



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO EM TERMOS DA CLASSIFICAÇÃO JUNTO AO RTQ-C: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DAS SALAS DE AULA DO 3º ANDAR DA ESCOLA DE ARQUITETURA DA UFMG

Renata Pietra Papa (1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2)

(1) Bolsista DTI – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído – Universidade Federal de Minas Gerais – e-mail: renatapietra@gmail.com

(2) Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído -
Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo – Escola de Arquitetura –
Universidade Federal de Minas Gerais – e-mail: robertavgs2@gmail.com

RESUMO

O Governo Brasileiro lançou em 2009 o RTQ-C Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Tal regulamento visa classificar o desempenho termo-energético da edificação levando em consideração sua envoltória, iluminação e sistema de ar condicionado. O regulamento prevê que para ambientes condicionados naturalmente, deve ser usada a simulação computacional para determinação das horas de conforto durante o período de ocupação. Este trabalho busca verificar, então, o desempenho térmico das salas de aula do 3º andar do prédio da Escola de Arquitetura da UFMG. Tal objeto de estudo está inserido em uma edificação modernista da década de 30, com características construtivas próprias, sendo a maior área de fachada orientada para leste-oeste. Para efeito de análise e simulação, foram considerados os materiais de construção, a orientação da implantação, as aberturas, o sistema de iluminação e a ocupação das salas de aula. De posse do resultado obtido, pôde-se analisar o desempenho da área estudada em termos de classificação do RTQ-C.

Palavras chave: salas de aula, desempenho térmico, simulação computacional, RTQ-C.

1 INTRODUÇÃO

A recente crise energética mundial despertou uma preocupação generalizada com relação às questões que vão desde o nível de geração, transmissão até o consumo final de energia. Ao mesmo tempo, organizações políticas e civis vêm desenvolvendo um papel significativo na busca pela sustentabilidade, não só disseminando informações, incentivando o desenvolvimento de pesquisas, mas também implementando leis de redução do consumo energético.

As edificações são grandes responsáveis por parte expressiva deste consumo de energia. Neste aspecto, a atuação do projetista (engenheiro, arquiteto) é bastante significativa. O conhecimento de critérios de eficiência energética em edificações e suas aplicações ainda ao nível do projeto podem reduzir significativamente o consumo final de energia.

No Brasil, 44,7% da energia utilizada se destinada às edificações residenciais, comerciais e públicas. Deste total 22,1% destinam-se às edificações residenciais e 22,6% às comerciais e públicas. Nestas últimas a média de consumo por uso deve-se à iluminação artificial 44%, ar condicionado 20% e equipamentos 36% (BEN, 2009).

Considerando tal panorama, em 08 junho de 2009 o Governo Brasileiro lançou o RTQ-C Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos através da Portaria nº 163. Tal regulamento visa classificar o desempenho termo-energético da edificação levando em consideração sua envoltória, iluminação e sistema de ar condicionado (BRASIL, 2009).

Inserido neste contexto, este trabalho verifica, em termos de classificação do RTQ-C, o desempenho térmico da envoltória das salas de aula do 3º andar do prédio da Escola de Arquitetura da UFMG. Para isso foi adotado o método da simulação computacional onde foram consideradas as características construtivas, a orientação, a implantação, as aberturas, o sistema de iluminação e a ocupação do local.

A seguir são apresentadas, de forma resumida, as diretrizes do RTQ-C com destaque para a metodologia de simulação computacional determinada pelo regulamento. É feita também uma revisão bibliográfica relacionada aos parâmetros de horas de conforto no ambiente construído. Em seguida é apresentada a metodologia, os resultados e análises. A conclusão final faz as considerações desta pesquisa.

1.1 RTQ-C

O RTQ-C Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviço e Públicos, 2009 especifica requisitos técnicos e métodos para classificação de edificações quanto ao nível de eficiência energética. Esta certificação pode ser atribuída tanto a edificações existentes quanto a projeto de novas edificações.

Na fase inicial a certificação é de caráter voluntário e passará a ser obrigatória em um prazo a ser definido. Tal regulamento é aplicado a edificações com área útil superior a 500,00 m² e/ou tensão de abastecimento de 2,3kV, podendo ser os edifícios condicionados artificialmente, parcialmente condicionados ou não condicionados.

A classificação da edificação deve atender aos requisitos relativos ao desempenho da envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Para todos os requisitos existe um nível de eficiência que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Partes do edifício também podem ser classificadas separadamente quanto ao nível de eficiência, recebendo assim a classificação parcial. Apenas no quesito envoltória, o nível de eficiência deve ser obtido para toda a edificação. Já o sistema de iluminação e o condicionamento de ar podem ser estabelecidos para um pavimento ou um conjunto de salas.

Existem dois métodos de classificação do nível de eficiência energética: o método prescritivo onde se aplica uma equação válida para edifícios condicionados ou não, e o método de simulação, onde é feita a avaliação do desempenho termo-energético dos edifícios, também aplicável a edificações ventiladas natural ou artificialmente. O método prescritivo não dispensa a simulação computacional, sendo esta necessária para obtenção de um equivalente numérico para a ventilação natural, que deverá ser lançada na equação de classificação final da edificação.

Para a obtenção da classificação geral do edifício, efetua-se um cálculo, inserindo na equação final os valores dos seguintes requisitos com os respectivos pesos:

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + 0,30 \cdot (EqNumDPI) + 0,40 \cdot \left\{ \left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b \cdot \frac{1}{0} \quad (eq.1)$$

EqNumEnv - equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI - equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;

EqNumCA - equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV - equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;

APT - área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC - área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada;

AC - área de piso dos ambientes condicionados;

AU - área útil;

b - pontuação obtida pelas bonificações, que varia de 0 (zero) a 1 (um).

O valor obtido no resultado da equação classificará a edificação. Além da pontuação geral, a edificação pode obter bonificações a partir de iniciativas comprovadas que justifiquem a economia, como por exemplo, o uso racional de água, a instalação de sistemas renováveis de energia (ex. aquecimento solar de água) e nas inovações técnicas que comprovem o aumento de eficiência energética na edificação.

O escopo deste trabalho envolve a determinação das horas de conforto no período de ocupação de uma edificação ventilada naturalmente. Desta forma deve-se destacar que segundo o RTQ-C, nos edifícios não condicionados artificialmente é obrigatória a comprovação, por simulação, de que o ambiente interno encontra-se com a temperatura dentro da zona de conforto durante um percentual de horas de ocupadas.

1.1.1 Simulação

Assim como no método prescritivo, o RTQ-C determina alguns pré-requisitos para execução da simulação. Estes pré-requisitos são relativos ao programa computacional e ao arquivo climático adotado.

Além de ser validado pela ASHRAE Standard 140, o programa computacional adotado deve: permitir a análise do consumo de energia do edifício, modelar a inércia térmica da edificação em 8760 horas por ano e permitir a variação da ocupação, potência de iluminação, equipamentos e sistema de condicionamento, separados para cada dia da semana e feriados. O programa computacional deve ter capacidade de modelar várias zonas térmicas e simular estratégias bioclimáticas adotadas no projeto. O programa deve ainda permitir modelar todos os sistemas de condicionamento de ar listados na ASHRAE 90.1 bem como determinar a capacidade solicitada, produzindo um relatório final de energia.

Já o arquivo climático utilizado na simulação deve possuir no mínimo todos os parâmetros relevantes à simulação como temperatura, umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar. Os dados climáticos devem representar a Zona Bioclimática onde a edificação está inserida e caso o projeto esteja localizado em região que não possua arquivo climático, deve-se utilizar o arquivo climático da

região mais próxima. O arquivo climático deve ser aprovado pelo *U.S. DOE* Departamento de Eficiência Energética e Energias Sustentáveis dos Estados Unidos da América ou por um laboratório de referência.

No processo de simulação, o RTQ-C determina dois procedimentos distintos: um para edifícios condicionados artificialmente e outro para edifícios não condicionados. O procedimento de simulação para edifícios condicionados deve comparar dois modelos de edifícios: o edifício proposto com suas condições reais e o edifício similar que será uma referência do nível de eficiência pretendido. Neste tipo de edificação a simulação computacional é utilizada para comprovar que parâmetros diferentes dos determinados no RTQ-C podem gerar economia de energia mantendo as condições de conforto no ambiente.

Quando a edificação é naturalmente ventilada ou não condicionada, a simulação deverá ser efetuada para comprovar que nas zonas ocupadas por períodos de longa permanência a temperatura do ar interno encontra-se em condições de conforto. A tabela 1 abaixo indica o equivalente numérico do Percentual de Horas Ocupadas em Conforto (POC).

Tabela 1 - Equivalente numérico para percentual de horas de conforto

Percentual de horas ocupadas em conforto	EqNumV	Classificação Final
POC > 80%	5	A
70% < POC < 80%	4	B
60% < POC < 70%	3	C
50% < POC < 60%	2	D
POC < 50 %	1	E

Com base nos dados da tabela 1, o resultado do POC obtido na simulação será relacionado com seu respectivo equivalente numérico. Este deverá ser inserido na equação geral (eq. 1), para que desta forma, se obtenha a classificação final da edificação.

1.1.2 Parâmetros de conforto

O RTQ-C determina que as horas de conforto adotadas para base de cálculo do POC deve ser baseada na ASHRAE 55 *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (1992) ou na ISO 7730 *Moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort* (1984). A ASHRAE considera, para climas quentes de América do Norte 25°C como a temperatura ótima, podendo variar entre 23 e 27°C, sendo estes valores aplicáveis quando a velocidade do ar for de 0,5m/s e umidade relativa ficarem entre 30 e 70% (FROTA, 2003).

Tanto a ASHRAE 55, 1992 quanto a ISO 7730, 1984 adotam as pesquisas de Fanger como recomendação para se estimar as horas de conforto no ambiente construído. O método de Fanger combina uma série de variáveis como temperatura radiante média, velocidade do ar, umidade relativa, temperatura do ar, atividade física e vestimenta. Por meio de uma análise qualitativa determina-se o PMV (Voto Médio Predito) que traduz a sensação humana em relação ao frio e ao calor. O PMV consiste em um valor numérico que varia em uma escala de -3 (mais frio) a +3 (mais quente) sendo que o valor 0 (zero) traduz a sensação de conforto.

A partir do Voto Médio Predito pode-se determinar o PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas), que de acordo com a ISO 7730 deve ser menor que 10%, o que corresponde a uma variação de PMV entre -0,5 e +0,5. Já a ASHRAE 55 (1992) diferencia zonas de conforto para verão e inverno, permitindo um PPD de 20%, sendo este considerado um parâmetro mais apropriado para as condições climáticas tropicais locais.

Em 2004, a ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) definiu um índice de conforto para ambientes internos ventilados naturalmente, adaptando o usuário às

condições climáticas locais, não apenas fisiológicas, mas também psicológicas e comportamentais (padrões de vestimenta e tolerância a variações ambientais). Desta forma determinou-se que o conforto interno é ligado às condições externas médias, de modo a considerar que pessoas em climas mais quentes tendem a aceitar temperaturas mais altas que aquelas que convivem com climas temperados.

Buscando associar a bioclimatologia ao conforto térmico humano, Givoni elaborou em 1969 uma carta bioclimática com base na temperatura interna do edifício e desta forma propôs estratégias construtivas para adequar a edificação às condições climáticas. Assis, 2001 elaborou o diagrama Bioclimático de Givoni e a Tabela de Mahoney para a cidade de Belo Horizonte MG, como pode ser visto no gráfico 1 abaixo.

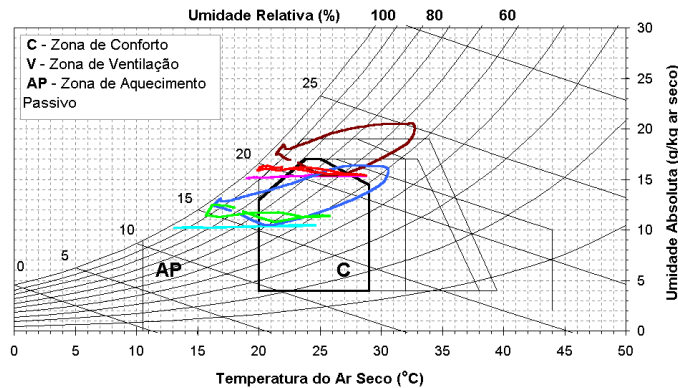


Gráfico 1 - Carta bioclimática da cidade de Belo Horizonte (dados de ASSIS, 2001)

A carta bioclimática demarca a zona de conforto (ver legenda) definida pela temperatura de ar seco inserida no intervalo de 20 e 29°C. Tal parâmetro foi adotado para a determinação das horas de conforto solicitadas pelo RTQ-C.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o desempenho térmico da edificação naturalmente ventilada em termos de classificação do RTQ-C, e desta forma verificar se a simulação é um método que atende às técnicas exigidas na regulamentação.

3 METODOLOGIA

Para a verificação do desempenho térmico das salas de aula do 3º andar do prédio da EA/UFGM desenvolveu-se uma metodologia dividida em três etapas. Na primeira etapa foi feito o levantamento das características do prédio. Na segunda determinou-se o intervalo de temperaturas a ser considerado no cálculo das horas de conforto nos períodos de ocupação e na terceira etapa descreveu-se a simulação computacional do modelo da edificação. Todas estas etapas são detalhadas a seguir:

3.1 Primeira etapa: caracterização da edificação

Nesta etapa é feito todo levantamento da edificação com relação às suas características construtivas, sistema de iluminação e sistema de uso e ocupação.

Localizada na região centro-sul de Belo Horizonte/MG e inserida na Zona Bioclimática 3, a Escola de Arquitetura da UFGM é uma edificação modernista da década de 30, com características construtivas próprias. Por se tratar de uma edificação antiga e com poucos registros do ponto de vista construtivo, seus dados de envoltórias foram obtidos por meio de levantamento *in loco* e entrevistas com antigos funcionários. A figura 1 apresenta a fachada principal da escola de Arquitetura da UFGM.

A figura 2(a) e (b) representa a planta da edificação com destaque para o 3º pavimento da EA/UFGM onde se encontram as salas de aula analisadas. Observa-se que a edificação apresenta a maior área de fachada orientada para leste-oeste. O que caracteriza grandes períodos de insolação.

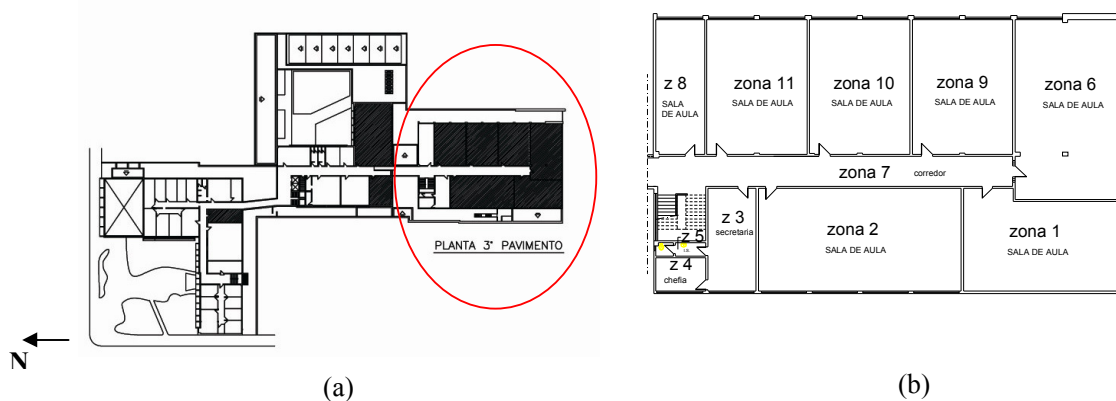


Figura 2 – Escola Arquitetura UFGM (a) planta (b) 3º pavto. salas de aula

O setor estudado é composto de 4 pavimentos que possuem paredes externas de tijolo cerâmico de 09 furos com dimensões de 390x190x190 mm, emassadas com reboco de 25 mm e pintadas na cor marfim. A cobertura é formada por uma camada de telhado de fibrocimento, duas camadas de concreto (150 mm de espessura cada uma) e entre elas uma camada de ar (100 mm). A figura 3 mostra a cobertura do prédio da escola de Arquitetura da UFGM



Figura 3 – Cobertura do prédio da Escola Arquitetura UFGM

As janelas são compostas por vidro simples e esquadria de metalon com 25 mm de espessura, pintadas na cor cinza claro, representando 17% da área da janela. Nas fachadas leste e oeste as janelas têm tamanhos padronizados com medida de 250x180 cm. A figura 4 (a) e (b) mostram as fachadas leste e oeste da ala de sala de aula. Apesar da pintura clara das fachadas laterais, a falta de manutenção ocasionou o escurecimento da mesma, impactando sua absortância.



(a)



(b)

Figura 4 – Escola Arquitetura UFGM: ala de salas de aula (a) fachada leste (b) fachada oeste

Foi feito um levantamento do sistema de iluminação atual das salas de aula e observou-se um sistema deficitário com luminárias inutilizadas e lâmpadas queimadas. Porém, a maior parte do sistema de iluminação é formada por lâmpadas fluorescentes de 40W, em luminárias de sobrepor com quatro lâmpadas, o que representa uma potência instalada total de 184W por luminária. A figura 5 ilustra o modelo de luminária das salas de aulas.



Figura 5 – Luminárias das salas de aula

Existem ainda algumas poucas lâmpadas de 32W, em luminárias para duas lâmpadas com potência instalada total de 65W, entretanto, grande parte das salas de aula atende às especificações mínimas de iluminância de acordo com a NBR 5413.

A ocupação das salas de aula é feita basicamente pela manhã no horário de 7:00 às 12:00 horas e a noite de 19:00 às 22:30. Cada turma comporta no máximo 45 alunos em atividade leve (escrita). No entanto no turno da manhã, muitas turmas são divididas em A e B e as turmas da noite são de 30 alunos pelo que se adotou um valor médio de 30 alunos por sala. A título de simulação foi adotada a ocupação também durante o período da tarde, uma vez que as salas ficarão disponíveis para cursos futuros. As férias escolares são nos meses de dezembro, janeiro e julho por isso foram considerados como períodos de desocupação, assim como nos feriados.

3.2 Segunda etapa: porcentagem das horas ocupadas de conforto

Segundo a ASHRAE 55, 2004 conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. Porém esta satisfação é subjetiva, depende de cada pessoa, o que dificulta a determinação de parâmetros que definam estas condições.

Com base na revisão bibliográfica apresentada no item 1.1 adotou-se como parâmetro para as horas de conforto, o valor da temperatura interna variando entre 18°C e 29°C. Definido este valor, o passo seguinte foi efetuar a simulação computacional.

3.3 Terceira etapa: simulação computacional

A simulação computacional adotada nesta pesquisa segue todos os pré-requisitos determinados pelo RTQ-C. Optou-se pelo *software Design Builder versão 1.9.9.004* por ser um programa de interface amigável, acreditado pela ASHRAE 140-2004 e que possui interface com *Energyplus*.

Tal programa permite construir o modelo do edifício bem caracterizado. Realiza simulações modeladas para multi-zonas térmicas com variação horária de ocupação, potência de iluminação e sistemas de condicionamento de ar. Determina consumos energéticos, potências de climatização, horas de conforto, bem como testa estratégias de otimização energética por meio de simulação paramétrica. A figura 6 apresenta o layout do programa com a edificação estudada e a divisão de suas zonas internas.

O arquivo climático adotado na simulação foi o TMY que apresenta todos os valores horários requeridos tais como temperatura, umidade, direção e velocidade dos ventos e radiação. Tal arquivo encontra-se disponível no banco de dados do *Design Builder*. Nas simulações realizadas considerou-se o cálculo da variação da temperatura externa em função das médias das temperaturas. As taxas de renovação do ar utilizadas foram àquelas calculadas pelo programa. Os períodos simulados corresponderam às horas de ocupação.

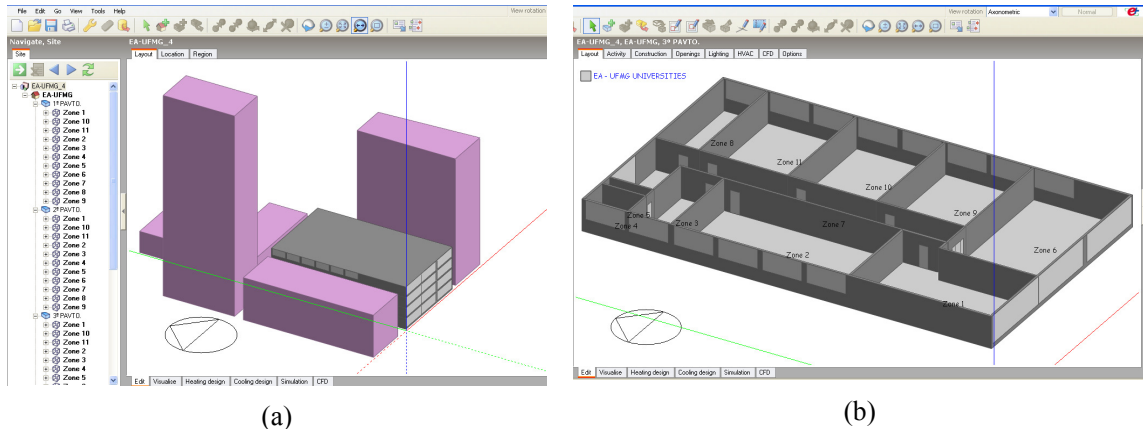


Figura 6 – Prédio da EA/UFGM (a) bloco de salas de aula e seu entorno (b) 3º pavto. e suas partições.

Primeiramente foi feita a geometria da edificação, suas partições internas e seu entorno. Em seguida foram inseridos os dados relativos à atividade, às componentes construtivas, às aberturas e ao sistema de iluminação. Para cada item foi criada uma rotina de uso. Por se tratar de uma edificação ventilada naturalmente, os itens de HVAC e CFD ficaram inativos.

Para efeito do cálculo da determinação das horas de conforto no período de ocupação o principal dado de saída requerido foi a temperatura interna. A simulação foi feita para cada zona e os resultados foram obtidos separadamente. A figura 7 ilustra os gráficos resultados da simulação no programa durante o período de ocupação.

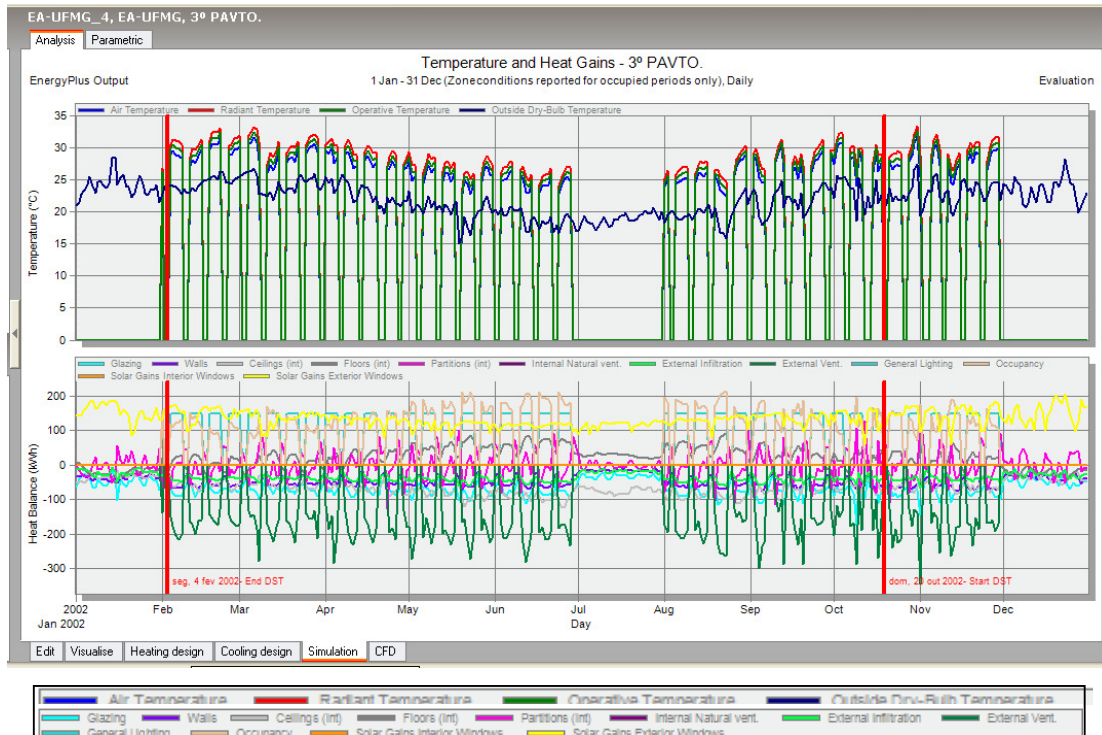


Figura 7 – Gráfico resulta da simulados no Design Builder

De posse destes resultados o passo seguinte foi compilar os dados e determinar o percentual de horas de conforto no período de ocupação das salas de aula do 3ª andar do prédio da Escola de Arquitetura da UFGM.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos do software foram exportados para uma planilha. Por meio de cálculo simplificado, relacionaram-se as horas ocupadas com as respectivas temperaturas internas de cada zona. Os horários que estivessem fora do intervalo de temperatura de conforto (18 e 29°C) foram descartados. A tabela 2 lista as zonas simuladas, o POC (porcentagem de horas ocupadas de conforto) o equivalente numérico para ventilação natural e a classificação final de cada zona, segundo o RTQ-C.

Tabela 2 - Equivalente numérico para as zonas simuladas

Zona Climática	Percentual de conforto em horas ocupadas	EqNumV	Classificação Final
Zona 1	64, 3%	3	C
Zona 2	63, 0%	3	C
Zona 6	61,5%	3	C
Zona 8	63,3%	3	C
Zona 9	67,2%	3	C
Zona 10	66,7%	3	C
Zona 11	61,1%	3	C

As demais zonas não foram calculadas porque não fazem parte do escopo desta pesquisa. São salas com uso destinado à secretaria, sala de chefia, banheiro, corredor e escada.

Ponderando-se o equivalente numérico de cada zona térmica pelas áreas, pode-se determinar que a ala de salas de aula apresenta uma classificação “C” no quesito das porcentagens de hora de ocupação de conforto. Tal resultado é considerado satisfatório para efeito de simulação uma vez que está dentro dos valores esperados.

Veloso et. al, (2009) fizeram um levantamento de todo edifício da EA-UFMG e por meio do método prescritivo do RTQ-C classificam o nível de eficiência da envoltória em “B” e a iluminação em “D”.

O resultado sugere que a média do método prescritivo corroboraria com o resultado da simulação. Porém, para confirmar a aproximação dos dois métodos (simulação e prescritivo) seria necessário confrontar os dados do método prescritivo apenas nas áreas simuladas desta pesquisa, ou seja, levando em consideração os mesmos os mesmo critérios.

5 CONCLUSÕES

Este estudo avaliou o desempenho térmico da edificação naturalmente ventilada em termos de classificação do RTQ-C e verificou, por meio da simulação computacional, a porcentagem de horas de conforto nas salas de aula durante o período de ocupação.

A metodologia adotada para determinação das horas de conforto buscou atender às exigências do Regulamento, apensar de o mesmo não especificar qual procedimento deva ser adotado para o estabelecimento dos limites de temperatura a serem adotados para a análise do POC (percentual de horas ocupadas em conforto). A grande dificuldade neste processo foi obter o parâmetro ideal de conforto da temperatura interna, principalmente por tratar-se de uma variável que se encontra relacionada com outros fatores climáticos (umidade, velocidade do ar, etc.). A aplicação do RTQ-C por meio de simulação comprovou aparentemente, que os resultados condizem com a expectativa de conforto das salas, uma vez que os pesquisadores são usuários das mesmas e atendem às técnicas exigidas na simulação.

Em seu trabalho, relativo à classificação da Escola de Arquitetura da UFMG pelo método prescritivo, Veloso et. al, (2009) propõem medidas de intervenção para diminuir o consumo de energia e melhorar as condições de conforto da edificação. Foram propostos brises para fachada oeste das salas em estudo e adequação para um sistema de iluminação mais eficiente, o que reduziria a carga térmica resultante

deste sistema. Como forma de integração com este trabalho, propõe-se para trabalhos futuros:

- Comparação dos resultados do método prescritivo com o método de simulação na ala de salas de aula da EA/UFGM;
- Comparação dos resultados do método prescritivo com o método de simulação de toda a EA/UFGM;
- Simulação, verificação e análise das propostas de intervenção sugeridas por Veloso et. al., 2009 para o prédio;
- Classificação de toda a edificação a partir do equivalente numérico das zonas ocupada por longos períodos de permanência.

A sistematização do uso da simulação na determinação das horas de conforto da edificação auxiliará significativamente os estudos e projetos arquitetônicos. Tal prática pode trazer resultados que permitam uma análise mais profunda da condição de habitabilidade humana obtida em função de determinações de projeto. Desta forma torna-se possível direcionar propostas de intervenções mais efetivas e que garantam simultaneamente conforto ambiental e eficiência energética em edifícios condicionados naturalmente. Tal é de fundamental importância para o país onde o clima mostra-se ameno em grande parte do território ocupado com possibilidade, durante uma significativa parte do ano, de uso de condicionamento passivo. Em edifícios de uso comercial, de serviços e públicos soluções de condicionamento misto poderiam ser mais largamente adotados a partir do estabelecimento de métodos que permitam garantir condições de conforto com uma adequada confiabilidade.

6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: “Iluminância de Interiores”. Rio de Janeiro, 1992.

ASSIS, E. S. (2001) Método integrado de análise climática para arquitetura aplicado à cidade de Belo Horizonte, MG. In: ENCONTRO NACIONAL de CONFORTO no AMBIENTE CONSTRUÍDO: Anais..., 6o, São Pedro: ANTAC/UNICAMP, CD-ROM, 8 p.

BEN, 2009

FROTA, A. B.; Schiffer, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 6ª edição, Nobel, 2003.

LAMBERTS, R., DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. – **Eficiência Energética na Arquitetura** – PW Editores - São Paulo, SP, 1997.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria INMETRO nº 53. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. 27 de fevereiro de 2009.

Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=1&seq_ato=1424>. Acesso em 05 maio 2010.

VELOSO, A. C. O. et. al. Aplicação do regulamento técnico da qualidade para eficiência energética em Edificações – estudo de caso da Escola de arquitetura – UFGM. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2009, Anais...Natal: ENCAC, 2009

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao PROCEL/ELETOBRAS pelo apoio financeiro e pelo incentivo à pesquisa e disseminação de questões relacionadas ao uso eficiente de energia em edificações.