

ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS PARA AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DO CAMPUS DA UNB.

Cláudia David Naves Amorim⁽¹⁾; Renata Albuquerque Maciel⁽²⁾; Caio Frederico e Silva⁽³⁾ Adriano Felipe Oliveira Lopes⁽⁴⁾; Hanna Samara Duarte Saatkamp Nérís⁽⁵⁾; Izabela Brettas Baptista⁽⁶⁾

- (1) Departamento de Tecnologia – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: clamorim@unb.br
(2) Mestranda em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: renatafau@gmail.com
(3) Doutorando em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: caiofreds@gmail.com
(4) Graduando em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: adrianofcoribe@gmail.com
(5) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: hannasamara@yahoo.com.br
(6) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: izabela.brettas@gmail.com

Resumo

A qualificação ambiental do espaço construído tem um sido tema recorrente em pesquisas acadêmicas e está diretamente relacionada com a diminuição dos impactos ambientais. Nesse sentido, foi elaborado no âmbito do Grupo de Edificações Sustentáveis da Agenda Ambiental da Universidade de Brasília, o projeto “Avaliação de Eficiência da Envoltória dos edifícios do Campus Universitário Darcy Ribeiro” com o objetivo de avaliar o nível de eficiência de edifícios daquele Campus, em Brasília, considerando inicialmente a envoltória. Para dar início à pesquisa, foram escolhidas duas edificações, o Instituto de Química e a Casa do Professor, por utilizarem em sua concepção técnicas bioclimáticas simples para promover o conforto ambiental e eficiência energética. Dentre as metodologias existentes capazes de determinar tal eficiência, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), cujo produto é a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), mostrou-se o mais adequado por apresentar requisitos relativos à eficiência da envoltória e dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, levando em consideração as características específicas de cada zona bioclimática no território brasileiro. Dessa forma, foram levantados os dados para obtenção do Indicador de Consumo (IC) de ambos os edifícios para obtenção da ENCE Parcial da envoltória. Devido à complexidade arquitetônica dos edifícios, também foi realizada a etiquetagem pelo método de simulação utilizando-se o software DesignBuilder para que fosse possível precisar o nível de eficiência dos edifícios e sugerir propostas, através de alterações no modelo real, para melhoria da etiqueta obtida. A partir desta metodologia, serão avaliados outros edifícios do Campus, com o objetivo de elaborar um diagnóstico que servirá para traçar diretrizes para melhoria dos edifícios existentes e novos. Conclui-se que o uso dessa metodologia, especialmente utilizando a simulação computacional, pode contribuir significativamente para avaliar o potencial de melhorias quanto ao conforto ambiental e consumo energético desses edifícios.

Palavras-chave: Eficiência energética, Universidade de Brasília, RTQ-C, Envoltória.

Abstract: *The qualification of the built environment has been a recurring theme in academic research and is directly related to the reduction of environmental impacts. In this sense, was elaborated in “Sustainable Buildings Group of Agenda Ambiental” at University of Brasília,*

the project "Evaluation of buildings envelopment efficiency of Campus Darcy Ribeiro" in order to assess its buildings efficiency level. To initiate the search, were selected two buildings, the Institute of Chemistry and the Teacher's House, because they used in their design simple bioclimatic techniques in an effort to promote environmental comfort. Among the existing methodologies able to determine this efficiency, the Brazilian Labeling Program (PBE), whose product is the National Label of Energy Conservation (ENCE), was best suited to present requirements on the envelope's efficiency. lighting and air conditioning systems, taking into account the specific characteristics of each bioclimatic zone in Brazil. Thus, data were presented for obtaining Consumption Indicator (CI) of both buildings to obtain Partial ENCE of the envelope. Due to the complexity of architectural buildings, labeling was also performed by the method of simulation using the software DesignBuilder to make it possible to specify the level of efficiency in buildings and to suggest proposals, through changes in the real model for improving the label obtained. From this methodology will be assessed other buildings on campus to develop a diagnosis that will serve to set guidelines for improving existing and new buildings. It is concluded that the use of simulation significantly adds to the potential for improvements in the energy consumption of buildings.

Keywords: Energy Efficiency, University of Brasilia, RTQ-C, envelopment.

1. INTRODUÇÃO

Com o intuito de integrar as atividades universitárias para uma gestão coletiva criou-se na Universidade de Brasília uma Agenda Ambiental, onde foi implementado o Grupo Técnico de Edificações Sustentáveis, que propõe avaliar a eficiência energética e conforto ambiental dos edifícios do Campus Darcy Ribeiro (AMORIM, 2011). Para essa avaliação, utiliza-se a metodologia do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (INMETRO, 2009). O regulamento especifica requisitos técnicos e métodos para classificação de edifícios quanto à eficiência energética. O resultado é a emissão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), obtida a partir da avaliação de três sistemas: envoltória (obrigatória), sistema de iluminação artificial e condicionamento de ar (opcionais). Os sistemas recebem etiqueta do nível de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Também é possível receber uma pontuação extra na classificação geral através de bonificações, que consistem em recursos que comprovem redução de consumo energético ou de água da edificação, tais como racionalização do uso da água, fontes renováveis de energia, sistemas de cogeração e inovações técnicas.

Um primeiro conjunto de edifícios a serem avaliados foi definido, composto por seis edificações selecionadas por terem utilizado em sua concepção algumas estratégias bioclimáticas, como o uso de proteções solares, pátios internos e outras, na tentativa de promover o conforto ambiental e eficiência energética do edifício. Para este trabalho, foram avaliados através do método de etiquetagem os sistemas de envoltória de dois destes edifícios selecionados, a Casa do Professor e o Instituto de Química. Pretende-se, após estas avaliações, alcançar um diagnóstico e traçar diretrizes para o projeto de novas edificações e melhoria da eficiência dos edifícios já existentes.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência energética da Casa do Professor e do Instituto de Química, situados no Campus Universitário Darcy Ribeiro, através da coleta de dados para a etiquetagem de eficiência energética da envoltória de ambos, o que posteriormente junto com a análise de outros edifícios, poderá gerar um quadro de diretrizes para o projeto de

reabilitação das existentes e novas edificações, o que vai ao encontro do o papel da universidade de ser referência em produção.

3. DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE ESTUDO

As características gerais dos edifícios avaliados foram sistematizadas na tabela 1, a seguir:



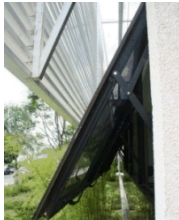
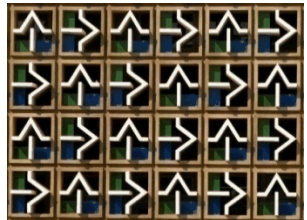
Nome do Projeto:	Casa do Professor	Instituto de Química
Arquiteto(s):	Raimundo Nonato Veloso	Aleixo Sousa Furtado e Marcílio e Mendes Ferreira
Tipologia:	Institucional/ escritórios	Educacional
Programa básico:	Três blocos separados por um corredor contendo, restaurante, sala de reuniões, espaço multiuso, banheiros, almoxarifado, presidência, secretaria, assessoria, arquivos e copa.	Programa composto basicamente por laboratórios, salas de aula, sala de professores e auditório, distribuídos em dois blocos paralelos laminares, separados por um pátio interno.
Imagem do Edifício:		
Estratégia bioclimática adotada:	Edifício pouco profundo, brises nas fachadas	Pátio interno e Cobogós nas fachadas
		

Tabela 1- Características dos edifícios avaliados

4. MÉTODO

A obtenção da etiqueta se dá com o cumprimento de requisitos responsáveis por determinar o desempenho da envoltória e dos sistemas de condicionamento de ar e iluminação segundo o RTQ-C. A etiquetagem da envoltória, que será utilizada para avaliação dos edifícios em questão, considera as peculiaridades de cada zona bioclimática do território brasileiro apresentadas no regulamento.

A envoltória caracteriza-se pelos planos verticais (paredes, divisórias, esquadrias, etc.) e horizontais (coberturas e pisos) que vedam a edificação e realizam trocas térmicas com o exterior. Para o cálculo e avaliação de sua etiqueta são apresentados dois métodos: prescritivo e simulação computacional. O primeiro determina o nível de eficiência através do Indicador de Consumo (IC) e estabelece alguns pré-requisitos para o edifício avaliado para cada nível de eficiência. O segundo determina este nível ao comparar dois modelos desenvolvidos em um programa para análise do consumo de energia em edifícios, devendo o *software* e o arquivo climático obedecerem a uma série de pré-requisitos estabelecidos pelo regulamento.

O processo de obtenção da ENCE parcial da envoltória é subdividido em: levantamento de dados necessários para aplicação na equação de cálculo do IC; cálculo das propriedades

térmicas (absortância e transmitância) para avaliar os pré-requisitos; e a modelagem de dois modelos utilizando o DesignBuilder. A ser detalhada cada etapa a seguir.

4.1. Método Prescritivo

O método prescritivo inclui parâmetros pré-definidos ou a calcular, que indicam a eficiência do sistema, sendo aplicável à grande maioria de tipologias construídas atualmente no país (CARLO & LAMBERTS). Com o objetivo de gerar um IC, faz-se o cálculo pela ponderação de variáveis relativas à envoltória, no caso de obtenção de ENCE parcial (situação presente).

4.1.1. Levantamento de dados para cálculo do Indicador de Consumo

Após fornecidos os arquivos digitais pelo Centro de Planejamento Oscar Niemeyer (CEPLAN), responsável pelos projetos, foi possível extrair os dados relativos à morfologia arquitetônica dos edifícios. Também foram realizadas visitas técnicas para o levantamento de informações ausentes ou imprecisas nestes arquivos.

Os dados extraídos constam na tabela 2, que contém os valores referentes às variáveis necessárias à aplicação na fórmula de obtenção do IC. Para maior precisão aos resultados, um conjunto de planilhas foi elaborado, facilitando a compatibilização entre os valores.

MORFOLOGIA	Parâmetros	Casa do Professor	Instituto de Química
	Área de Projeção da Cobertura – Apcob	304,22 m ²	3369,15 m ²
	Área de Projeção do Edifício – Ape	298,9 m ²	3220,20 m ²
	Área Total de Piso – Atot	556,38 m ²	6416,95 m ²
	Área da Envoltória – Aenv	1.220,65 m ²	10437,24 m ²
	Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS	0*	10,46°
	Ângulo Horizontal de Sombreamento – AHS	0*	15,92°
	Percentual de Abertura das Fachadas – PAFT	15%	10 %
	Volume Total – Vtot	1887,16 m ³	27377,47 m ³
	Fator Solar dos Vidros – FS	0,88	0,88
	*Relativos aos elementos de proteção horizontais e verticais cujo modelo não é compatível com os exemplos descritos no regulamento.		

Tabela 2 - Variáveis para o cálculo do Indicador de Consumo (IC).

4.1.2. Especificidades dos projetos não abordadas no Regulamento

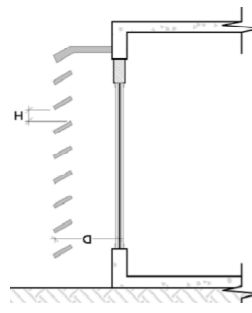
Algumas especificidades dos projetos foram de difícil enquadramento no método prescritivo do Regulamento. Os sistemas de proteção solar adotados, de brises horizontais na Casa do Professor e cobogós no Instituto de Química, não se mostraram compatíveis com a exemplificação encontrada no regulamento sobre o modo como devem ser avaliados os ângulos de sombreamento para os sistemas de proteção solar paralelos à fachada (Figura 2).



Casa do Professor - Brise metálico de haletas paralelas



Instituto de Química – Cobogós afastados do plano de fachada.



Exemplo abordado no regulamento - Sistema de proteção solar paralela à fachada com parte superior fechada.

Figura 1 - Comparação entre os sistemas de proteções solares adotados nos projetos e o exemplo do RTQ-C.

A incompatibilidade reside no fato de não haver fechamento superior tanto nos brises, em toda extensão da fachada leste da Casa do Professor, quanto nos cobogós, dispostos no perímetro da envoltória leste e oeste do Instituto de Química. Dessa forma os sistemas de proteção solar foram considerados para redução no percentual de abertura da fachada (PAFT). No caso da Casa do Professor o PAFT passou de 19% para 13% e no Instituto de Química de 11% para 9,6%, somente para a composição do método prescritivo.

4.1.3. Cálculo das Propriedades Térmicas

O regulamento exige, para precisar o nível de eficiência da envoltória obtido através do IC, o atendimento a alguns pré-requisitos referentes às propriedades térmicas de cada edifício avaliado – absorptância e transmitância térmica. Em virtude da determinação destes valores para cada nível de eficiência, foi necessária a realização dos cálculos referentes à absorptância, transmitância térmica e também de porcentagem de iluminação zenital (PAZ).

Para o cálculo da absorptância, foi utilizado o aparelho portátil espectômetro ALTA-II, que mede as refletâncias correspondentes a radiações em 11 diferentes comprimentos de onda, entre 470 nm e 940 nm. Estes valores, inseridos em padrões matemáticos, possibilitam a determinação da porcentagem que cada amostra reflete, com base em uma amostra de referência, de modo a obter-se um valor final de absorptância. Foram levantados *in situ* os dados necessários para cômputo dos valores de absorptância totais de cada edifício, que dependem da obtenção dos valores parciais referentes a cada tipo de superfície, tendo sido extraídos nove tipos no Instituto de Química e apenas um tipo na Casa do Professor. Com relação ao cálculo da transmitância térmica foram adotados padrões de composição de parede e cobertura por conta da indisponibilidade de detalhes que especificassem estas informações nos arquivos fornecidos.

4.2. Método de Simulação

Utilizou-se a simulação termo-energética com o objetivo de verificar e validar a etiqueta obtida através do método prescritivo que, como descrito, não contempla todas as particularidades do projeto destes edifícios. Foi utilizado para as simulações o programa DesignBuilder (versão 3.0.064), por atender às exigências específicas descritas no regulamento, referentes ao programa de simulação. Tendo em sua plataforma de cálculo o mesmo algoritmo do EnergyPlus, mas com uma interface gráfica mais acessível a usuários arquitetos, permite maior precisão tanto em relação à modelagem como aos resultados gerados, sendo os dados referentes aos gastos energéticos totais em kWh, relevantes à determinação do nível de eficiência dos edifícios. A tabela 3 apresenta os dados relativos à configuração dos modelos reais, inclusive sua visualização tridimensional no programa.

		Casa do Professor	Instituto de Química
Template:		Office Typical	Uni_Classroom
Densidade		0,0538 pessoas/m ²	0,2 pessoas/m ²
Equipamentos		9 W/m ²	5 W/m ²
Controle Ambiental	Heating Setpoint Temperatures	21,1°C	20°C
	Heating Setpoint Back	12,8°C	14°C
	Cooling Setpoint Temperatures	23,9°C	23°C
	Cooling	28°C	28°C

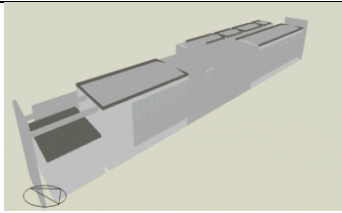
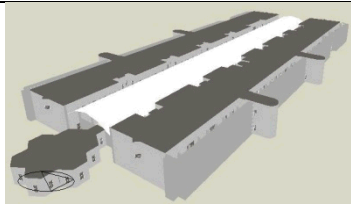
	Setpoint Back		
Iluminação		25 W/m ²	25 W/m ²
Percentual de Abertura		19%	11%
Modelo real (imagem gerada pelo programa)			
Observações:	1) Os cobogós foram simplificados em virtude dos erros gerados pelo software quando modelados idênticos aos presentes no edifício construído, mantendo os ângulos de sombreamento existentes; 2) Os edifícios foram modelados e configurados no <i>software</i> de modo que as propriedades térmicas alcançassem o maior nível de precisão possível estando em acordo com o banco de dados.		

Tabela 3 – Configuração dos modelos no software

5. RESULTADOS

5.1. ENCE parcial da envoltória

Com o método prescritivo, o edifício da Casa do Professor apresentou um IC de 77,87 (valor adimensional) que conforme a tabela 04 encontra-se no intervalo de eficiência que indica sua etiqueta como “B”. Já o Instituto de Química obteve nível máximo de eficiência, já que seu valor de IC foi de 235,79, abaixo do limite mínimo para etiqueta “A”.

	Intervalos dos níveis de eficiência									
	Instituto de Química					Casa do Professor				
Eficiência	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Lim. máx.	-	273,08	325,19	377,31	429,43	-	77,63	78,02	78,41	78,80
Lim. mín.	273,07	325,18	377,30	429,42	-	77,62	78,01	78,40	78,79	-

Tabela 4 - Níveis de eficiência energética dos edifícios.

5.2. Consumos anuais dos modelos real e de referência

Para obtenção da etiqueta através do método de simulação, o RTQ-C determina que devem ser comparados dois modelos, um real e um de referência. No caso do edifício da Casa do Professor, os valores de consumo anual obtidos relativos ao modelo real e de referência foram respectivamente **179,06 MWh** e **70,4 MWh**. Segundo o RTQ-C (INMETRO, 2009) deve-se demonstrar que o consumo de energia do projeto proposto é igual ou menor do que o consumo do edifício de referência. Dessa forma, a etiqueta “B” permanece, pois o edifício não alcançou o desempenho necessário para obter a etiqueta “A”. Já no caso do Instituto de Química, o qual obteve a etiqueta “A” no modelo prescritivo, o modelo de referência foi utilizado para a validação da etiqueta da envoltória, através da comparação entre o consumo anual do edifício real que foi de **1194,33 MWh** e o consumo do modelo de referência - sem a aplicação de elementos de proteção solar - que foi de **1.251,05 MWh**. A figura 3 apresenta a comparação gráfica dos edifícios, através de gráficos de linha, dos consumos mensais entre os dois modelos realizados até então para ambas as edificações.

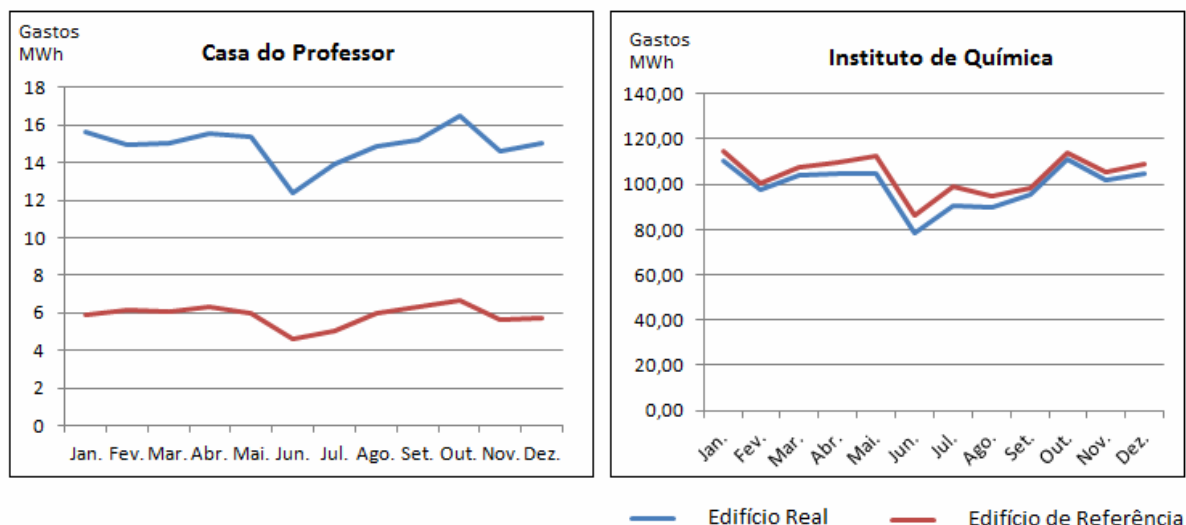


Figura 3 – Comparação entre consumos

6. CONCLUSÃO

O método prescritivo tem se mostrado uma ferramenta eficaz para o estudo de propostas e análise de projeto em termos de desempenho energético. No entanto tem apresentado algumas limitações na avaliação de elementos específicos, como, por exemplo, a falta de abordagem de referências que pudessem avaliar por este método os cobogós do Instituto de Química, e os brises e empenas da Casa do Professor, ou demais tipos de proteção solar mais complexos.

O método de simulação serviu para avaliar as especificidades dos edifícios, ratificando com uma análise mais detalhada, as Etiquetas identificadas pelo método prescritivo. Pode-se inferir, portanto, que para estes edifícios as simplificações não promoveram alterações que viessem modificar os resultados. Entretanto, a simulação apresentou-se indispensável para obtenção de resultados mais apurados.

Finalmente, o regulamento mostrou-se adequado para a análise e futuro mapeamento da eficiência energética das edificações do campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. Dessa forma pode-se utilizá-lo como ferramenta útil à elaboração de diretrizes de projeto para novos edifícios e reabilitação de edifícios existentes, cumprindo com o propósito de avaliação proposto pelo Grupo de Edificações da Agenda Ambiental da Universidade de Brasília.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. NBR 15220-3. (2005). **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social.** Rio de Janeiro.

AMORIM, C.N.D. (2011) **Eficiência energética em edificações: ações e perspectivas para a Universidade de Brasília.** In: CATALÃO, V.; LAYARGUES, P.; ZANETI, I (org.) Universidade para o Século XXI. Educação e gestão ambiental na Universidade de Brasília. Editora UnB, Brasília.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-2. (2005). **Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro.

CARLO, J., LAMBERTS, R. (2010). Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios. **Ambiente Construído**, São Paulo (v.10) n.2, p. 7-26, 27-40.

INMETRO. Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (2009).

AGRADECIMENTOS

À Eletrobrás e à FUNPEC pelas bolsas de DTI e ITI, sem as quais não teria sido possível a elaboração da pesquisa entre agosto de 2011 e junho de 2012.