difícil e caro, especialmente em edifícios históricos, e por isso o projeto para controle climático da Biblioteca Rui Barbosa visou a manutenção de um ambiente estável, com umidade re-

### DIAGNÓSTICO:

A avaliação do envelope do edifício revelou que muitas portas e janelas não estavam funcionando bem e, por isso, permitiam a infiltração de grandes quantidades de ar exterior. Foram examinadas as características originais do edifício referentes ao conforto térmico, assim como sua proteção contra a umidade elevada. As aberturas do porão, projetadas originalmente para ventilar a umidade do espaço, foram fechadas com janelas de vidro, instaladas nos anos

do de 630 m<sup>3</sup>). As salas contêm a coleção de livros de Rui Barbosa em armários e estantes feitos sob medida. Dada a significância e vulnerabilidade desta coleção, esta área foi selecionada para o projeto de melhoria climática.

Em 2004, um projeto foi iniciado entre o Instituto Getty de Conservação - GCI e a Fundação Casa de Rui Barbosa, com o objetivo de melhorar as condições internas da casa, promovendo o conforto humano dentro de um ambiente estável e seguro para as coleções. Esta iniciativa foi um projeto único de melhoria climática para casas históricas no Brasil, onde a preservação das coleções e do edifício, o conforto do visitante, e a sustentabilidade foram abordados conjuntamente.

lativa em menos de 65%, para proteger a coleção de deteriorações biológicas e mecânicas, com pequena variação de temperatura. Deste modo, o controle climático pode ser tecnologicamente simples e economicamente sustentável. A temperatura do ar da biblioteca foi limitada a 28°C, quando o conforto humano é significativamente afetado, e teve como fim evitar a possibilidade de condensação na coleção e no edifício.

Era importante manter a ambiência histórica na biblioteca, de modo que a estética original do edifício (exterior e interior) deveria permanecer intacta. Isto significou nenhuma alteração nas paredes nem nos tetos do edifício. Por último, o edifício é frequentemente visitado por estudantes, consequentemente, quantidades adequadas de ar fresco devem ser fornecidas na biblioteca para sua segurança e conforto.

O projeto foi desenvolvido em quatro etapas: diagnóstico, desenvolvimento da estratégia, execução, monitoramento e melhorias.

1980, para que o espaço fosse utilizado para o armazenamento e exposições temporárias. O edifício possui características originais de exaustão do ar quente, consistindo em espaços abertos nos perímetros dos tetos, no ático, e em telhas cerâmicas permeáveis encaixadas. Entretanto, a instalação de uma subcobertura tipo Tyvek sob as telhas (para impedir a infiltração da água da chuva e da poeira) obstruiu a remoção do ar quente do ático.

A avaliação ambiental registrou um ático

quente e um porão úmido. Estes espaços estavam provavelmente impactando o clima na biblioteca. A prática de abrir janelas para ventilação provocava grandes flutuações de temperatura (22-34°C) e umidade relativa (40-90%) do ar, assim como altos níveis de poluição do ar no edifício. Entretanto, o clima dentro das estantes de livros não era úmido (RH menor que 70%) e permanecia muito estável. Além disso, uma quantidade menor de poluentes oxidantes do ar foi encontrada nos armários (Fig. 6), indicando que eles proporcionavam um microambiente protetor, protegendo os livros do ambiente pouco ade-

### ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO

As recomendações das avaliações acima foram combinadas para produzir estratégias de conservação para a biblioteca. Primeiramente, o envelope do edifício precisou ser reparado para reduzir a infiltração de ar, e as características originais de controle climático do edifício deveriam ser restabelecidas, tanto quanto possível. As melhorias do clima no porão e no sótão foram consideradas especialmente importantes. As janelas e as portas da biblioteca deveriam ser mantidas fechadas para eliminar o ar exterior empoeirado, poluído e instável. Os livros deveriam ser limpos e retornar às estantes cujas portas já tinham sido reparadas para fecharem corretamente. Os livros seriam assim protegidos das flutuações da umidade relativa e dos impactos da poluição do ar e da poeira no microambiente das estantes.

Um sistema de controle climático deveria ser instalado no porão da biblioteca para fornecer ar fresco, limpo, filtrado e/ou condicionado em 55-65% e 22-28°C às salas da biblioteca usando ventilação e desumidificação. O ar insuflado, um pouco mais quente do que aquele fornecido por sistemas típicos de ar-condicionado, foi selecionado para evitar a condensação em dutos de insuflação de ar e em áreas que cercam as grelhas difusoras. Um ventilador de exaustão deveria ser instalado no sótão para reduzir a acumulação de calor. O po-

### DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE CLIMÁTICO

Um ventilador de insuflação, um ventilador de exaustão, uma unidade "split" de condicionamento de ar, uma unidade de controle programável, com dois sensores de

quado da biblioteca Rui Barbosa.

A coleção das obras de arte, de mobiliário e de livros na biblioteca. A avaliação da mobília mostrou que estava em boas condições. Entretanto, muitas das portas das estantes de livros estavam desalinhadas ou tortas, tendo por resultado um mal fechamento. A maioria dos livros foi afetada pelo processo de acidificação de papéis típicos do século XIX; alguns sofreram danos mecânicos, devido aos maltratos, e ataques de fungos e insetos; e muitos foram afetados pelo acúmulo de poeira, devido a uma combinação de um ambiente empoeirado e a falta de limpeza periódica.

rão deveria ser ventilado mecanicamente, equipando-se janelas com filtros de partículas para se manter um espaço limpo e seco. Uma vez que a instalação do sistema de controle climático ocorreria no porão e no sótão, estaria escondido dos visitantes e seria inteiramente reversível.

Os dados do clima no Rio de Janeiro, de 2001 a 2005, coletados por uma estação meteorológica independente<sup>2</sup> mostraram que a ventilação é viável somente 10% do tempo, se nós exigimos condições menores que 28°C e menores de 70%.

As quantidades adequadas de ar fresco devem ser fornecidas para a segurança e o conforto de ocupantes e visitantes. De sua experiência operacional, a equipe de funcionários da FCRB determinou o número máximo de visitantes na biblioteca em 50, baseada no arranjo atual da mobília e no percurso do visitante. A Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração, e Condicionamento de Ar (ASHRAE) recomenda que o ar fresco a ser fornecido é de oito litros por segundo por a pessoa<sup>3</sup>.

Estimando-se que a biblioteca tem uma infiltração de ar exterior de 1-1,5 trocas de ar por a hora, foi determinado que o sistema de controle climático precisaria de mais 2 trocas de ar por hora, de ar fresco, durante as horas de visitaçao (8 am - 6 pm), a fim de limitar a concentração de dióxido de carbono em menos de 1000 ppm.

temperatura e umidade relativa do ar (um na biblioteca e o outro no exterior do edifício) são os principais componentes do sistema de controle climático da biblioteca.

A unidade “split” foi projetada para operar sempre conjuntamente com a bobina de resaquecimento, situada imediatamente abaixo da unidade para trabalhar como um desumidificador alinhado. À exceção do ventilador de exaustão no sótão, todos os outros componentes estão instalados no porão da biblioteca. Esses equipamentos são conectados através de uma série de dutos de metal no porão, assim como no sótão. O ar exterior e o ar recirculado passam através de filtros G3 situados nas extremidades da fonte de insuflação e de retorno do desumidificador, antes de serem delicadamente liberados na biblioteca através de 30 grelhas difusoras distribuídas por todo assoalho da biblioteca, ao longo dos percursos do visitante). Os difusores do tipo espiral foram usados para permitir um grande fluxo de ar com uma velocidade limitada de ar vertical.

O ar de retorno é tomado nas aberturas do duto encontradas no lado oeste do assoalho da biblioteca e canalizadas à entrada da unidade desumidificadora. O ar de exaustão é tomado das aberturas originais de ventilação nos perímetros dos tetos de madeira nas Salas Casamento Civil, Civilista, Código Civil, assim como no Corredor Ruiano. A Sala Constituição tem um teto de estuque e, conseqüentemente, não tem aberturas de ventilação. Uma grande câmara fechada foi criada no espaço do sótão acima das salas da biblioteca. O ventilador de exaustão extrai o ar da câmara através de um duto e transfere-o ao exterior, através de uma clarabóia, perto da biblioteca.

Uma unidade programável de controle lógico (PLC) com relógio interno, também situado no porão da biblioteca, controla o equipamento de ventilação e de desumidificação. O PLC é programado para executar as sequências operacionais baseadas nas condições climáticas levantadas por

## MONITORAMENTO E MELHORIAS

Após a instalação e o período de ajuste inicial do sistema de controle climático, ele tem produzido e mantido  $25 \pm 3^\circ\text{C}$  e  $60 \pm 5\%$  na biblioteca, quando a condição exterior variou de  $20^\circ\text{C}$  a  $38^\circ\text{C}$  e de 35% a 100%. Isto mostrou a capacidade do sistema de produzir e manter a condição climática almejada na biblioteca durante um verão típico.

dois sensores de temperatura e umidade relativa do ar, situados fora do edifício e na biblioteca.

As sequências operacionais consistem de ventilação, desumidificação, e hibernação, havendo condições que indiquem a necessidade da operação simultânea da ventilação e desumidificação, seja para reduzir a umidade, seja para evitar temperaturas superiores a  $28^\circ\text{C}$ .

Há três tipos de condições operacionais que determinam a modalidade de operação do sistema: as horas de funcionamento do museu, a umidade relativa, e a temperatura. Segue um sumário das condições operacionais e dos correspondentes modos operacionais do sistema.

*Hora Operacional:* Durante as horas de operação do museu, o sistema de controle climático funciona no modo ventilação ou no modo híbrido. Em ambos, o ar fresco é garantido na biblioteca para promover a segurança e o conforto do visitante. O sistema pode selecionar o modo desumidificação, mas, quando as horas de visita terminam, o ar da biblioteca é totalmente recirculado, através do desumidificador, até que a umidade relativa na biblioteca seja reduzida a 65%.

*Umidade Relativa:* O sistema de controle seleciona o modo ventilação quando a umidade relativa na biblioteca é maior que 65% e a umidade relativa exterior é menor que 65% e a temperatura menor que  $28^\circ\text{C}$ . Se a umidade relativa exterior está acima de 65%, o modo desumidificação ou o modo híbrido serão selecionados, dependendo da hora do dia.

*Temperatura:* A temperatura foi adicionada à sequência operacional do sistema para promover o conforto térmico dos visitantes, limitando a temperatura da biblioteca a valores inferiores a  $28^\circ\text{C}$ . Conseqüentemente, é aplicável somente durante as horas de operação do museu (8 am - 6 pm).

Uma comparação da poluição do ar através de dados coletados na Sala Constituição durante os períodos pré e pós-instalação do sistema de controle climático indicaram uma redução na concentração do número de variáveis examinadas. Entre os poluentes, a maior diminuição foi observada no ozônio, que indicou uma redução de 85% nos valores relativos às condições an-

tes da instalação do sistema. As concentrações de dióxido de nitrogênio foram reduzidas em 30% em relação aos valores que antecederam à instalação do sistema.

Dois tipos de partículas, de 1 a 5 microns e de 0.3 a 1 microns, foram examinados. As partículas maiores mostraram uma diminuição de 75% a 85% em concentrações, na Sala Constituição, após a instalação do sistema.

Foi feito levantamento junto aos visitantes para identificar o nível de conforto obtido e os comentários dos visitantes são de que este ambiente é mais leve do que o restante da casa, em função do ar estar mais fresco e mais

seco, e mais limpo. Janelas e portas fechadas também reduziram a luz solar direta e os ruídos do exterior, podendo ter contribuído para o conforto dos visitantes.

No curso da operação do sistema, o clima na biblioteca desviou da condição projetada, em função da complexidade do programa original do PLC. Por outro lado, inicialmente foi difícil, identificar no mercado empresa de manutenção capaz de lidar com a concepção pouco usual do sistema. Atualmente, o sistema tem manutenção preventiva e corretiva, e as rotinas lógicas estão sendo simplificadas para evitar desvios.

## CONCLUSÃO

Um sistema de controle climático, baseado em ventilação e desumidificação, foi implantado com sucesso num museu-casa, em região de clima quente e úmido. Um ambiente de preservação estável para a coleção e o edifício histórico foi estabelecido e mantido, com a umidade relativa menor que 65%, permitindo variações de temperatura entre 22°C e 28°C e evitando a condensação (ou a umidade elevada) no interior do edifício, demonstrando a viabilidade de se promover o conforto humano, através de um nível mais baixo de umidade, de uma sensação de limpeza do ar, da eliminação da luz solar direta, e da redução dos níveis de ruído.

O sucesso do projeto foi atribuído a um projeto, execução, e avaliação bem estruturados. Os diagnósticos de conserva-

ção do edifício histórico e da coleção, assim como a avaliação ambiental sistemática, forneceram subsídios para o estabelecimento de uma estratégia de controle climático integrada à preservação do edifício.

Este projeto de controle climático, que produziu com sucesso um ambiente para a preservação da coleção, garantindo o conforto humano, estabeleceu um parâmetro metodológico para aplicação desta estratégia sustentável, simples e de baixo custo para melhoria do clima nas instituições culturais em climas quentes e úmidos.

Este projeto foi financiado pela Fundação Vitae (São Paulo, Brasil). Os autores desejam agradecer à Fundação e à Sra. Gina Machado, então gestora da área de cultura, pelo apoio financeiro e logístico, assim como o seu incentivo durante todo o projeto.