



XII ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

VIII ELACAC Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

ANÁLISE CRÍTICO-REFLEXIVA DO MÉTODO PRESCRITIVO DO RTQ-C SOB A ÓPTICA DO PROJETO ARQUITETÔNICO

Marcelo Galafassi (1); Fernando Oscar Ruttkay Pereira (2)

(1) Arquiteto, Mestre do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, marcelo@labcon.ufsc.br

(2) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, feco@arq.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Cx Postal 476, Florianópolis-SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721 4974

RESUMO

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) especifica os requisitos técnicos e os métodos para classificação dos edifícios quanto à eficiência energética, criando condições para que estes sejam etiquetados. O arquiteto necessita saber quais das decisões tomadas durante o processo de projeto vão ter um peso maior na equação final do RTQ-C, ou de que maneira pode adequar as decisões do projeto a fim de atingir um nível de eficiência melhor. Este artigo tem como objetivo apresentar uma análise crítico-reflexiva dos parâmetros adotados pelo RTQ-C, analisando o item Envoltória no método prescritivo. Por meio de estudos do regulamento e de uma revisão da literatura acerca de processo de projeto, conforto ambiental e eficiência energética, procurou-se avaliar se as variáveis constantes no regulamento interferem no processo de projeto e podem auxiliar o projetista a conseguir projetos que sejam energeticamente eficientes. O RTQ-C utiliza conceitos que não estão efetivamente presentes na rotina projetual do arquiteto ou geralmente estão presentes de maneira intuitiva. Foram relatadas imprecisões que, de certa forma, apresentam-se como barreiras no processo de compreensão do regulamento. Entretanto, a existência de um regulamento equilibrado pode servir de apoio para as decisões com relação à eficiência energética e facilitar o desenvolvimento do projeto.

Palavras-chave: RTQ-C regulamento etiquetagem, conforto ambiental, eficiência energética, edificações comerciais.

ABSTRACT

The Technical Regulation on the Quality Level of Energy Efficiency of Commercial Buildings, and Public Services (RTQ-C) specifies the technical requirements and methods for classification of buildings for energy efficiency, creating conditions for them to be labeled. The architect needs to know which of the decisions made during the design process will have a greater weight in the final equation of the RTQ-C, or how you can adapt the design decisions in order to achieve a better level of efficiency. This paper aims to provide a critical and reflective analysis of the parameters adopted by RTQ-C, analyzing the item building envelope in the prescriptive method. Through studies of the regulation and a literature review on the design process, environmental comfort and energy efficiency, has sought to assess whether the variables listed in the regulations interferes in the design process and can help the designer to achieve designs that are energy efficient. The RTQ-C uses concepts that are not currently present in the architect routine or are usually present in an intuitive manner. Inaccuracies that have been reported, in a way, was presented as barriers in the process of understanding the regulation. However, the existence of a balanced regulation may serve as support for decisions regarding energy efficiency and facilitate the development of the project.

Keywords: Brazilian labeling regulations, environmental comfort, energy efficiency, commercial buildings.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da importância das questões energéticas promoveu um reconhecimento do valor do projeto bioclimático resultando, em princípio, em um comprometimento maior da Arquitetura com essas mudanças. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2009), pode-se alcançar uma economia de energia elétrica por meio da utilização de estratégias de arquitetura bioclimática (como utilização da ventilação natural e aproveitamento da iluminação natural) de até 50% para prédios novos e de até 30% em edificações existentes. No Brasil, a importância da questão energética começou a crescer efetivamente a partir de 1985, com a criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Com o objetivo de promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, foi o início de um processo para que o Brasil estabelecesse planos de combate ao desperdício, centrados em mecanismos técnicos que promovessem a eficiência energética das edificações construídas no país.

A pesquisa de Carlo (2008) e outros estudos realizados pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE - UFSC), foram utilizados como base para a criação do primeiro Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), lançado pelo INMETRO e desenvolvido pelo LabEEE, em parceria com a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS), com o PROCEL e com a Secretaria do Grupo Técnico de Edificações (GT Edificações). O RTQ-C especifica os requisitos técnicos e os métodos para classificação dos edifícios quanto à eficiência energética, criando condições para que estes sejam etiquetados. Para buscar o melhor resultado na avaliação final o arquiteto necessita saber quais das decisões tomadas durante o processo de projeto vão ter um peso maior na equação final do RTQ-C, ou de que maneira ele vai adequar as decisões do projeto a fim de atingir um nível de eficiência desejado.

O RTQ-C, por hora de caráter voluntário, é aplicado a edifícios com área útil mínima de 500m² e/ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3kV. Abrange três itens: o desempenho da Envoltória, a eficiência e potência instalada do Sistema de Iluminação e a eficiência do Sistema de Condicionamento do ar. Uma maneira de avaliar esses requisitos é o método prescritivo, através de equações e tabelas que limitam os parâmetros da envoltória, iluminação e condicionamento de ar separadamente de acordo com o nível de eficiência energética. Os níveis de eficiência variam, para todos os itens, de A para mais eficiente à E para menos eficiente. A classificação da eficiência energética das edificações é feita por meio da avaliação ponderada dos três sistemas: Envoltória 30%, Sistema de Iluminação 30% e Sistema de Condicionamento de Ar 40%. A classificação geral do edifício é dada pela Equação abaixo (Figura 1), onde aparecem os itens de classificação com as siglas de seus respectivos equivalentes numéricos (EqNum) e os pesos que lhes foram atribuídos:

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(\frac{EqNumEnv}{AC/AU} \right) + \left(\frac{APT/AU \cdot 5 + ANC/AU}{EqNumV} \right) \right\} + 0,30 \cdot \left(\frac{EqNumDPI}{AU} \right) + 0,40 \cdot \left\{ \left(\frac{EqNumCA}{AC/AU} \right) + \left(\frac{APT/AU \cdot 5 + ANC/AU}{EqNumV} \right) \right\} + b_0$$

Figura 1: Equação geral do RTQ-C para cálculo da pontuação total do edifício.

(Fonte: MME, 2010)

No entanto, mesmo fazendo parte de um conjunto e avaliados em uma mesma equação, o RTQ-C não faz uma integração satisfatória entre os três sistemas que o compõem. Envoltória, Sistema de Iluminação e Sistema de Condicionamento de Ar são vistos de maneira independente. O arquiteto tem autonomia sobre o desenho da Envoltória, mas de certa forma, não tem a mesma influência sobre o projeto do Sistema de Iluminação - que avalia a Densidade de Potência - e sobre o Sistema de Condicionamento de Ar - que avalia a eficiência dos equipamentos. A Envoltória, uma vez desenvolvida a partir do referencial da redução da carga térmica, deveria impactar no projeto do sistema de condicionamento de ar tanto quanto o Sistema de Iluminação artificial. De certa maneira, a combinação desses três sistemas ocorre somente na Equação Geral do Nível de Eficiência Energética, onde existe uma relação de pesos na busca de considerar a influência relativa de cada sistema na classificação geral da eficiência da edificação.

Segundo Lamberts et al. (2007), os pesos atribuídos para os três sistemas são diferenciados por conta do aumento do uso de aparelhos condicionadores de ar nas edificações comerciais. Do ponto de vista da eficiência energética pode ser uma decisão válida. No entanto, visto como qualidade de projeto, as edificações podem vir a ter uma envoltória simplificada em detrimento de um sistema de condicionamento de ar eficiente, que vai lhe render uma melhor classificação do nível de eficiência energética.

Este artigo aborda o item Envoltória que, segundo o RTQ-C, é formada por todos os planos externos da edificação, que são fachadas, empenas, cobertura, marquises, aberturas, brises e todo e qualquer elemento que compõem a edificação. São os elementos em contato com o exterior, que compõem o edifício e os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo. A equação do RTQ-C para o cálculo da Envoltória na Zona Bioclimática 3 (da qual pertence a cidade de Florianópolis) aparece na Figura 2.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cccc}
 \text{Índice de} & & & \text{Percentual de} \\
 \text{Consumo da} & & & \text{Área de} \\
 \text{Envoltória} & & & \text{Fachada total} \\
 \uparrow & & & \uparrow \\
 \text{ICenv} = - 14,14 \cdot \text{FA} - 113,94 \cdot \text{FF} + 50,82 \cdot \text{PAFt} + \\
 4,86 \cdot \text{FS} - 0,32 \cdot \text{AVS} + 0,26 \cdot \text{AHS} - 35,75 / \text{FF} - 0,54 \cdot \\
 \text{PAFt} \cdot \text{AHS} + 277,98 \\
 \downarrow & & & \downarrow \\
 \begin{array}{ccc}
 \text{Fator} & \text{Ângulo Vertical} & \text{Ângulo Horizontal} \\
 \text{Solar} & \text{de Sombreamento} & \text{de Sombreamento}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

Figura 2: Equação para cálculo do IC da Envoltória, Zona Bioclimática 3 com área de projeção do edifício maior que 500 m².

(Fonte: MME, 2010)

Três parâmetros são definidos como pré-requisitos específicos para classificação do nível de eficiência da envoltória: a Transmitância Térmica, a Absortância Térmica e o Percentual de Aberturas Zenitais (PAZ).

Outros oito parâmetros são utilizados nas equações que vão determinar o Indicador de Consumo da Envoltória (ICenv). Esses parâmetros foram os que apresentaram maior correlação com o consumo segundo Carlo (2008), e são descritos individualmente na sequência: Área de Projeção da Cobertura (Apcob), Área de Projeção do Edifício (Ape), Área Total (Atot), Área da Envoltória (Aenv), Ângulos de Sombreamento (AVS e AHS), Fator de Forma (FF), Fator Altura (FA), Fator Solar (FS).

O RTQ-C utiliza conceitos (como Fator de Forma, Fator Solar, Ângulos de Sombreamento, entre outros) que não estão efetivamente presentes na rotina projetual do arquiteto ou geralmente estão presentes de maneira intuitiva.

2. OBJETIVO

Partindo do ponto de vista projetual, com o objetivo de identificar a influência de suas limitações no projeto arquitetônico e na eficiência energética destes, este artigo pretende apresentar uma análise crítico-reflexiva dos parâmetros adotados no método prescritivo, para aplicação da Envoltória no RTQ-C.

3. MÉTODO

Por meio de uma análise crítica ao RTQ-C realizada pelo autor e de uma revisão da literatura acerca de processo de projeto, conforto ambiental e eficiência energética, procurou-se avaliar se as variáveis constantes no regulamento interferem no processo de projeto e podem auxiliar o projetista a conseguir projetos que sejam mais eficientes, do ponto de vista da eficiência energética.

Todas as variáveis constantes na Equação da Envoltória foram analisadas individualmente, de maneira que pudessem ser identificadas inconsistências que afetam o projeto arquitetônico.

Variáveis definidas como pré-requisitos específicos, apesar de não estarem presentes diretamente na equação são requisitos para que seja obtido o nível de eficiência pretendido, também foram analisadas: Transmitância Térmica e Absortância Solar (U e α) e Percentual de Abertura Zenital (PAZ).

As outras variáveis, constantes nas Equações para o cálculo do Indicador de Consumo da Envoltória, foram analisadas, e apenas as que apresentaram incoerências foram descritas com maior profundidade. Estas variáveis são: Fator de Forma (FF), Fator Solar (FS) e Ângulos de Sombreamento Vertical (AVS) e Ângulos de Sombreamento Horizontal (AHS).

3.1. Transmitância Térmica (U) e Absortância Solar (α).

Expressa em W/m².K, a Transmitância Térmica é a propriedade dos componentes que demonstra o quão condutor de calor um material é, ou seja, quanta energia térmica (Watts) pode ser transmitida pelo elemento em 1m² para uma diferença de 1K das temperaturas do ar externo e interno. Caracteriza um fechamento (porção da Envoltória) e está diretamente ligada às características térmicas dos materiais utilizados (ABNT, 2005).

Em um clima subtropical como o de Florianópolis, por exemplo, uma das causas de desconforto térmico é o ganho de calor produzido pela absorção de energia solar que atinge as superfícies dos ambientes construídos. A carga térmica de um edifício é gerada pela radiação incidente na edificação, pela diferença de

temperatura, pelo sistema de iluminação, pelos equipamentos que estão em seu interior, pelos usuários e pelo ar exterior de renovação.

Lamberts et al. (2004) escrevem que o objetivo principal na especificação de um tipo de fechamento é evitar que no Verão ocorram ganhos elevados de calor e no Inverno ocorram perdas excessivas. Uma edificação eficiente do ponto de vista térmico deve proporcionar condições de conforto durante todo o ano.

O processo de ganho de calor solar pode ser descrito por dois momentos no que tange a radiação solar: primeiro, a energia térmica resultante da radiação solar é admitida no ambiente através das aberturas e é absorvida pelo piso e pelas paredes; segundo, a energia solar absorvida pelo piso e pelas paredes é dissipada no ambiente por convecção e radiação e convertida em calor. Como resultado ocorre um aumento da temperatura do ar interno causado pelo aquecimento das superfícies e que pode provocar desconforto térmico nos usuários no Verão.

A absorptância é a parcela da radiação solar incidente que é absorvida em uma determinada superfície, geralmente relacionada à cor (ABNT, 2005). A NBR 15220-2 fornece uma tabela contendo o valor de absorptância para algumas cores e materiais. Quanto maior o valor, maior será a parcela da energia incidente que se transforma em calor (radiação de ondas longas) após incidir sobre o material opaco. Materiais com cores claras vão refletir uma parcela maior de energia.

Para garantir envoltórias mais eficientes, o RTQ-C determina para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8 uma absorptância menor que 0,5 (50% da energia incidente é absorvida e 50% é refletida) para os materiais de revestimento externo das paredes - onde incide radiação solar - e para as coberturas que não possuam teto jardim ou telhas cerâmicas não esmaltadas. Não são consideradas as fachadas (ou superfícies) que estiverem 100% do tempo sombreadas, sem considerar os prédios ou elementos do entorno. Também não são contabilizadas áreas cobertas por coletores e painéis solares, pois a radiação incidente neles contribui para a geração de energia elétrica, auxiliando na redução do consumo de energia.

O RTQ-C considera a transmitância térmica e a absorptância solar como pré-requisitos para a classificação do nível de eficiência energética da envoltória. No entanto, o regulamento não apresenta de forma clara a correlação entre estas variáveis. Por sua vez, a equação do Fator Solar de elementos opacos (FS_o) estabelece uma relação entre a transmitância solar e a absorptância solar, representada pela Equação 1 (ABNT, 2005):

$$FS_o = 4 \cdot U \cdot \alpha \quad [\text{Eq 1}]$$

Onde:

U = transmitância térmica (W/m².K) e α = absorptância térmica (adimensional)

Como exemplo, em uma parede de steel frame que possui um valor de transmitância térmica baixo (U = 0,49 W/m².K) pintada com uma cor escura ($\alpha = 0,7$), o Fator Solar dessa parede será 1,37. O mesmo cálculo para uma parede composta por bloco cerâmico de 6 furos, com dimensões de 9,0 x 14,0 x 24,0 cm e revestimento interno e externo com 2,5 cm de argamassa (U = 2,43 W/m².K), bastante utilizada na construção civil brasileira, pintada com cores claras ($\alpha = 0,2$) resulta em um Fator Solar 1,94. Mesmo utilizando cor escura, um fechamento opaco com baixa transmitância térmica ainda apresenta valores de ganho de calor mais baixos do que no segundo exemplo (conduz menos calor o suficiente para permitir um α maior).

Deve-se considerar também a relação entre a transmitância térmica e a quantidade de área envidraçada. Uma edificação com grande área envidraçada e fechamento opaco de baixa transmitância térmica, terá um grande aquecimento do espaço interno em função da radiação solar direta. No entanto, uma transmitância térmica baixa reduz a perda de calor, o que pode gerar necessidade de resfriamento (condicionamento de ar). É necessário ressaltar que cada clima possui necessidades diferentes; assim, uma grande área envidraçada pode ser bem aceita para uma localidade que necessite de aquecimento.

O pré-requisito de absorptância solar determina que o valor a ser considerado seja a média ponderada das absorptâncias de cada parcela das paredes ou cobertura. Sendo assim, pode-se trabalhar com cores que estejam fora da faixa de absorptância limite, desde que na ponderação não ultrapasse esse limite. Para determinados materiais (como telhas metálicas, por exemplo) alguns fabricantes disponibilizam a combinação de cores, onde é possível chegar a valores desejados, trabalhando com cores diferentes.

Ainda com referência à absorptância solar, o RTQ-C fixa que seu valor seja menor do que 0,5, ou seja, os materiais de revestimento externo devem absorver menos de 50% da radiação solar incidente. Cores claras possuem absorptâncias entre 0,2 e 0,5 e as escuras possuem absorptância entre 0,7 e 0,9. Desta forma, o regulamento induz para a utilização de cores claras.

O regulamento permite a utilização de cores mais escuras em pequenas áreas, desde que a absorptância ponderada fique abaixo de 0,5, ou em elementos arquitetônicos anexados à fachada, que não fazem parte do cálculo ponderado da absorptância solar, como portais, brises, marquises, pérgulas, entre outros.

3.2. Percentual de Abertura Zenital (PAZ).

Sistemas de iluminação zenital são alternativas interessantes para se conseguir iluminação natural através das coberturas de ambientes que não têm possibilidade de iluminação pelas laterais, como subsolos ou edificações situadas na extrema do lote, ou ainda quando se trata de grandes espaços e átrios. Cabe lembrar que sistemas de iluminação zenital costumam distribuir a luz natural de forma mais homogênea.

A literatura no tema considera como abertura zenital aquela situada na cobertura da edificação. Na abordagem feita pelo RTQ-C, o PAZ na cobertura refere-se somente as aberturas que possuem inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal da superfície.

Aberturas com inclinações maiores que 60° fazem parte do cálculo do Percentual de Abertura de Fachada (PAF), mesmo se essa abertura estiver localizada na cobertura. Na Figura 3 pode-se visualizar a diferença entre PAZ e PAFt:

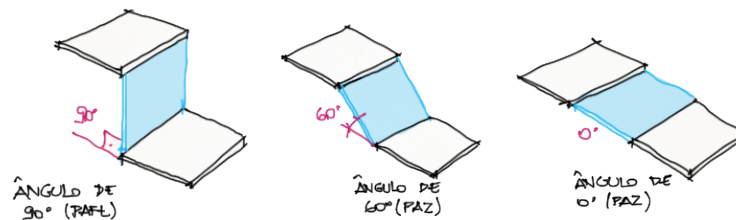


Figura 3: Diferença entre PAZ e PAFt

Fonte: MME, 2010

O uso de uma abertura zenital e a possibilidade de iluminação natural no ambiente interno, pode proporcionar a possibilidade de reduções no consumo de eletricidade em iluminação (LAMBERTS et al., 2004). O RTQ-C fornece os limites do PAZ de acordo com o Fator Solar do vidro (Tabela 1). Se o PAZ de uma edificação ultrapassar 5% da área da cobertura, o método de simulação deverá ser aplicado visando obter classificação “A” ou “B”. Os limites do FS relacionado com o PAZ foram definidos na forma de compensação, ou seja, quanto maior a área de abertura zenital, menor deve ser o Fator Solar do vidro, como uma forma de equilibrar esse aumento na área de abertura na cobertura.

Tabela 1: RTQ-C - Limites de Fator Solar dos vidros conforme o percentual de abertura zenital.

PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Fonte: RTQ-C (MME, 2010)

Para o cálculo do PAZ, o RTQ-C não considera as condições efetivas de insolação, apenas o tipo de vidro (relacionado ao Fator Solar) e o tamanho da abertura. A Figura 4 demonstra uma situação comum nos edifícios e que o regulamento não contempla, como também não contempla qualquer elemento de controle de insolação especificamente associado à abertura zenital.

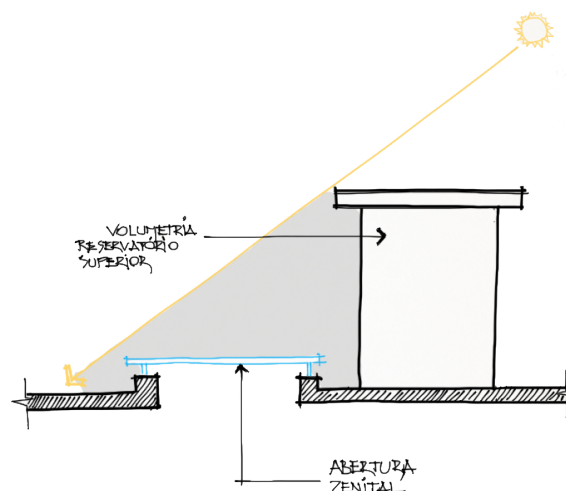


Figura 4: Obstrução causada por volumetrias em aberturas zenitais

3.3. Fator de Forma (FF).

O RTQ-C utiliza o Fator de Forma e o Fator Altura como índices de representação da volumetria da edificação. O cálculo do Fator de Forma é obtido pela razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação. É um modo de expressar a relação entre a área de superfície externa do edifício e o espaço interno útil, a fim de comparar edificações com diferentes volumetrias. O Fator Altura é a razão entre a área de projeção da cobertura e a área total de piso do edifício.

A forma da arquitetura influencia no conforto ambiental de uma edificação e no seu consumo energético (LAMBERTS et al., 2004), podendo facilitar ou dificultar a entrada dos fluxos de vento para o interior e a quantidade de luz natural e radiação que incidirão sobre a edificação.

A entrada e circulação dos fluxos de vento fazem com que a sensação de calor no interior da edificação diminua e é um fator importante na redução do uso de condicionadores de ar. O aproveitamento da luz natural reduz a utilização da iluminação artificial e o consumo de energia elétrica. O arquiteto pode fazer uso dessas condicionantes naturais relacionando-as diretamente à forma da edificação.

A pesquisa de Ourghi et al. (2007) analisou o impacto da forma do edifício (forma, tamanho das aberturas, vidros) no seu desempenho térmico (uso de aquecimento ou resfriamento), e os resultados mostraram que existe uma forte relação entre a forma e seu consumo de energia.

Durante o processo de projeto de um novo edifício, a definição da forma é um dos aspectos mais importantes a ser considerado, desde a concepção do projeto até a influência no entorno e no consumo de energia, com influência direta no desempenho energético de um edifício. A Figura 5 mostra uma comparação entre formas diferentes com o mesmo volume total e com valores diferentes para o Fator de Forma.

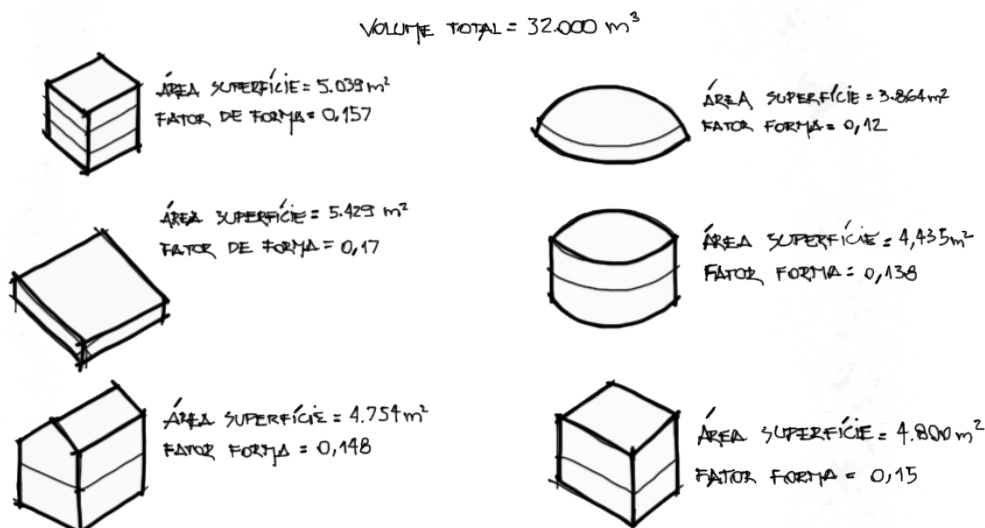


Figura 5: Exemplos de diferentes volumetrias com seus respectivos FF.

(Fonte: adaptado de Watson e Labs, 1983)

Quanto mais compacta a forma de uma edificação, menor será a influência da área de fachada em relação ao seu volume interno. Na figura acima, o formato de 'cúpula', por exemplo, possui o mesmo espaço com menor área de superfície e menor FF, podendo ser considerado como o mais eficiente termicamente, pois sua forma hemisférica diminui a superfície de contato com o ar e minimiza as trocas de calor. Porém, o regulamento em seu método prescritivo não avalia de forma adequada esse tipo de volumetria.

No entanto, ao valorizar o FF mais compacto, reduzindo as áreas de troca de calor por condução, pode ocorrer um prejuízo para a iluminação natural e a ventilação natural, conforme demonstrado na Figura 6, onde os modelos têm o mesmo Volume e mesmo número de salas, mas possuem diferenças no FF.

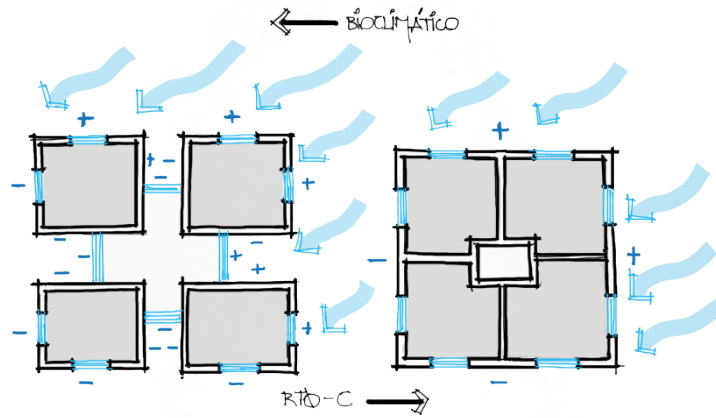


Figura 6: Aproveitamento bioclimático para diferentes formas de volumetria

O regulamento poderia estimular estratégias bioclimáticas como, por exemplo, estratégias de ventilação. Essas estratégias promovem a troca de calor do ambiente e ajudam a diminuir a sensação de calor, estimulando um menor uso dos equipamentos de condicionamento de ar e diminuindo o consumo de energia (BROWN & DEKAY, 2004). Como estratégia de projeto, aberturas em fachadas opostas ou adjacentes e plantas livres que permitam a circulação do ar são boas soluções nesse sentido. Em uma malha urbana densa, pode-se tirar partido do uso de pilotis (Figura 7), afastando a edificação do solo e criando uma passagem para o vento sob o edifício, direcionando-o aos andares acima através da ventilação por efeito chaminé (Figura 8). O RTQ-C não considera no cálculo do FF as áreas utilizadas como garagem e que não são de permanência prolongada. Os pilotis de uma edificação, por exemplo, não são contabilizados no cálculo do FF e podem ser uma boa estratégia de projeto para promover a perda de calor.

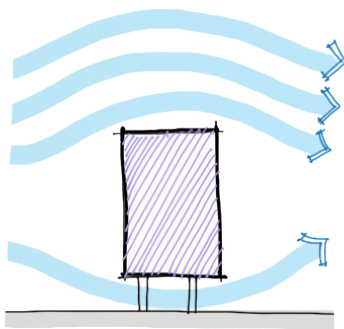


Figura 7: Ventilação através de pilotis

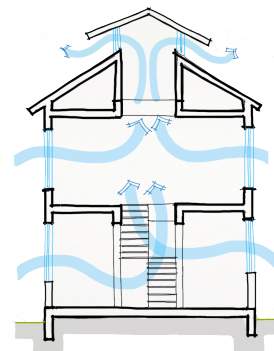


Figura 8: Efeito chaminé

Existe, portanto, uma limitação no método prescritivo para a avaliação de formas complexas, sendo mais adequada a avaliação pelo método de simulação. A questão dessa limitação da variável Fator de Forma foi justificada por Carlo e Lamberts (2010), pela opção de basear a equação do RTQ-C apenas nos modelos representativos das edificações mais comuns no Brasil, não abrangendo as edificações com volumes pouco comuns, muito pequenos ou muito grandes, e que a volumetria da edificação é realmente uma limitação.

3.4. Fator Solar (FS)

O RTQ-C considera o Fator Solar de elementos translúcidos. Na prática, pode-se modificar a influência desse parâmetro alterando orientação e tamanho das aberturas, o tipo de vidro que será utilizado nas aberturas e fazendo uso de proteções solares externas, a fim de controlar a radiação solar que atinge o vidro.

O Fator Solar varia conforme o ângulo de incidência da radiação solar (LAMBERTS et al., 2004) e está diretamente relacionado à geometria da insolação latitude do local. Um vidro com FS de 0,42 permite a entrada de 42% de calor proveniente dos raios solares para dentro do ambiente, através de um processo de admissão semelhante ao apresentado na Figura 9.

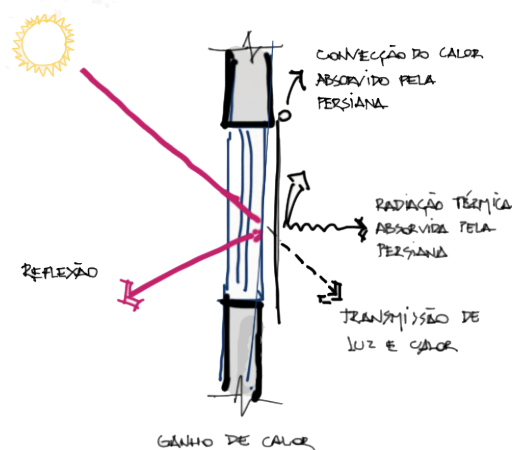


Figura 9: Absorção dos raios solares em fechamentos transparentes.

(Fonte: adaptado de Watson e Labs, 1983)

Quantitativamente, o Fator Solar informa qual a porcentagem da radiação solar incidente que atravessa os diferentes fechamentos de uma edificação. Da mesma maneira, o RTQ-C trata do Fator Solar para elementos transparentes ou translúcidos, entendido como a razão entre a quantidade de energia solar que atravessa a janela pelo que nela incide. O regulamento adota o mesmo conceito do fenômeno físico e acaba deixando claro que, quanto menos aberturas, melhor para conseguir um nível de classificação mais alto.

O uso de vidros com FS baixo influencia na redução de ganho de calor solar, porém, diminui o aproveitamento da luz natural, provocando um aumento do consumo energético para a iluminação artificial dos ambientes internos. Basear decisões de projeto neste parâmetro do vidro das aberturas e dispensar elementos de proteção pode não ser uma alternativa viável quando se tem uma grande área envidraçada, pois mesmo um fator solar baixo pode não compensar o ganho térmico dessa área.

Muitos fabricantes de vidros costumam afirmar que não é necessário o uso de proteções solares em grandes áreas envidraçadas, baseando o alto desempenho dessas fachadas na qualidade do vidro (CARLO & LAMBERTS, 2010); provavelmente motivados pela oportunidade de negociar produtos de custo mais elevado e obter mais lucro. Essa alegada eficiência, descrita com o termo de “alto desempenho”, costuma ser baseada em algumas significativas propriedades seletivas de alguns vidros, ou seja, na capacidade de admitir a energia radiante de determinados comprimentos de onda (visível), mas refletir a radiação de ondas longas (térmica). Este aspecto, entretanto, não é descrito apropriadamente pelo método prescritivo do regulamento, que não avalia de forma adequada os vidros com estas propriedades.

3.5. Ângulos de Sombreamento Vertical e Horizontal (AVS e AHS).

O RTQ-C utiliza os termos Ângulo de Sombreamento Vertical e Ângulo de Sombreamento Horizontal, representados pelas siglas AVS e AHS respectivamente, para caracterizar os efeitos da redução do ganho de calor através das aberturas. Os ângulos de sombreamento são calculados em planta (AHS) e em corte (AVS). O AVS mede no plano vertical o efeito das proteções solares horizontais, enquanto o AHS mede o efeito das proteções solares verticais no plano horizontal, conforme mostra a Tabela 2 e a Figura 10.

Tabela 2: Comparação entre AHS e AVS.

Ângulo	Plano de Medição	Visualização	Tipo de elemento de proteção medido
AHS	Plano Horizontal	em Planta	Proteções Verticais
AVS	Plano Vertical	em Corte	Proteções Horizontais

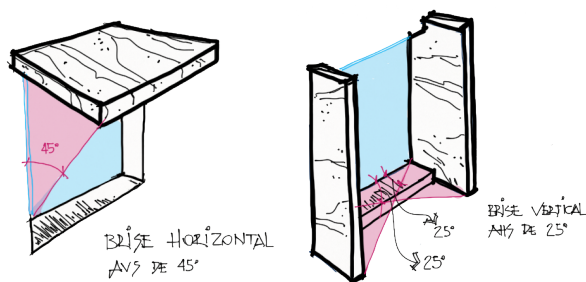


Figura 10: Definição dos Ângulos de sombreamento - AHS e AVS (Fonte: adaptado de DUTRA, 1990)

Os ângulos de sombreamento são formados pelos elementos horizontais e/ou verticais que protegem as aberturas da radiação solar. Esses elementos são brises-soleils, cobogós, pérgulas, venezianas, toldos, e podem ser verticais, horizontais ou mistos (BITTENCOURT, 2004).

As proteções solares externas são importantes na redução de ganhos térmicos, mas devem ser projetadas e dimensionadas para controlar o ganho de calor solar de acordo com as exigências climáticas e de modo a não comprometer o aproveitamento da luz natural. O RTQ-C fixou um limite de 45° para os dois ângulos de sombreamento, na tentativa de minimizar o uso de proteções super dimensionadas que possam impedir a entrada de luz natural nos ambientes internos.

O estudo realizado por Didoné (2009) comprovou por meio de simulações que os ângulos de sombreamento interferem de forma significativa no aproveitamento da luz natural. Quanto maior o ângulo de sombreamento, maior será também o consumo de energia elétrica com iluminação artificial e menor o consumo com condicionamento de ar. Isso ocorre em virtude da diminuição das cargas térmicas devido à redução do ganho de calor, proporcionada pela proteção solar.

A edificação deverá ter um AVS e um AHS, que são calculados de forma ponderada pelas áreas das aberturas. É considerado o sombreamento da própria edificação para se obter o AHS. Ao final do cálculo, o valor obtido será o respectivo ângulo de sombreamento (horizontal ou vertical), que não poderá ser superior a 45°, para evitar o excesso de sombreamento e um conseqüente aumento na utilização de iluminação artificial.

Portanto, sendo o valor do AVS e do AHS obtidos através da ponderação por área das aberturas, não existe diferenciação para qual ambiente (permanência prolongada ou transitória, e condicionados ou não condicionados) ou em qual fachada está localizada a proteção solar externa. Esse cálculo definirá os valores do AVS e AHS, que serão usados na equação da envoltória a fim de obter a classificação desejada. Pode-se ter um projeto com elementos de sombreamento em todas as aberturas da fachada Sul, e ainda assim obter a classificação desejada. Em função da limitação do RTQ-C em não considerar a orientação, o AVS e o AHS podem não representar adequadamente o efetivo ganho de calor solar através das aberturas.

O RTQ-C considera os ângulos de sombreamento, mas não considera, no entanto, a orientação dos elementos de obstrução solar. Essa limitação dá margem para que o projetista possa compor os resultados, projetar sem levar em consideração o impacto real dos elementos propostos ou ainda projetar sem critério; nenhuma das formas citadas resulta efetivamente em uma melhora da qualidade do projeto.

Carlo e Lamberts (2010) citam de forma confusa a impossibilidade de opção pela orientação correta devido ao grande número de terrenos sem condições para tal, e que isto seria um fato comum nos centros urbanos. Além disso, os autores colocam quase que exclusivamente como atribuição ao arquiteto a responsabilidade pela correta utilização e aplicação de estratégias de sombreamento. Entretanto, exceto pela opção da simulação computacional, o regulamento não aponta nenhuma alternativa para avaliar se a aplicação está correta ou não, o que pode certamente comprometer inclusive a avaliação de eficiência da edificação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma normativa que estabeleça parâmetros para que os edifícios recebam uma etiqueta que comprove e avalie sua eficiência energética é uma ação extremamente válida. Porém, o processo é lento e carece de uma mobilização de diversos setores como, por exemplo, o mercado da construção civil, fabricantes e órgãos públicos.

Ao considerar requisitos de conforto e adequação bioclimática desde o início do processo projetual, os arquitetos logram a possibilidade de contemplar também os conceitos aplicados pelo RTQ-C. O regulamento auxilia o arquiteto para que ele possa avaliar a eficiência energética de seu projeto, proporcionando ajustes ou modificações que podem melhorar o desempenho energético da edificação. No entanto, o auxílio de um consultor acaba sendo, de certa maneira, essencial para que o RTQ-C possa ser aplicado de forma mais clara. O regulamento apresenta limitações para avaliar volumetrias complexas através do método prescritivo. O RTQ-C valoriza um Fator de Forma mais compacto, que reduz as áreas de troca de calor, mas que não estimula o uso de estratégias bioclimáticas.

Os vidros de alto desempenho não são avaliados de maneira adequada, e a interpretação do Fator Solar deixa claro que quanto menos aberturas, ou quanto menores elas forem, mais fácil se torna alcançar uma avaliação melhor de eficiência energética.

As variáveis de Transmitância Térmica e Absortância Solar, tratadas como pré-requisitos para a Envoltória e relacionadas entre si através do Fator Solar de elementos opacos (FS_o), não estão correlacionadas no RTQ-C. O regulamento não considera o FS_o, e trata Transmitância e Absortância separadamente.

O valor de Absortância Solar, fixado como limite pelo RTQ-C em 0,5, induz para a utilização de cores claras, que possuem absortância entre 0,2 e 0,5, definindo padrões estéticos.

A variável Percentual de Abertura Zenital (PAZ) trata das aberturas zenitais e as relaciona com o tipo de vidro sem, no entanto, considerar a orientação ou geometria da insolação. O RTQ-C considera também que, uma abertura com inclinação maior do que 60° não faz parte de abertura zenital, e sim do PAF, induzindo a decisão de que não utilizar aberturas zenitais seja melhor

Os Ângulos Verticais e Horizontais de Sombreamento são considerados na avaliação da Envoltória, mas a orientação dos elementos de obstrução solar não é considerada, o que pode facilmente mascarar as condições de ganho de calor solar tornando-os parâmetros que não representam adequadamente o ganho de calor solar através das aberturas.

Todas as imprecisões citadas, de certa forma, apresentam-se como barreiras no processo de compreensão do regulamento. Entretanto, o processo de criação do arquiteto vai bem além dessa compreensão; resultados obtidos na pesquisa de Galafassi (2012) demonstram que o arquiteto não pode se tornar dependente de uma regulamentação para projetar edificações energeticamente eficientes, mas, por outro lado, a existência de um regulamento equilibrado pode servir de apoio para as decisões com relação à eficiência energética e facilitar o desenvolvimento do projeto. Espera-se conseguir um regulamento que produza resultados positivos e isto somente será possível se os profissionais envolvidos estiverem em sintonia com o conceito e procedimentos envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: 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, 2005a.
- BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. 4ª edição. Maceió: EDUFAL, 2004.
- BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, Vento & Luz: Estratégias para o projeto de Arquitetura**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-Residenciais**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil - UFSC, Florianópolis, 2008.
- CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e Métodos Adotados no Regulamento de Etiquetagem da Eficiência Energética de Edifícios - Parte 1: Método Prescritivo. **ANTAC**, v. 10, nº. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.
- DIDONÉ, E. L. **A influência da luz natural na avaliação da eficiência energética de edifícios contemporâneos de escritórios em Florianópolis/SC**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, UFSC, Florianópolis, 2009.
- DUTRA, L. **Tabela de Brises**. Laboratório de Conforto Ambiental, D.A.U, UFSC, Florianópolis, 1990.
- GALAFASSI, M. **Impacto do método prescritivo do RTQ-C no processo de projeto arquitetônico de edificações: a visão de arquitetos em Florianópolis - SC**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, UFSC, Florianópolis, 2012.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2ª edição. São Paulo: ProLivros, 2004.
- LAMBERTS, R.; GOULART, S.; CARLO, J. C.; WESTPHAL, F. S. Regulations for energy efficiency labelling of commercial buildings in Brazil. 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Technologies in the 21st Century, Crete island, Greece, September 2007.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Nova etiqueta mede eficiência de edifícios**. Divulgada em 08/07/2009. Disponível em : <http://www.mme.gov.br/mme/noticias/destaque_foto/destaque0002.html>. Acesso em: 20 jan. 2012.
- _____. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**?. Portaria nº 372 de 17 de setembro de 2010.
- _____. **Balanco Energético Nacional 2011: Ano base 2010**?. Empresa de pesquisa energética (Brasil), Rio de Janeiro: EPE, 2010. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 30 mar. 2011.
- OURGHI, R.; AL-ANZI, A.; KRARTI, M. A simplified analysis method to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings. **Energy Conversion and Management**, v. 48, p 300-305, 2007.
- WATSON, D.; LABS, K. **Climatic Building Design - energy-efficient building principles and practice**. New York: McGraw-Hill, 1983.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Norte Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura (FUNPEC) e ELETROBRAS, através da Rede de Eficiência Energética de Edificações (R3E) pelos suporte financeiro.