



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA APLICAÇÃO DO REGULAMENTO PARA ETIQUETAGEM VOLUNTÁRIA DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS DE SERVIÇOS PÚBLICOS.

**Fernando O. R. Pereira (1) ; Raphaela W. Fonseca (2); Evelise L. Didoné (2); Mateus Boeira (2),
Gustavo de Bastiani (2)**

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Laboratório de Conforto Ambiental - CTC –
Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: feco@arq.ufsc.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Laboratório de Conforto Ambiental - CTC –
Federal de Santa Catarina, Brasil

RESUMO

O Regulamento para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, aparece no cenário nacional como resposta à crise energética, por parte da construção civil. A etiquetagem de edifícios visa estimular a construção de edificações mais eficientes. Este processo precisa ser absorvido pela sociedade, em especial pelos profissionais envolvidos com o desenvolvimento do projeto. Buscando atingir este propósito, julgou-se necessária a operacionalização do procedimento de aplicação do regulamento tanto por parte dos laboratórios certificadores como por parte dos projetistas. Neste âmbito, o presente trabalho teve o objetivo de desenvolver uma ferramenta computacional com o intuito de facilitar o processo de etiquetagem e possibilitar maior agilidade na aplicação do método prescritivo do regulamento. A ferramenta utiliza como base o programa Excel® e foi elaborada através da inclusão das equações e pré-requisitos referentes à envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar, de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). As planilhas permitem a inclusão dos parâmetros do edifício fornecendo sua classificação geral, auxiliando no procedimento de classificação do edifício. Como resultado obteve-se uma ferramenta de manipulação acessível, que permite avaliar edificações de forma rápida e para todas as regiões bioclimáticas do país. A disseminação da etiquetagem de edifícios depende da aplicabilidade e aceitação que esta terá por parte do mercado. Outra componente importante é a agilidade para a classificação dos projetos por meio dos laboratórios avaliadores. Atendendo a estes dois atores, a ferramenta proposta já testada na avaliação de alguns edifícios se mostra como uma alternativa concreta à sedimentação do processo da etiquetagem de edifícios.

Palavras-chave: ferramenta computacional, RTQ-C, edificações.

1 INTRODUÇÃO

1.1 A Etiquetagem de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

O surgimento das primeiras normas de eficiência energética em edificações remete a década de 70, durante a crise do petróleo. Muitas nações criaram programas de incentivo à redução do consumo de energia, resultando posteriormente na criação de normas de eficiência energética, como a *Standard 90, Energy Conservation in New Building Design* [ASHRAE, 1975] e a norma californiana *Title 24* de 1978 (GOULART, 2005).

No Brasil, o programa de etiquetagem de eficiência energética dos edifícios teve seu processo iniciado em 2001 com a promulgação da Lei nº. 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001). Em um momento mais à frente, a Eletrobrás/Procel lançou o Programa Procel Edifica.

Este programa pode ser definido como Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações que visa construir as bases necessárias para racionalizar o consumo de energia nas edificações no Brasil (MME, 2009).

Neste contexto desenvolveu-se o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Este Regulamento se propõe a especificar os requisitos técnicos e os métodos para a classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética (MME, 2009b).

1.2 O processo de avaliação

O processo de avaliação de acordo com o RTQ-C pode ser feito através de dois métodos: o prescritivo ou através de simulação computacional (MME, 2009b). No caso do método prescritivo, apesar de ser um método mais simples que a simulação computacional, apresenta muitas equações e um processo relativamente extenso quando não sistematizado.

O excesso de cálculos pode gerar imprecisões e erros, além de demandar um tempo que nem os escritórios, nem os laboratórios normalmente não dispõem.

1.3 Ferramentas computacionais

As ferramentas computacionais apresentam como pontos positivos a agilidade de processos, a fixação de um método e o registro de informações que podem ser arquivadas e se necessário modificadas facilmente. De acordo com Behar (2003), quando se trata de ferramentas computacionais é importante que elas ofereçam ao usuário o desenvolvimento de um número máximo de operações possíveis para que se torne válida a interação com um ambiente computacional, ou seja, que o usuário possa construir estruturas operatórias por meio dessa experiência.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta computacional com o intuito de facilitar o processo de Etiquetagem de Edificações, e possibilitar maior agilidade na aplicação do Método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento da ferramenta computacional descrita neste artigo divide-se em cinco etapas. Inicialmente buscou-se o domínio do conteúdo e do aplicativo a ser utilizado, em um segundo momento passou-se pela estruturação do conteúdo a ser implementado no aplicativo. Somente após estas etapas o aplicativo foi confeccionado e testado.

3.1 Familiarização com o conteúdo do RTQ-C

A fim de atingir o objetivo de agilizar a aplicação do método proposto no RTQ-C para a avaliação de eficiência energética dos edifícios, o grupo envolvido na tarefa iniciou seus trabalhos pelo entendimento do processo. O material referente ao regulamento foi estudado e discutido, participantes passaram por treinamentos, buscando nivelar o conhecimento do assunto pelo grupo. A equipe contou com membros dos cursos da área de engenharia de automação e arquitetura.

3.2 Domínio da ferramenta Excel

Após a familiarização do grupo com o conteúdo do RTQ-C, o foco passou a ser a forma de implantar o conteúdo em aplicativo computacional. Tomou-se como base o aplicativo Lux 1.1, desenvolvido pelo LABAUT da USP, que usa o programa MS-Excel e o Visual Basic for Applications. Para o aplicativo em questão utilizou-se apenas o programa Excel ®.

Passou-se então para pesquisa das funções necessárias para a implantação do conteúdo nas planilhas.

3.3 Organograma

Para o mapeamento do conteúdo nas planilhas Excel foi feito um organograma de cada um dos sistemas avaliados na etiquetagem, e então a união de todos eles. Neste organograma foram incluídas as equações, pré-requisitos gerais e específicos, além das bonificações. Através deste organograma foi possível todo o planejamento da ferramenta, e a visualização de como seriam feitas as conexões entre as diferentes planilhas.

3.4 Confeção das planilhas

Devido à grande quantidade de informações a serem relacionadas, optou-se pela confeção de três planilhas individuais, uma para envoltória, uma para sistema de iluminação e outra para sistema de condicionamento de ar. Além de uma quarta planilha, a da pontuação geral, que une o resultado das outras três planilhas e adicionalmente avalia os pré-requisitos gerais e as bonificações.

As planilhas foram pensadas de forma que o usuário precisasse apenas entrar com os dados referentes à edificação ou a cada sistema, e os resultados de classificação saíssem automaticamente. Como todas as equações, tabelas e opções de pré-requisitos estão embutidas nas planilhas o cálculo geral se tornou possível.

A planilha da Classificação Geral resgata os resultados obtidos através das demais planilhas. A avaliação geral pode ser feita para qualquer combinação de sistemas, assim como as etiquetas emitidas. Pode-se obter a classificação para um edifício apenas da envoltória e sistema de iluminação, por exemplo.

3.5 Aplicação com estudos de caso para validação da ferramenta

Para a validação da ferramenta, utilizaram-se edificações que já haviam sido avaliadas em laboratório pelo método prescritivo de forma manual. Os dados foram inseridos no aplicativo e conferidos com os obtidos previamente. Estas avaliações também serviram para averiguar a eficiência da ferramenta em simplificar o trabalho dos avaliadores ou até mesmo de consultores através da redução do tempo de avaliação.

Outro aspecto considerado foi a possibilidade de padronização do método de avaliação dos edifícios, garantindo maior confiabilidade nos resultados. A avaliação apresenta muitas equações, e através de ferramentas como esta, acredita-se reduzir a possibilidade de equívocos durante o processo.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Como resultado obtido foi uma ferramenta que auxilia na avaliação do nível de eficiência energética dos edifícios através do método prescritivo do RTQ_C.

4.1 A ferramenta

4.1.1 Classificação Geral

A planilha com a classificação geral, figura 1, possui quatro quadros de dados. Um dos quadros refere-se aos incentivos, que podem significar uma melhora na classificação da edificação. Como dado de entrada utiliza-se a porcentagem atribuída ao incentivo em questão. Informações sobre cada quesito são obtidas através do Regulamento ou colocando-se o cursor acima das células-título dos incentivos.

Outro quadro de pré-requisitos, onde os pré-requisitos são descritos e pode-se selecionar a opção SIM ou NÃO na célula ao lado de cada item conforme cumpra ou não determinado pré-requisito, ou X no caso de não se enquadrar nas categorias que precisam cumprir estes pré-requisitos. Existe um quadro

para o cálculo do equivalente numérico de ventilação, para este cálculo devem ser preenchidos os dados referentes à APT¹, ANC², AC³, AU⁴.

Para a classificação geral, o aplicativo resgatará as classificações obtidas através das planilhas referentes à Envoltória, Sistema de Iluminação e Sistema de Condicionamento de ar, combinará com os resultados dos outros quadros da planilha geral descritos anteriormente e emitirá a classificação geral ou parcial do edifício.

GERAL	#DIV/0!	EqNumV
Condicionamento de Ar	#DIV/0!	APT
Envoltória	#DIV/0!	ANC
Iluminação	#DIV/0!	AC
		AU

PRÉ-REQUISITOS	
Circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada?	
Sistema de aquecimento de água nível A?	
Máximo aproveitamento no aquecimento solar de água?	
Controle inteligente de tráfego para mais de um elevador?	
Bombas de água centrífuga analisadas pelo PBE/INMETRO?	

INCENTIVOS	Porcentagem	Contribuição
Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água		0
Atendimento com aquecimento solar de água		0
Economia com energia eólica ou painéis fotovoltaicos		0
Economia em sistemas de cogeração		0
Inovações técnicas ou sistemas que aumentem a eficiência		0
		0

Figura 1: Planilha da Classificação Geral

4.1.2 Envoltória

A planilha para o cálculo da Envoltória, figura 2, aborda inicialmente seus pré-requisitos específicos e apresenta como resultado final o equivalente numérico que a edificação está apta a obter.

Os pré-requisitos específicos são considerados da seguinte forma:

- A transmitância pode ser calculada pelo aplicativo, ou inserida manualmente, escolhendo a opção SIM no campo inserir manualmente. Neste caso, todos os valores inseridos nas partes subsequentes relacionadas à transmitância da parede serão desconsiderados. Caso se deseje que a planilha efetue o cálculo, deve-se optar pela opção NÃO. Para o cálculo da transmitância das paredes são inseridos, a partir de uma caixa de seleção, os dados referentes à zona bioclimática analisada e à capacidade térmica da parede.

Como em uma edificação pode haver mais do que um tipo de parede, o aplicativo traz campos para cálculo de até 4 tipos diferentes que serão ponderados pela área. Para o cálculo da transmitância primeiramente é feito o cálculo das resistências em paralelo e posteriormente em série.

Cada tipo de parede pode apresentar até 6 camadas, dentro de cada camada são disponibilizados 4 campos para materiais, além de um campo extra chamado de “Multiplicidade” que indica quantas vezes essa camada ocorre (Ex.: Uma camada de reboco que aparece tanto na face interior quanto na face exterior tem multiplicidade 2, pois aparece duas vezes). Posteriormente o valor de cada parcela será somado em série.

¹ APT- área de permanência transitória: área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados (RTQ-C, 2009).

² ANC – área não condicionada: área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada (RTQ-C, 2009).

³ AC- área condicionada: área de piso dos ambientes condicionados (RTQ-C, 2009).

⁴ AU – área útil: para uso neste regulamento, a área útil é a área realmente disponível para ocupação, medida entre os paramentos internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens (RTQ-C, 2009).

O campo “Câmara de ar?” deve ser colocado como “SIM” quando a camada em questão é uma câmara de ar. Além disso, como já citado anteriormente, o valor da resistência R deve ser colocado na célula abaixo de “Esp. E (R*)”. Atalhos para consulta às tabelas de resistências estão colocados em negrito acima.

Para a transmitância da cobertura, o procedimento é semelhante ao usado para paredes. Porém neste caso deve ser informado se há ou não condicionamento de ar.

- Para a absortância das superfícies primeiramente define-se qual é a zona bioclimática do edifício selecionando as opções disponíveis na célula correspondente. Posteriormente serão inseridos os dados: material, área correspondente e absortância

Com estes dados, é realizada uma média ponderada indicando a absortância final das paredes e da cobertura.

- Para a avaliação da iluminação zenital, o aplicativo disponibiliza célula com opção SIM ou NÃO. No caso do projeto contemplá-la, deve-se selecionar a opção “SIM”, caso contrário a opção “NÃO” na célula indicada. Havendo iluminação zenital, devem-se fornecer os valores de PAZ⁵ (Porcentagem de Abertura Zenital) e FS (Fator Solar)⁶.

4.1.2.1 Índice de consumo da Envoltória

Este indicador é encontrado através de uma fórmula que varia conforme a Zona Bioclimática analisada e área de projeção do edifício.

Os cálculos deste módulo são realizados em uma tabela auxiliar. O aplicativo realiza os cálculos para todas as zonas bioclimáticas, porém somente são exibidos na tabela principal os valores correspondentes à zona bioclimática escolhida.

O primeiro campo a ser preenchido é o que indica a zona bioclimática. Este campo é uma caixa de seleção com todos os agrupamentos de zonas bioclimáticas possíveis.

Sequencialmente realiza-se o preenchimento dos seguintes dados da edificação: Área de projeção do Edifício (*APE*)⁷, Área de projeção da cobertura (*A_{pcob}*)⁸, Área Total de Piso (*A_{TOT}*)⁹, Área da Envoltória (*A_{ENV}*)¹⁰, Volume Total (*V_{TOT}*)¹¹ e Fator solar (*FS*).

Com isto outros dados são obtidos indiretamente através das variáveis inseridas na tabela. Estes dados são:

- Percentual de Abertura na Fachada Total (*PAFT*): Pode ser inserido manualmente, caso já tenha sido previamente calculado, selecionando a opção SIM e inserindo o valor no campo logo abaixo. Selecionando a opção NÃO, a tabela obtém o valor através das seguintes variáveis: Área Total de Fachada, Área Total de Abertura, Área de Fachada Oeste e Área de Abertura Oeste. Realizando o devido cálculo.
- Fator Altura (*FA*): Obtido pela razão entre a área total de piso e a área de projeção do edifício.

⁵ PAZ: Percentual de Abertura Zenital (%): Percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura. Acima desta inclinação, ver PAFT (RTQ-C, 2009).

⁶ FS: Fator Solar: razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente (RTQ-C, 2009).

⁷ Ape: Área de projeção do edifício (m²): área da projeção horizontal do edifício (quando os edifícios são de formato uniforme) ou área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos (no caso de edifícios com formato irregular) (RTQ-C, 2009).

⁸ Apcob: área de projeção da cobertura (m²): área da projeção horizontal da cobertura, incluindo terraços cobertos ou descobertos e excluindo beirais, marquises e coberturas sobre varandas – esta última, desde que fora do alinhamento do edifício (RTQ-C, 2009).

⁹ Atot: Área total de piso (m²): soma das áreas de piso fechadas de construção, medidas externamente (RTQ-C, 2009).

¹⁰ Aenv: Área da envoltória (m²): soma das áreas das fachadas e empenas e da área de cobertura, incluindo a área das aberturas (RTQ-C, 2009).

¹¹ Vtot: Volume Total da Edificação (m³): volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos (RTQ-C, 2009).

- Fator Forma (**FF**): Obtido pela razão entre área de envoltória
- AHS e AVS: Podem ser inseridos manualmente, selecionando a opção SIM na caixa de seleção e inserindo os valores correspondentes nos campos. Caso seja selecionada a opção NÃO, os valores serão calculados a partir de uma tabela localizada na parte inferior da planilha. Nesta tabela devem ser inseridos os seguintes dados: Número da janela, Multiplicidade da abertura, Área da abertura e Ângulo de projeção.

Os resultados do índice de consumo de envoltória são exibidos em um campo específico, assim como os intervalos de eficiência energética, e os intervalos limites de cada classificação. Sendo que o equivalente numérico final da parte de envoltória é exibido na parte superior ao lado do título.

Envoltória		VERBA	AVRBA								
Pré requisitos											
Transmitância da Parede	0	5									
Inserir Manualmente			Transmitância Calculada								
Resistência Total	0										
Zona Bioclimática											
Capacidade Térmica Parede											
Resistência da Parede 1	0		Área da Parede 1								
Resistência da Parede 2	0		Área da Parede 2								
Resistência da Parede 3	0		Área da Parede 3								
Resistência da Parede 4	0		Área da Parede 4								
Transmitância da Cobertura	0	5									
Inserir Manualmente			Transmitância Calculada								
Resistência Total	0										
Condicionamento de ar											
Estação do Ano											
Resistência da Cobertura 1	0		Área da Cobertura 1								
Resistência da Cobertura 2	0		Área da Cobertura 2								
Resistência da Cobertura 3	0		Área da Cobertura 3								
Resistência da Cobertura 4	0		Área da Cobertura 4								
Absortância de Superfícies	5										
Iluminação Zenital?											
PAZ (%)		FALSO									
Fator Solar											
EqNumEnv		#DIV/0!									
Índice de consumo da envoltória											
Zona Bioclimática											
Área de projeção do Edifício (A_{pe})											
Área de projeção da Cobertura (A_{pcob})											
Área Total de Piso (A_{tot})											
Área da Envoltória (A_{env})											
Volume Total (V_{tot})											
Perc. de Abert. na Fachada Total (PAF_t)	0										
Fator Altura (FA)	#DIV/0!										
Fator Forma (FF)	#DIV/0!										
Fator solar (FS)											
IC _{env}	0										
IC _{ext}	#DIV/0!										
IC _{int}	#DIV/0!										
Intervalo (I)	#DIV/0!										
Ângulo Vertical de Sombreamento	0										
Ângulo Horizontal de Sombreamento	0										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Limites dos Intervalos dos Níveis de Eficiência</th> </tr> <tr> <th>Eficiência</th> <th>A B C D E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lim Min</td> <td>#DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0!</td> </tr> <tr> <td>Lim Máx</td> <td>#DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0!</td> </tr> </tbody> </table>				Limites dos Intervalos dos Níveis de Eficiência		Eficiência	A B C D E	Lim Min	#DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0!	Lim Máx	#DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0!
Limites dos Intervalos dos Níveis de Eficiência											
Eficiência	A B C D E										
Lim Min	#DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0!										
Lim Máx	#DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0! #DIV/0!										

Figura 02: Planilha de classificação da Envoltória

4.1.3 Sistema de Iluminação

Para avaliar o sistema de iluminação o projeto deve ser dividido em ambientes de acordo com o padrão de iluminação. A divisão, portanto, não é necessariamente física, pois pode-se ter mais de um ambiente em uma mesma sala ou recinto, por exemplo.

No caso do sistema de iluminação a ferramenta computacional foi pensada em duas partes. Uma planilha geral de iluminação, figura 3a, que possui os resultados de todos os pavimentos do edifício e a classificação final. Não possui entrada de dados. É uma planilha exclusivamente para visualização dos resultados gerais.

As demais planilhas representam os pavimentos, chamadas aqui de planilhas específicas de pavimentos, figura 3b. Cada linha dessas planilhas representa um ambiente. A ferramenta traz a explicação de cada item que deve ser inserido na tabela passando-se o cursor sobre a célula-título de cada coluna. Os dados a serem inseridos são:

- Ambiente: Nome ou breve descrição do ambiente para melhor identificação;
- Formato Amb: Se o ambiente é retangular ou não;
- Tipo de Ilum: Direta ou indireta.

Os 3 próximos campos dependem do formato e do tipo de iluminação do ambiente. Se a iluminação for indireta e o formato do ambiente for retangular então a equação usada é:

$$K = \frac{3 \times C \times L}{2 \times h' (C - L)} \quad \text{eq. (1)}$$

As variáveis a serem preenchidas serão portanto:

C: Comprimento total do ambiente [m]

L: Largura total do ambiente [m]

h': Altura entre a superfície de trabalho e o teto [m]

Nos demais casos a equação usada pelo programa é:

$$K = \frac{At + Apt}{Ap} \quad \text{eq. (1)}$$

As variáveis a serem preenchidas serão:

At: Área de teto [m²]

Apt: Área do plano de trabalho [m²]

Ap: Área de parede [m²]

As próximas variáveis dispostas na ferramenta são:

- Número Lum: Número de luminárias em cada ambiente.
- Potência: Potência de cada luminária presente. Se houver um ambiente com luminárias de potências diferentes o recomendado é separar esse ambiente.
- Iluminância E: É o nível de iluminância de projeto que deve ser consultada no projeto luminotecnico da edificação.

De acordo com o RTQ-C, 2009, os pré-requisitos específicos de iluminação devem ser aplicados a cada ambiente antes da ponderação final (para todo o edifício). Assim optou-se por colocar os itens relacionados aos pré-requisitos na mesma linha dos ambientes nas planilhas dos pavimentos. Descrições breves sobre os pré-requisitos podem ser consultadas no próprio programa colocando-se o cursor sobre a célula-título de cada requisito.

Para a definição dos pré-requisitos são oferecidas as opções SIM (cumpe totalmente o requisito) ou NÃO (não cumpre), são eles: Divisão circuitos, Luz Natural e Desliga Automático.

Ao final do preenchimento de todos esses dados, a planilha específica de pavimento fornece o equivalente numérico do pavimento que é mostrado no canto superior direito da planilha. Este dado é resgatado pela planilha geral de iluminação que pondera os equivalentes numéricos pelas respectivas áreas fornecendo o equivalente numérico do sistema de iluminação do edifício. Nesta planilha ainda são mostrados os cálculos intermediários para ambientes e pavimentos.

- Cálculo de Carga Térmica: SIM ou NÃO
- Sistema Central (SC) para carga térmica superior a 350kW: SIM ou NÃO. Caso a carga térmica seja inferior deve-se colocar a opção “X”.

Nas planilhas para sistema de ar condicionado central ou não etiquetados, figura 4c, os primeiros 5 campos são semelhantes aos da planilha dos Etiquetados, com exceção do Tipo que agora engloba sistemas centrais e aparelhos não etiquetados.

Para este caso, devem-se consultar uma série de tabelas do RTQ-C, 2009. Estas tabelas foram inseridas e reorganizadas neste aplicativo conforme os componentes. Para acessá-las, foram criados alguns atalhos via teclado. Como estas tabelas passam por constantes atualizações, estas podem ser substituídas em seu local de origem.

Os pré-requisitos foram estruturados de forma semelhante à planilha dos Aparelhos Etiquetados. Para a seleção dos mesmos existem as opções: SIM (se são cumpridos) ou NÃO (se não cumpridos), alguns requisitos não precisam ser cumpridos em todos os casos, nestas situações, existe a opção de preencher o campo com “X”.

Quando há mais de um equipamento no mesmo ambiente e seja impossível ou inconveniente uma divisão de ambientes, faz-se necessária uma ponderação por potência. Para isso, foi criada uma planilha “PONDERAÇÃO POR POTÊNCIA”. Os campos a serem preenchidos são:

- Pavimento
- Nome do Aparelho
- Área total do ambiente onde está o condicionador
- Eficiência da unidade
- Potência da unidade

O resultado dessa ponderação pode ser vista na célula em azul acima da tabela de entrada de dados, figura 4d. Este resultado é o único que não é resgatado automaticamente para a planilha geral de condicionamento de ar, assim seu resultado deve ser copiado a uma das planilhas (Etiquetados ou Não Etiquetados), conforme o caso.

Conceito Geral	#DIV/0!	###
Área Total	0.00	
Ponderação Final	#DIV/0!	

► Geral / Etiquetados / Central&NaoEtiquetados / PonderacaoPotencia / CondicionadorAR / CondicionadorAGUA / Resfri

(a)

SPLIT/UNITÁRIO ETIQUETADOS							
EquivPavimento	0.00						
Nome Aparelho	Pavimento	Ar Condicionado	Área	Eficiência da Unidade	Sombreamento Permanente	Cálculo Carga Térmica	SC p/ carga térmica > 350kW

(b)

SISTEMA CENTRAL E NÃO ETIQUETADOS											
Nome Aparelho	Pavimento	Tipo	Área	Eficiência da Unidade	Cálculo Carga Térmica	Controle de 1 pr zona	Automação acionamento	Isolamento de zonas	Controle de ventilação	Recuperação calor	Controle de umid. relativa

(c)

1	PONDERAÇÃO POR POTÊNCIA					
2						
3						
4						
5	Pavimento	Nome Aparelho	Área Total do Ambiente	Eficiência da Unidade	Potência da Unidade	PonderaçãoPot
6						#DIV/0!
7						#DIV/0!
8						#DIV/0!
9						#DIV/0!
10						#DIV/0!

(d)

Figura 4: Planilha de classificação do sistema de condicionamento de ar (a) planilha geral, (b) aba para aparelhos split,unitários etiquetados, (c) aba para sistemas central e não etiquetados e (d) para ponderados por potência.

4.2 Validação da ferramenta

Para a validação da ferramenta foram testados dois edifícios que já haviam sido avaliados pelo método prescritivo de forma manual. O aplicativo mostrou resultados confiáveis além de uma redução significativa do tempo despendido para a avaliação do edifício. A figura a seguir mostra a planilha de envoltória de um dos edifícios utilizados para a validação.

Envoltória

BIBLIOTECA

Pré requisitos

Transmitância da Parede	0,35	5	Transmitância Calculada	0,35
Inércia Muramental	SHI			
Resistência Total	0			
Zona Bioclimática	2B1a2B4			
Capacidade Térmica Parede	> 80 kJ/m²K			

Resistência da Parede 1	0	Área da Parede 1	0
Resistência da Parede 2	0	Área da Parede 2	0
Resistência da Parede 3	0	Área da Parede 3	0
Resistência da Parede 4	0	Área da Parede 4	0

Transmitância da Cobertura	0,34	A	Transmitância Calculada	0,34
Inércia Muramental	SHI			
Resistência Total	0			
Condicionamento de ar	NÃO			
Extensão da Rua	Verão			

Resistência da Cobertura 1	0	Área da Cobertura 1	0
Resistência da Cobertura 2	0	Área da Cobertura 2	0
Resistência da Cobertura 3	0	Área da Cobertura 3	0
Resistência da Cobertura 4	0	Área da Cobertura 4	0

Abertura de Superfícies

5

Índice de consumo da envoltória

EqNumEnv

5

Zona Bioclimática

2B4 ou 2B5

Área de projeção da Edifício (A _{PE})	460	Área Total da Fachada	819,67
Área de projeção da Cobertura (A _{PCOB})	460	Área Total de Abertura	195,9
Área Total do Piso (A _{TP})	920,39	Área da Fachada Oeste	125,94
Área da Envoltória (A _{ENV})	1411,9	Área da Abertura Norte	0
Volume Total (V _{TV})	4032,28	Inércia PAFY Manualmente	NÃO
		PAFY Calculada Manualmente	

Perc. de Abert. na Fachada Total (PAF _T)	0,239290557	AHS	26,55324329
Fator Altura (FA)	0,500005432	AVS	10,765554291
Fator Formas (FF)	0,350124495	Inércia AHS e AVS Manualmente	NÃO
Fator solar (FS)	0,83	AHS Calculada	
		AVS Calculada	

ICENV	139,2409061	Limitar das Intervalos das Níveis de Eficiência					
ICMEXD	145,990505	Eficiência	A	B	C	D	E
ICMIN	144,44311	Lim Min.	-	144,04801	145,22652	145,61367	145,9905
Intervalo (I)	0,28453125	Lim Máx.	144,03001	145,21634	145,61037	145,9905	-

Angulo Vertical de Sombreamento

10,745563

Angulo Horizontal de Sombreamento

26,553264

Figura 5: Equivalente numérico da envoltória de edifício de uma Biblioteca.

5 CONCLUSÕES

A construção da ferramenta permitiu um entendimento da complexidade da aplicação do RTQ-C, principalmente quando se necessita de agilidade no processo. Conclui-se que a ferramenta é satisfatória para este quesito, mostrando-se útil também para testes paramétricos em edificações, possibilitando análises da alteração do nível de eficiência energética mediante a variações nos dados de entrada da edificação. Portanto com o desenvolvimento da ferramenta cumpriu-se o objetivo descrito no início deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS

BEHAR, P.A. et al. Metodologia de análise de ferramentas computacionais Segundo os princípios da lógica operatória. 2003. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/epv29n1a05v29n1.pdf>. Acesso em: 28/04/2010.

BRASIL. Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. **Lex:** Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>. Acesso em: 20/03/2008.

GOULART, S. V. G. **AET N° 03/04 – Levantamento da experiência internacional: Experiência nos Estados Unidos**. Relatório LabEEE – 200508. Disponível em: <www.labee.ufsc.br>. Acesso em: 02/08/2009.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Etiquetagem de Eficiência Energética em Edificações**. 2009a. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com>>. Acesso em: 03/09/2009.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C**. 2009b. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com>>. Acesso em: 03/09/2009.