

ANÁLISE DO CONFORTO AMBIENTAL EM EDÍFÍCIOS UNIVERSITÁRIOS: COMPARAÇÃO ENTRE DADOS TÉCNICOS, PERCEPÇÃO DO USUÁRIO E DIRETIZES PARA A ECO EFICIÊNCIA

Marcos Antonio Leite Frandoloso

Professor do curso de Arquitetura e Urbanismo (FEAR), UPF
frandoloso@upf.br

Luciana Londero Brandli

Professor do curso de Engenharia Ambiental (PPEng), UPF
brandli@upf

Fábio Pedroso Dias

Acadêmico do curso de Arquitetura e Urbanismo (FEAR), UPF
117802@upf

Resumo. *O presente artigo explana os procedimentos da pesquisa desenvolvida em dois edifícios da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, representativos das tipologias construtivas existentes no Campus I da Universidade de Passo Fundo. A partir da identificação dos fatores que incidem no desempenho térmico e no consumo de energia dos edifícios universitários, propõe-se uma metodologia que permita estabelecer critérios para a otimização do uso dos recursos naturais e a aplicação prática da dos princípios da eco eficiência.*

Com a realização de um inventário com as características gerais dos edifícios (analisando seus espaços internos, instalações, padrões de uso e ocupação, acompanhamento do consumo de energia e das variáveis ambientais internas) conseguiu-se obter os resultados que foram comparados com os dados de desempenho energético do edifício real e as condições de conforto interno, representadas a partir do modelo PMV de Fanger. Sendo possível identificar os pontos positivos e negativos de ambos os edifícios, para analisar e propor melhorias no desempenho energético e térmico e de conforto dos usuários.

Estes resultados podem direcionar melhor quanto à tomada de medidas que enfatizem a eco eficiência e que possam ser aplicados ao restante do parque construído

da universidade. Também podem servir como padrões de referência para novas infraestruturas, ou até mesmo para outras universidades, desde que obviamente seja identificado cada contexto específico.

Palavras-chave: *Planejamento de edifícios universitários. Conforto ambiental. Eco eficiência.*

1. INTRODUÇÃO

O atendimento aos conceitos de sustentabilidade pode ser alcançado por meio dos princípios de eco-eficiência, a qual inclui a análise de impactos ambientais e custos como fatores de avaliação da eficiência administrativa; neste sentido, o World Business Council on Sustainable Development – WBCSD – define elementos articulados para alcançar tais princípios, dentre eles a redução da intensidade de uso de energia em bens e serviços. Sob este ponto de vista, a eficiência ambiental é vista no campo empresarial como um fator de redução de custos e de aumento de competitividade. Por outro lado, também devem satisfazer as necessidades humanas, e contribuir para a qualidade de vida, reduzindo progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida,

respeitando a capacidade de sustentação estimada pelo planeta (BCSD PORTUGAL, 2007).

2. METODOLOGIA

A avaliação do desempenho térmico e energético dos edifícios utiliza como referência a metodologia de Auditorias Energéticas aplicadas ao parque construído da Universitat Politècnica de Catalunya - (LÓPEZ PLAZAS, 2006). Esta metodologia permite caracterizar cada edifício relacionando as diferentes fontes de energia com seus respectivos usos. Esta caracterização é obtida a partir da compilação de informações diferenciadas em dois tipos: os dados estáticos (características construtivas dos edifícios e dos espaços internos e das instalações) e os dados dinâmicos, com alterações ao longo do tempo, como perfil de uso, variáveis ambientais e consumo energético. As auditorias energéticas apresentam como premissa a integração de três tipos de fatores: a demanda, o rendimento das instalações e a gestão de uso e ocupação.

No caso da Universidade de Passo Fundo foram inicialmente analisadas as ações ambientais (BRANDLI et al. 2011) e a situação do uso de energia no Campus I, estrutura principal da UPF localizada em Passo Fundo - RS. O corpo de estudo foi definido tendo em vista as características do parque construído da Universidade: o edifício G1, edifício administrativo e de ensino da FEAR Faculdade de Engenharia e Arquitetura, com área de 2.791,42m², e o edifício L1, do Curso de Engenharia de Alimentos e do Centro de Pesquisas Agropecuárias, que conta com laboratórios e salas de aulas, com área de 3.842,92m².

As condições reais dos edifícios foram coletadas a partir de planilhas, equipamentos de medições de temperatura e umidade (data-loggers da marca Testo modelos 175-H2 e 175-T1), medidores de energia analógicos e sistema multipontos com

monitoração informatizada (SmartGate M - Gestal). A partir da modelagem dos edifícios no programa Design Builder, foram comparados os resultados de simulação de desempenho térmico e energético com os dados reais coletados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 O uso de energia na UPF

A energia consumida no Campus I corresponde a cerca de 85% do total da estrutura física da UPF. Quando comparada a evolução da área construída, do consumo de energia e os respectivos custos, se percebe na Tabela 1 uma forte ampliação do parque construído em 2006, porém com a redução de consumo (-7,20%) e de custos (-31,27%) devido a diferenciação das faixas de contrato com a concessionária e da instalação de geração própria para suprir as horas-pico.

Tabela 1. Análise anual do parque construído da universidade, consumo de energia e custos.

UPF	Área construída (m ²)	Consumo (kWh)	Custo (mil R\$)	Consumo (kWh/m ²)
2004	88.987,99	3.914.408	1.557,56	43,99
2005	90.735,15	3.981.060	1.912,87	43,88
Acréscimo 2005/2004 (%)	1,96	1,70	22,81	-0,26
2006	99.071,34	3.694.457	1.314,78	37,29
Acréscimo 2006/2005 (%)	9,19	-7,20	-31,27	-15,01
2007	99.147,84	4.421.650	1.439,72	44,60
Acréscimo 2007/2006 (%)	0,08	19,68	9,50	19,59
2008	103.293,84	4.422.510	1.384,08	42,81
Acréscimo 2008/2007 (%)	4,18	0,02	-3,86	-4,00
2009	108.104,47	5.490.587	2.214,30	50,79
Acréscimo 2009/2008 (%)	4,66	24,15	59,98	18,63
2010	109.675,21	5.639.818	2.131,39	51,42
Acréscimo 2010/2009 (%)	1,45	2,72	-3,74	1,25
2011	109.457,87	5.911.441	2.414,65	54,01
Acréscimo 2011/2010 (%)	-0,20	4,82	13,29	5,02
2012	109.909,61	4.275.696	1.496,60	38,90
Acréscimo 2012/2011 (%)	0,41	-27,67	-38,02	-27,97

Para os períodos seguintes cabe salientar o aumento no consumo de 51,02% entre 2011 e 2004, com o correspondente aumento de custos de aproximadamente 55% (também devido ao aumento das tarifas). Este aumento, principalmente a partir de 2009, se deve à demanda pela instalação de equipamentos de ar condicionado e informatização das atividades acadêmicas. Neste sentido, a comparação da relação entre o consumo energético e a superfície

construída passou de 43,99k Wh/m² em 2004 para 53,33 kWh/m² em 2011, ou seja, equivalente a 21,24%.

3.2 Avaliação do desempenho térmico

Na primeira etapa do trabalho foram compiladas as informações referentes às instalações de iluminação e equipamentos como computadores e sistemas de condicionamento.

Tendo em vista as características construtivas, obteve-se os seguintes resultados para as propriedades térmicas dos edifícios com relação à transmitância térmica (U): G1 - cobertura com $U=2,222$ W/m²K e paredes externas com $U=1,242$ W/m²K. E edifício L1 –cobertura $U=0,934$ W/m²K e paredes externas $U=1,134$ W/m²K.

Comparadas com as prescrições da NBR 15.575 (ABNT 2008), os coeficientes U das paredes externas estão abaixo dos 2,5 W/m²K indicados para a Zona Bioclimática 2 (ZB2).

3.1 Avaliação das condições de conforto

Para permitir uma análise geral dos resultados foi aplicado o programa Design Builder, no qual é apresentada a simulação das condições ambientais interna e externas do edifício como um todo, fazendo uma relação direta com as condições de conforto dos usuários.

As horas de desconforto para os usuários com vestimenta para verão apontou 2.033,41 horas anuais para o edifício G1 e 2.538,09 horas para o L1, por outro lado, para as situações com vestimenta de inverno foram 1.952,71 horas para o G1 enquanto que para o L1 2.294,58 horas. No somatório para todas as situações, o resultado anual é de 1.663,50 horas de desconforto para o edifício G1 e para o L1 um pouco mais abaixo, 1.470,97 horas anuais, equivalente a 18,99% e 16,79% das 8.760 horas possíveis.

A predominância das sensações de

desconforto demonstram que as condições da envoltória e das instalações até o momento não garantem a satisfação das necessidades dos usuários.

3.1 Diretrizes

A pesquisa nesta etapa final apresenta alguns resultados que permitem definir diretrizes para a qualificação, e consequentemente, no aumento da eco eficiência do parque construído da UPF, tanto dos edifícios existentes como os de nova construção:

- análise da vida útil das edificações e aplicação de princípios de construção sustentável;
- revisão dos parâmetros construtivos para as novas construções, com a utilização de envoltória com massa térmica adequada e isolamento de pontes térmicas;
- adoção de critérios para a definição de orientação solar adequada às restrições de habitabilidade dos diferentes setores de programação arquitetônica, como laboratórios e salas de aula;
- programas de retrofitting, com a implementação de melhores condições de conforto térmico, que correspondam às complexas condições climáticas locais (quente e úmido no verão e frio e úmido no inverno);
- uso de estratégias passivas de resfriamento e aquecimento, indicadas para as características climáticas locais, representadas na Carta Psicrométrica, a qual a partir da relação entre umidade relativa e temperatura de cada uma das 8.760 horas do ano, apresenta as estratégias cabíveis para a obtenção de condições de conforto nas edificações: cabe ressaltar que apenas 10,1% das horas do ano registram situação de conforto;
- implementação de ventilação natural cruzada ou de sistemas de ventilação mecânica (quando imprescindível de acordo com os usos), de acordo com as prescrições da Carta Psicrométrica;

- adoção de desenho de esquadrias com proteção solar externa com a garantia de efetiva redução de ganhos solares aliado às estratégias de aquecimento passivo;
- aumento do uso eficiente dos recursos naturais e a diminuição dos impactos ambientais associados.

Contudo, os resultados devem ser analisados considerando-se todos os fatores que apresentam influência no desempenho térmico e energético, especialmente quanto ao uso e ocupação dos espaços e ao rendimento de equipamentos, tanto para iluminação, condicionamento ou equipamentos diversos, que fazem parte do escopo da pesquisa em desenvolvimento.

Agradecimentos

À Universidade de Passo Fundo e ao CNPq pela colaboração e apoio para a realização da pesquisa.

2. REFERÊNCIAS

BRANDLI, L. et al. **Improving the environmental work at University of Passo Fundo, Brazil - towards an Environmental Mangement System.** BJO&PM, v. 8, n. 1, p. 31-54, 2011.

BCSD PORTUGAL. **Eficiência energética em edifícios: realidades empresariais e oportunidades.** BCSD, 2007. Disponível em: <<http://www.bcsdportugal.org/eco-eficiencia/102.htm>>.

LÓPEZ PLAZAS, F. **Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energia en la edificación.** Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura, Departament de Construccions Arquitectòniques. Barcelona: UPC, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa identificou que os padrões construtivos adotados no planejamento do parque construído da Universidade de Passo Fundo apresentam dificuldades em atender aos critérios de eco eficiência e da qualidade ambiental, no que se refere em promover condições adequadas para o desenvolvimento das atividades acadêmicas, ao mesmo tempo em que promova o uso eficiente dos recursos energéticos.

Os resultados indicam uma série de diretrizes para a melhoria da eco eficiência dos edifícios existentes, através de medidas como a melhoria do isolamento térmico para atender às condições climáticas locais, como medida de curto prazo, a instalação de protetores solares no edifício para reduzir os ganhos solares na orientação Norte, especialmente devido sua tipologia linear Leste-Oeste.

Estes mesmos resultados indicam a necessidade de aplicação de critérios para evitar que o contínuo aumento das demandas, representados pelo indicador de consumo energético e área construída (kWh/ano/m²), continuem sem atender as reais necessidades dos usuários, e que sejam funcionais com condições de habitabilidade.

Os critérios quando partirem de uma metodologia reflexiva a partir da eco eficiência permitirão estabelecer um Programa de Eco eficiência na Universidade de Passo Fundo, para ajudar nos processos de tomadas de decisões durante a vida útil dos edifícios, tanto do parque existente como para as novas construções. Igualmente esta metodologia pode ser utilizada em outras instituições similares, desde que adequada cada contexto específico.

Finalmente o objetivo de discutir estes temas reforça o papel das universidades frente à educação para a sustentabilidade, incluindo-a também em todas as suas ações administrativas, tornando-se um exemplo prático para seus alunos e para toda a comunidade acadêmica e externa.