

# **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS SOB O PONTO DE VISTA DO CONFORTO TÉRMICO.**

Brenda Chaves Coelho Leite, Msc em Arquitetura e Urbanismo  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - USP  
Apoio: FAPESP  
Rua Amorim Castro, 176, Vila São Luis, CEP 05362-050 São Paulo/SP  
Tel/Fax. (011) 268-3549 E-mail: bcleite@usp.br

## **RESUMO**

Este trabalho é parte integrante da dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo, a qual se refere à avaliação de desempenho de edifícios de escritórios que utilizam gerenciamento automatizado em suas instalações e serviços.

Apresentamos um dos aspectos analisados, qual seja: Conforto Térmico em ambientes climatizados artificialmente, cuja avaliação se realizou através da aplicação dos métodos e técnicas da Avaliação Pós-Ocupação em dois estudos de caso, considerando as interfaces entre a Arquitetura, os usuários e os sistemas de automação instalados.

São enfocados os procedimentos adotados para a pesquisa, bem como os diagnósticos e conclusões específicos do assunto.

## **ABSTRACT**

This work is a part of thesis in Architecture and Urbanism, which refers to office buildings performance evaluation, which use automatic manager in its installations and services.

Presently, we show one of the analysed aspects, that is: Thermic Comfort in artificially climated environments, whose results were obtained by the applications of the methods and techniques of Post-Occupancy Evaluation over two case studies, considering interfaces between the Architecture, their users and their automated systems installed. The research procedures are focalysed, as well as the diagnostic and the specific conclusion about the theme.

## **INTRODUÇÃO**

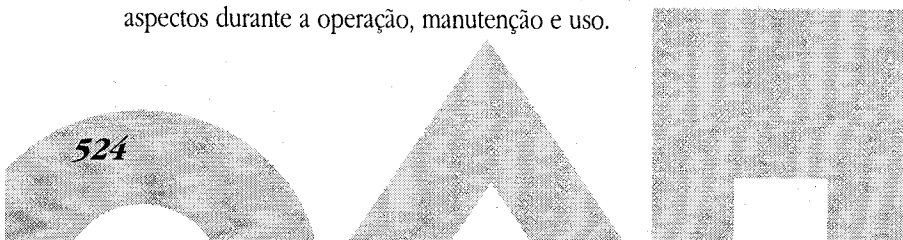
O conteúdo deste artigo é parte integrante da dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo intitulada "Análise do Desempenho de Edifícios de Escritórios Automatizados Através da Avaliação Pós-Ocupação", elaborada pela autora deste artigo e concluída em 1997, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Trata da avaliação de desempenho de edifícios de escritórios que utilizam tecnologia disponível no gerenciamento de suas instalações e serviços, situados na cidade de São Paulo, através da aplicação dos métodos e técnicas de Avaliação Pós-Ocupação (APO) em dois estudos de caso.

Os exemplares analisados são produtos das grandes mudanças que o cenário dos edifícios de escritórios tem sofrido ao longo do tempo. À época atual, encontramos, no seu conjunto, edificações que utilizam novas tecnologias, tanto no que se refere a sistemas construtivos quanto ao emprego de equipamentos destinados a promover conforto e segurança aos usuários no seu ambiente de trabalho, pretendendo-se, com isto, alcançar altos índices de produtividade. Além disso, levando-se em conta a eminência da escassez de recursos energéticos e os custos significativos do seu consumo, há uma preocupação inclusive com a modernização dos equipamentos e serviços, adotando-se o emprego de alta tecnologia da informação e sistemas de controle eletrônico nas instalações, apontando na direção da minimização de custos, conservação de energia e bem estar do usuário.

A preocupação com o valor estético dessas edificações é também um aspecto marcante, tanto que a maioria dos edifícios de escritórios acima referidos se destacam na região em que se situam. Além disso, forma, dimensão e orientação dos edifícios, bem como os componentes empregados na sua construção, principalmente os de fachada, representam um papel importante no seu desempenho, já que tanto atuam diretamente nas condições de conforto ambiental quanto interagem com a vizinhança, numa relação de benefícios ou prejuízos entre as partes.

Considerando que o edifício não constitui um elemento isolado e que seu desempenho depende das interfaces existentes entre a própria edificação e suas instalações e serviços e ainda se destina a alojar pessoas, propiciando-lhes condições favoráveis ao desenvolvimento de suas tarefas, ele interage com o meio ambiente. Seu desempenho é resultado do sincronismo entre esses aspectos durante a operação, manutenção e uso.



Considerando, também, que a automação em edifícios consiste em gerenciamento basicamente realizado através de *hardwares* e *softwares* específicos para cada aspecto e que esses *softwares* incorporam algoritmos que dependem de inúmeras variáveis, as interrelações de aspectos técnico-constructivos e de gerenciamento automatizado das instalações e ainda sujeitas às ações dos usuários, constituem fator fundamental para a definição dos valores atribuídos a essas variáveis em tempo real. Esses valores são representados pelas informações colhidas nos locais específicos através de elementos físicos, como por exemplo sensores, as quais, processadas e comparadas com parâmetros pré-estabelecidos, determinam respostas ao setor solicitante. Esta pesquisa enfoca essas interrelações quantificando e qualificando as contribuições de cada setor para a obtenção de um resultado desejável de uso, operação e manutenção.

## CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS DE CASO

Um dos edifícios analisados, denominado edifício "A", é constituído por um único elemento, projetado e construído entre 1992 e 1993. Sua principal característica arquitetônica é a laje livre, com serviços centralizados. É composto por 1 subsolo de garagem, térreo, com recepção e serviços, 4 andares tipo para escritórios, e 1 pavimento de cobertura, destinado às áreas técnicas de apoio ao edifício e centro de processamento de dados (CPD).

Sua área construída é de 12.000 m<sup>2</sup> e cada andar possui cerca de 1.500 m<sup>2</sup> de área bruta, sendo 80% desta, destinada aos escritórios, formados por estações de trabalho, delimitadas por divisórias móveis acarpetadas e de alturas variáveis. A envoltória é composta por alvenarias revestidas externamente por placas de mármore branco e complementadas por caixilhos metálicos com vidros refletivos.

Adota o sistema de cabeamentos em malhas, passando por canaletas sobrepostas à laje e sob um piso elevado, formado por placas metálicas acarpetadas, o que promove flexibilidade para mudanças de *lay out* sem prejuízo de tomadas de energia elétrica, dados e telefonia. Seus forros são metálicos e modulados, onde se alojam luminárias, elementos do sistema de ar condicionado e de detecção e combate a incêndios. Apresenta gerenciamento automatizado em suas instalações e alguns serviços.

O outro, denominado edifício "B", é representado por um conjunto de edificações formado por uma torre de escritórios e dois anexos, construído no início desta década e ocupado atualmente por uma única empresa.

A torre é composta por um subsolo de garagens e serviços, térreo, com recepção e serviços, 18 andares tipo ocupados por escritórios, 2 andares superiores para áreas técnicas e um heliponto na cobertura.

A área construída do conjunto é de 56.500m<sup>2</sup>, sendo 40.000m<sup>2</sup> relativos à torre e um anexo incorporado, contemplados por esta pesquisa. É caracterizado por lajes livres, com áreas brutas aproximadas de 1.350 m<sup>2</sup>, com "core" de serviços que ocupa cerca de 20% desta área. O restante é ocupado pelas estações de trabalho, delimitadas por divisórias móveis acarpetadas, de alturas variáveis. Não possui piso elevado, mas conta com malhas de cabos de telefonia, energia elétrica e dados, passando por canaletas inseridas nas lajes, promovendo também, flexibilidade de *lay out*.

Sua envolvente é composta por grelhas verticais em concreto armado, revestidas externamente por granito polido rosa, cujos vãos são preenchidos por caixilhos metálicos e vidros refletivos. Possui climatização artificial e gerenciamento automatizado em algumas instalações e serviços.

Nos dois edifícios, o ar frio é insuflado pelo teto, através de difusores individuais, além de difusores lineares ao longo das fachadas mais sujeitas à radiação solar direta, para que se formem cortinas de ar frio próximo às vidraças. O retorno do ar dos ambientes também acontece pelo teto através de perfurações nas placas de forro e pelas calhas de iluminação. Nos CPDs, em ambos os edifícios, o insuflamento é feito pelo piso, através de perfurações nas placas do piso elevado.

O sistema de gerenciamento das instalações de ar-condicionado opera baseado em dados colhidos em tempo real; esses dados são colhidos, em diversos pontos internos e externos aos edifícios, por sensores específicos (sinais de entrada) e processados em Unidades Terminais Remotas, que determinam comandos individuais de atuações (sinais de saída) para os equipamentos do sistema.

Através de telas de interface, são feitas supervisões e controles dos processos relativos ao sistema, por meio de ícones, botões de controle e outros, através das quais o operador visualiza o estado de cada setor do edifício, bem como os dados de alarme e outros, além de realizar operações remotas sobre os pontos assistidos.

## MÉTODOS ADOTADOS

Para a realização desta pesquisa, aplicamos os métodos e técnicas da APO, procurando observar os critérios de desempenho total dos edifícios, principalmente no que se refere à sua qualidade térmica.

Dividimos a pesquisa em duas etapas básicas, sendo a primeira delas, a AFERIÇÃO DO NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS, que envolveu: a aplicação de questionários, entrevistas com pessoas chaves, observações físicas e uma ampla documentação fotográfica. A segunda etapa refere-se à AVALIAÇÃO TÉCNICA, que se baseou em medidas de temperatura e umidade relativa do ar. Foram realizadas, também, entrevistas com técnicos, supervisores de manutenção e especialistas na área abordada. Analisamos projetos arquitetônicos, projetos de instalações de ar-condicionado e outros complementares, como também relatórios de operação do sistema de automação, necessários à análise qualitativa e quantitativa.

Posteriormente, elaboramos DIAGNÓSTICOS referentes aos dois edifícios, baseados no cruzamento dos dados coletados nas duas etapas. Esses diagnósticos, finalmente, permitiram a definição de INDICADORES DE DESEMPENHO, através dos quais, pudemos formular algumas propostas para melhoria do desempenho dos dois objetos de estudos, bem como para projetos de edifícios semelhantes.

## DIAGNÓSTICOS E CONCLUSÕES PARCIAIS

Foram apontados como principais problemas, aqueles relativos ao conforto, tanto do ponto de vista dos usuários, quanto do ponto de vista técnico e energético. Em ambos os edifícios analisados, a principal reclamação dos usuários foi relativa ao desempenho do ar-condicionado. Este resultado, representativo das sensações dos usuários, significou o ponto de partida para a avaliação técnica do conforto térmico, tendo como base a coleta de dados locais através de medidas de temperatura e umidade do ar, observações físicas e entrevistas com pessoas da área de manutenção de ar-condicionado como também de operação do sistema de gerenciamento.

As medidas foram realizadas no 4º pavimento do edifício "A" e 5º pavimento do edifício "B", sob duas condições: a de uso (com o ar-condicionado em operação e presença de usuários em função) e naturais, com o edifício desocupado e o ar-condicionado desligado.

No edifício "A", o pavimento foi dividido em 3 setores, conforme destacados na planta (fig. 1) e delimitados por divisórias do piso ao teto.

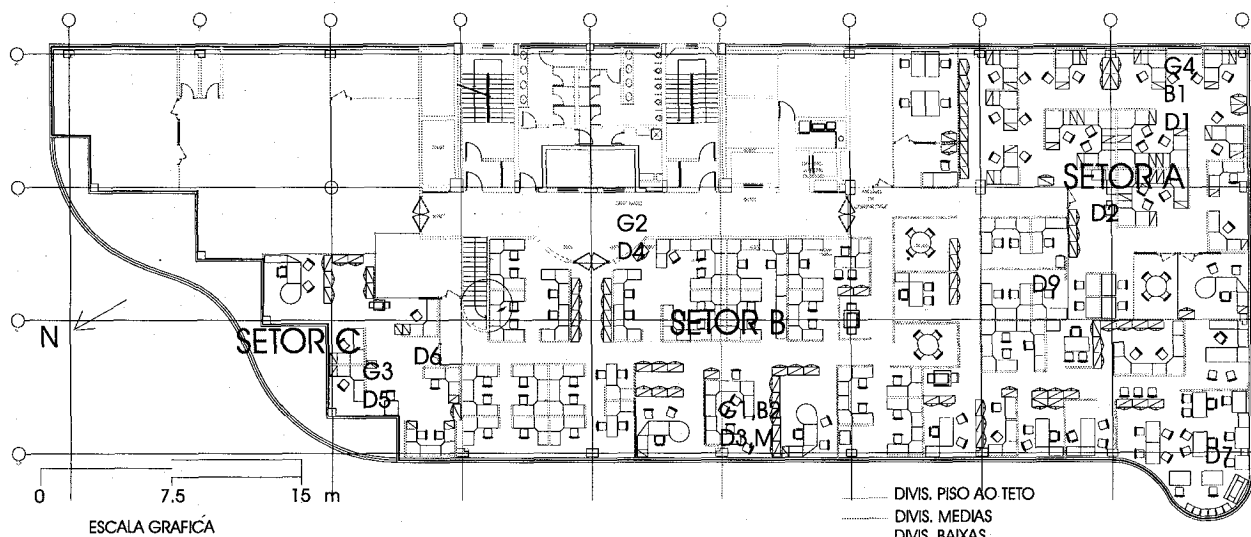


Figura 1. Planta do 4º pav. do edifício "A" - Setorização dos ambientes para medições de temperatura e umidade (G=term. globo, D=termohigr. digital, M=term. max/min, B=term. bulbo seco/úmido). Fonte: LEITE (1997).

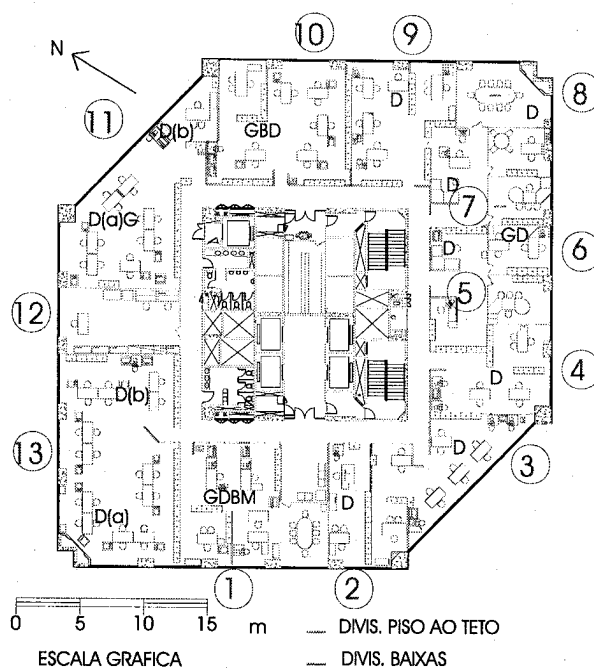
De acordo com o resultado das medidas, constatamos que, nas condições naturais, sem o ar-condicionado e sem geradores de calor, notamos que o setor C se apresenta mais quente que os demais, atingindo valores da ordem de 27°C, igualando à temperatura externa. Destacamos que este setor possui envidraçamento da ordem de 90% da área de fachada e está voltado para o Norte, o que faz supor que este setor deve solicitar maiores vazões de ar frio e, portanto, maior trabalho para o sistema.

Nas condições de uso, o setor B apresentou valores de até 25°C, ultrapassando em 1°C ao máximo programado, de 23°C ± 1°C, justificando a reclamação dos usuários. Este evento pode estar relacionado com o fato de ser área servida por final de dutos de insuflamento de ar-condicionado, estar localizada próxima às janelas voltadas para o Oeste e ser mais densamente ocupada.

Quanto ao edifício "B", setorizámos o pavimento conforme o mapa aqui apresentado (Fig. 2) e realizamos as medidas de temperatura e umidade nas mesmas condições do edifício "A".

De acordo com os resultados das medidas, nas condições naturais, identificamos que as áreas localizadas no quadrante Oeste são mais quentes que as do quadrante Leste, mas de modo geral, as temperaturas internas se apresentam 1°C a menos que o exterior.

Nas condições de uso, identificamos diferenças de temperatura nas diversas áreas, de até 1,5°C, perceptíveis aos usuários. No entanto, notamos que, apesar de haver diferenças, os valores absolutos não extrapolaram os pré-estabelecidos, de 23°C ± 1°C, levando a supor que a distribuição do ar-condicionado esteja bem dimensionada.



**Figura 2. Planta do 5º pav. do edifício "B" - Setorização dos ambientes para medições de temperatura e umidade (G=term. globo, D=termohigr. digital, M=term. max/min, B=term. bulbo seco/úmido). Fonte: LEITE (1997).**

Apesar disto, identificamos, pelas entrevistas com os responsáveis pela supervisão e manutenção do edifício, que sempre existem solicitações de mudanças nas condições térmicas de seus ambientes, principalmente quando há mudança de *lay out* e enclausuramento de áreas.

Um outro fato merece destaque: sob o ponto de vista da automação, observamos que o sistema opera com valores de temperatura e umidade que não traduzem a realidade dos ambientes dos usuários, uma vez que os sensores se localizam acima do forro e detectam as condições de um ar de retorno que passa por calhas de iluminação e provavelmente sofrem mistura com o próprio ar frio insuflado. Diante disto, fizemos um levantamento, no edifício "A", do número de intervenções manuais, via teclado do gerenciador, identificando 357 mudanças de *set points*, sendo 323 para diminuir a temperatura do ambiente; estes dados foram levantados em relatório de operação do sistema de automação, relativo ao período de um mês e meio, no verão, estação correspondente à das medidas.

Esta é uma situação que foi comprovada quando, em visita ao edifício, enquanto observávamos a tela do gerenciador, onde estava representado o pavimento em que nos encontrávamos e os dados relativos àquela área, realizamos medidas instantâneas de temperatura do ar no mesmo ambiente e comparámos com a equivalente feita pelo sensor correspondente. Identificamos uma diferença de aproximadamente 2°C, ou seja, o ambiente estava mais quente do que o sistema estava interpretando. Isto nos leva a crer que as informações fornecidas ao sistema são questionáveis, a partir do momento em que o usuário solicita muitas intervenções manuais a um sistema que foi programado para funcionar sozinho.

## CONCLUSÕES GERAIS

Pesquisas internacionais desta natureza, como as desenvolvidas por Hartkopf, Loftness, Paciuck, Preiser e muitos outros, principalmente nos Estados Unidos e, agora no Brasil, pela equipe interdisciplinar do NUTAU - FAU/USP, da qual fazemos parte, levantam questões relativas ao desempenho de edifícios de escritórios, onde o usuário é incluído como elemento fundamental. Das questões levantadas, sempre surgem propostas no sentido de aprimoramento das técnicas que envolvem a concepção, produção, uso e a manutenção dos edifícios, inclusive com vistas ao controle de qualidade.

Destacamos algumas propostas para melhoria do desempenho dos edifícios de escritórios, sendo algumas delas baseadas no desejo do usuário: o de controlar o ambiente do seu próprio espaço. Essas propostas incluem sugestões de Hartkopf, nos Estados Unidos e Del Carlo e Gonçalves, no Brasil, além das desta mestranda.

- insuflamento de ar frio pelo piso também nas áreas de escritórios, mantendo a temperatura baixa apenas ao nível do usuário;
- controles individuais de temperatura e umidade nos postos de trabalho, mantendo um nível baixo de condicionamento central;
- criação de espaços para localização de equipamentos como: centrais telefônicas, transformadores e geradores de energia elétrica, bombas, chillers, torres de resfriamento e outros, fora do edifício;
- utilização de tanques de gelo como elemento alternativo para o sistema de ar-condicionado;
- janelas controláveis para trocas de ar com o exterior quando as condições forem favoráveis;
- utilização de brises para minimização de carga térmica penetrante no seu interior.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Da bibliografia consultada para a elaboração deste trabalho, destacamos os seguintes:

- ATKINS, Brian (coord.). *Intelligent Buildings*. 1 ed. New York, Halsted Press, 1988.
- CAMELO, S. et al. *Conforto Térmico num Edifício de Serviços*. Lisboa (Portugal), Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, s.d.
- CASTRO NETO, Jayme Spínola de. *Edifícios de Alta Tecnologia*. São Paulo, Carthago & Forte, 1994.
- D'HAVÉ, Raymond (direction). *Bâtiment dans son Ensemble: Guide des Performances du Bâtiment*. Bruxelles, CSTC/SECO, 1979.
- DEL CARLO, Ualfrido. Artigo Técnico: Edifícios Inteligentes (EI) e Controle das Condições Ambientais. In: *Anais do II Encontro de Professores de Conforto Ambiental da Região Nordeste. II Ciclo de Palestras de Conforto Ambiental e Conservação de Energia*. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba - Centro de Tecnologia do Departamento de Arquitetura, 1994, p. 21 - 22.
- FACILITY. Verdades e Mentiras da Automação Predial. In: *Facility*. São Paulo, Editora Flex Ltda., n. 1, 1997, p.10 a 14.
- FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. *Manual de Conforto Térmico*. São Paulo, Editora Nobel, 1988.
- GONÇALVES, Orestes M. Avanços Conceituais e Tecnológicos. In: *Téchné*, São Paulo, Editora Pini. n. 12, set/out - 1994, p. 30 - 34.
- HARTKOPF, Volker et al. *Designing the office of the future: the Japanese approach to tomorrow's workplace*. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1993.
- LEITE, Brenda C. C. *Análise do Desempenho de Edifícios de Escritórios Automatizados Através da Avaliação Pós-Ocupação*. São Paulo, 1997 (dissertação de Mestrado - FAU-USP).
- MARTE, Cláudio Luiz. *Automação Predial: a inteligência distribuída nas edificações*. São Paulo, Carthago & Forte, 1995.
- NORMALIZAÇÃO INTERNACIONAL - ISO 6241 / 1984. *Normalização de Performances em Edifícios: princípios de sua preparação e fatores a serem considerados*. S.ed. s.d.
- OLESEN, Bjarne W. Local Thermal Discomfort. In: *Technical Review - to Advance Techniques in Acoustical, Electrical and Mechanical Measurement*. Nærum - Denmark, Bruel & Kjaer, n. 1, 1985.
- ORNSTEIN, Sheila; ROMÉRO, Marcelo (colaborador). *Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído*. São Paulo, Editora Livros Studio Nobel Ltda, Editora da USP, 1992.
- PACIUUK, Monica. Personal Control of the Workspace Environment as Affected by Changing Concepts in Office Design. In: *IAPS 11*. Ankara, July 1990.
- PREISER, W., RABINOWITZ, H. and WHITE, E. *Post-Occupancy Evaluation*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1988.

NOTA: Para a realização das medidas de temperatura e umidade do ar referidas neste trabalho, contamos com a participação do Prof. Dr. Marcelo de Andrade Romero, da FAU-USP e das bolsistas de iniciação científica - CNPq, Sandra Soares Oliveira, sob orientação da Profª Drª Sheila W. Ornstein e Mariana Tavares, sob orientação da Profª Drª Heliana C. Vargas.