

REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE (RTQ) PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS E PADRÕES ARQUITETÔNICOS

Alexandre S. Sacramento (1); Leonardo S. Bittencourt (2)

(1) Arquiteto e Urbanista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo DEHA – UFAL, alx_sacramento@hotmail.com

(2) PhD, Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFAL, lsb54@hotmail.com
Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, GECA – Grupo de Estudos em Conforto Ambiental

RESUMO

A partir da crise energética brasileira de 2001, poupar energia tornou-se de grande importância para a sociedade de modo geral. Pesquisas apontaram que grande parte do consumo energético provém das edificações, mais especificamente, dos edifícios de comércio, serviços e residenciais, devido ao intenso uso de meios mecânicos de iluminação e condicionamento de ar, motivados, dentre outros fatores, pela adoção de padrões arquitetônicos indiferentes ao clima. Recentemente foi lançado no Brasil o Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos que classifica as edificações de acordo com sua eficiência energética. Surge, então, o questionamento se este regulamento implicaria ou não na massificação de padrões arquitetônicos. Assim, este artigo objetiva demonstrar que a utilização do RTQ não implica na produção de edifícios padronizados. Para tanto, foram adotadas estratégias bioclimáticas de projeto e foram respeitados os pré-requisitos necessários à determinação do nível de eficiência energética da envoltória e do sistema de iluminação, que foram obtidos pelo método prescritivo. O projeto apresentado neste artigo obteve nível de eficiência energética parcial A para sua envoltória, e nível de eficiência energética parcial B, para o seu sistema de iluminação. Concluiu-se que o RTQ estimula a criação de soluções arquitetônicas mais adaptadas ao meio ambiente climático e incentiva linguagens plástico-espaciais mais criativas e eficientes do ponto de vista energético.

Palavras-chave: RTQ, eficiência energética, estratégias bioclimáticas, edifício de comércio e serviços.

ABSTRACT

Energy saving has become an important issue to Brazilian people since the 2001 energy crisis. Researches indicate that most of energy consumption comes from commercial and, residential buildings, as a consequence of the intensive use of artificial lighting and cooling, motivated, among other factors, by the adoption of architectural standards that does not properly consider the local climate. Recently, was launched in Brazil the “Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos”, aiming to classify buildings performance according to their energy efficiency. Nevertheless, it has been discussed by Brazilian building designers if the RTQ would restrict their creativity, leading to an architectural standardization. This paper aims to examine if the use of RTQ will, necessarily, lead to a standard building production. A building is designed adopting bioclimatic strategies and considering the RTQ requirements. The energy efficiency performance of the building envelop and the lighting system were determined using the prescriptive method suggested by the RTQ. The project presented in this paper was classified as A, though it present a non conventional design. The conclusion is that the RTQ does not obstruct architects creativity, In fact, it stimulates the creation of architectural solutions more adapted to the environment and may encourage the production of new plastic-spatial languages.

Keywords: RTQ, energetic efficiency, bioclimatic strategies, commercial and service buildings.

1. INTRODUÇÃO

A crise de energia acontecida em 2001 no Brasil, despertou questionamento e o interesse da sociedade sobre a questão da poupança de energia. Estima-se que as hidrelétricas sejam responsáveis por 82,36% da energia elétrica produzida no Brasil (BIG – Banco de Informações Gerais, 2002). No entanto, 48% da energia gerada no Brasil é consumida por edifícios comerciais, públicos e residenciais (PROCEL, 2004), onde a maior parte desse consumo é para proporcionar ambientes mais confortáveis pelo uso de meios mecânicos de iluminação e refrigeração. Este percentual poderia ser menor se o projeto da edificação interagisse com o meio em que está inserido, tirando partido da iluminação e ventilação naturais e aproveitando as condições climáticas da região; contribuindo assim, com o uso eficiente e racionalização da energia (MEIRIÑO, 2004).

Apesar das potencialidades encontradas no clima tropical brasileiro, alguns arquitetos não tiram partido dos contextos urbano e climático em seus projetos. Segundo alguns autores, os arquitetos devem saber avaliar os contextos urbano e climático, verificando a orientação solar, os ventos dominantes, entre outros (GONÇALVES e DUARTE, 2001, SAYEGH, 2001). O vínculo com as características ambientais tornou-se quase que extinto depois do advento dos meios mecânicos de refrigeração e iluminação. Devido a isso, grande parte das edificações consome mais energia do que consumiriam se fossem projetadas utilizando o potencial oferecido pelos condicionantes climáticos. Fato decorrente da disseminação do estilo internacional, que promoveu a padronização da arquitetura, independentemente de clima ou situação geográfica.

É importante, portanto, que a preocupação bioclimática esteja presente em toda corrente arquitetônica, contrariando o “estilo internacional” adotado por alguns arquitetos (BITTENCOURT, 2005). Cabendo ao profissional da construção civil empregar técnicas de projeto e estratégias bioclimáticas que proporcionem a construção de edificações mais adequadas ao clima em que estão inseridas, de modo a promover o conforto térmico, luminoso e acústico no interior dos ambientes, com baixo consumo de energia e maior eficiência energética.

A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia, logo, um edifício é mais eficiente energeticamente que o outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia (LAMBERTS *et al*, 2004).

Pode-se dizer que arquitetura bioclimática e a eficiência energética funcionam como aliadas no combate ao grande consumo de energia elétrica das edificações; pois, se os arquitetos e engenheiros tivessem mais conhecimento sobre a eficiência energética na arquitetura, e aplicassem esses conhecimentos em seus projetos; evitariam a necessidade de maior produção de eletricidade no país, e os usuários seriam beneficiados com economia nos custos da obra e no consumo de energia (LAMBERTS *et al*, 2004).

É através das estratégias bioclimáticas de projeto que o profissional consegue identificar os condicionantes climáticos e escolher qual a forma mais apropriada de tratá-lo no projeto de uma edificação. Segundo BITTENCOURT (2005), o grau de bioclimatismo dependerá da filosofia arquitetônica do profissional, bem como aspectos físicos, sociais, econômicos e culturais envolvidos em cada projeto.

Segundo o PROCEL (2005), o bioclimatismo é o desenvolvimento de boas práticas na criação arquitetônica baseadas na pesquisa de tecnologias tradicionais ou inovadoras, objetivando a conservação de energia e evitando seu desperdício.

Até pouco tempo não existia no Brasil nenhuma norma que estimulasse a prática de projetos com preocupações energético-ambientais. No entanto, as agressões ao meio ambiente, a padronização arquitetônica promovida pelo “estilo internacional”, as crises no setor energético e as mudanças climáticas, entre outros fatores, estimularam reações em diversas partes do mundo no sentido de reduzir os malefícios do processo de desenvolvimento do homem no planeta.

Em fevereiro de 2009 foi lançado o Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, que tem como objetivo estimular a produção de edifícios de comércio, serviços e públicos entes do ponto de vista energético. No entanto, no meio profissional vem se discutindo se a adoção desse regulamento não implicaria na padronização das novas edificações restringindo a criatividade dos projetistas e, ao mesmo tempo, gerando uma produção arquitetônica com características uniformes.

2. OBJETIVO

Demonstrar que a utilização do Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos não implica na produção de edifícios pouco criativos e de configurações semelhantes (padronizados) usando como estudo de caso o projeto de um edifício de escritórios localizado em Maceió-Al.

energética. Visto que se apresentam revestidas com peles de vidro e sem nenhuma proteção contra a radiação solar direta, por exemplo.

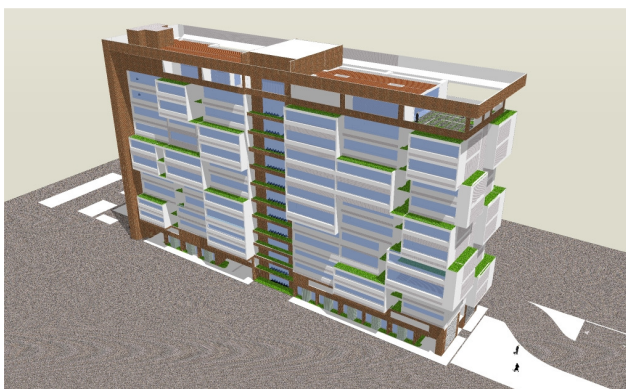


Figura 5: Perspectiva externa do edifício proposto no projeto
Fonte: Acervo do autor

O edifício de escritórios proposto no projeto apresenta treze pavimentos mais o subsolo com estacionamento, como mostra a Figura 5. O pavimento térreo é composto por uma galeria comercial com dezesseis lojas, apresenta dois pátios abertos e cobertos, circulação vertical formada pela recepção e escada e elevador de emergência e, na parte posterior, banheiros, depósitos e elevador de serviço.

O primeiro pavimento comporta a praça de alimentação que dispõe de dois espaços para lanchonetes, cada uma medindo cerca de 50m². As lanchonetes são ladeadas por pátios abertos e cobertos, que reúnem mesas para os clientes desses

lugares. Esses pátios possuem banheiros. Neste pavimento existe um auditório com capacidade para 60 pessoas. Junto ao auditório existe um hall aberto que pode servir para exposições. Do outro lado do auditório também há outro hall equipado com banheiros e um apoio para possíveis eventos.

Os pavimentos tipo da torre de escritórios apresentam 12 salas com dimensões que variam de, aproximadamente, 31m² a 65m². A circulação é composta de um corredor que contém jardins em alguns pontos das laterais. As aberturas desses jardins reduzem a carga térmica da edificação, pois parte é absorvida pela vegetação. Outro ponto importante é a ventilação cruzada que essas aberturas permitem, reduzindo a necessidade de refrigeração artificial. Vale ressaltar que o partido de planta da torre de escritórios modifica a cada dois pavimentos. As mudanças são em função da localização dos jardins e dos recuos dos volumes que sacam.

A cobertura é composta de um restaurante com capacidade para cerca de 100 pessoas, entre os ambientes internos e externos. Ela também é servida por um bar com capacidade interna para cerca de 50 pessoas. Este bar se abre para o teto-jardim do edifício. As plantas do projeto podem ser vistas na Figura 6 abaixo.

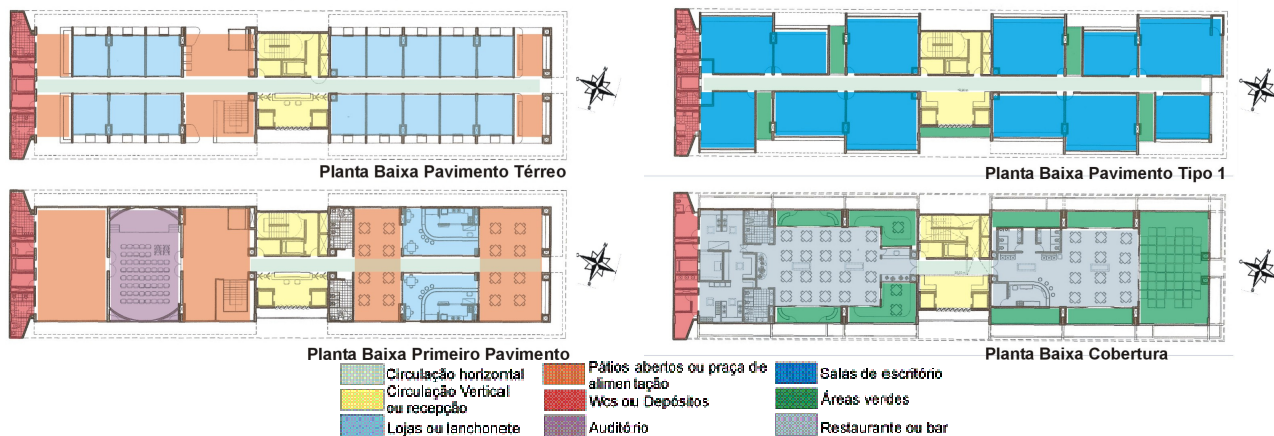


Figura 6: Plantas Baixas do edifício
Fonte: Acervo do autor

3.1.2. Estratégias bioclimáticas adotadas

A forma arquitetônica é uma importante variável para as condições interiores de conforto e, em consequência, para o desempenho energético da edificação (LAMBERTS *et al*, 2004). Outra variável importante é o clima do lugar ao qual a edificação se insere, pois influencia diretamente no emprego de estratégias de projeto que potencializem as vantagens do clima a favor da edificação e do conforto dos usuários.

A seguir, são apresentadas as estratégias e componentes arquitetônicos empregados na concepção do projeto.

3.1.2.1. Orientação

O terreno possui orientação Leste-Oeste, logo, as maiores fachadas da edificação apresentam-se voltadas para o Norte e para o Sul. Esta orientação favorece o trabalho com a ventilação natural, cujos ventos predominantes de Maceió vêm dos quadrantes sudeste e nordeste.

A fachada Norte recebe radiação solar direta todos os meses do ano das 6:10h às 17:30h, aproximadamente (Figura 7). A fachada Sul recebe a radiação solar direta todos os meses do ano das 5:50h às 18:10, aproximadamente (Figura 8). A fachada Leste recebe radiação solar direta do nascer do sol até o meio dia, enquanto que a fachada Oeste recebe a radiação solar direta do meio dia ao pôr-do-sol.

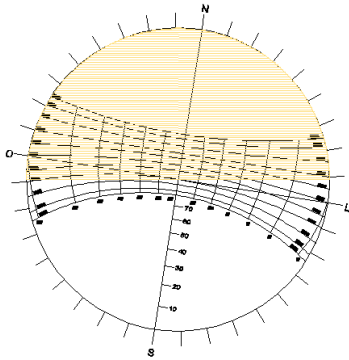


Figura 7: Estudo solar da fachada Norte do terreno
Fonte: Acervo do autor

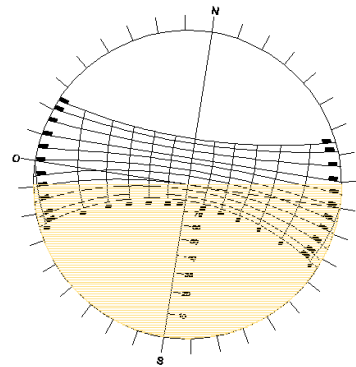


Figura 8: Estudo solar da fachada Sul do terreno
Fonte: Acervo do autor

3.1.2.2. Brises Horizontais

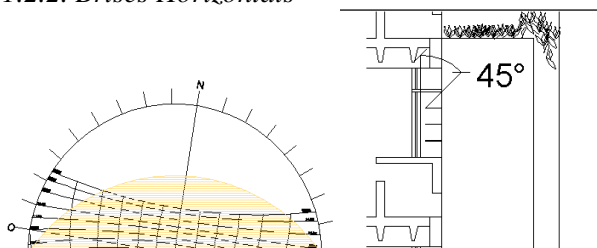


Figura 9: Estudo solar dos protetores da fachada Norte
Fonte: Acervo do autor

A partir dos estudos de insolação feitos para o terreno e edificação, cada fachada recebeu um estudo solar diferenciado para que fossem definidas as suas proteções solares.

Na fachada Norte foram definidos brises horizontais que protegem as aberturas de 7:10h às 16:00h. Algumas partes dessa fachada são protegidas pelas sacadas geradas pelo avanço dos volumes de alguns pavimentos superiores (Figura 9).

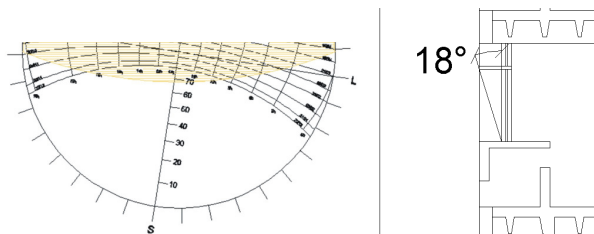


Figura 10: Estudo solar dos protetores da fachada Sul
Fonte: Acervo do autor

Na fachada Sul, o posicionamento da janela, recuada 35 cm da fachada, já permitiu uma proteção satisfatória nos horários mais críticos do dia. Como na fachada Norte, algumas partes da Fachada Sul são protegidas pelo saque dos volumes dos pavimentos superiores (Figura 10).

Na fachada Leste os brises projetados protegem a partir das 8:30h. Já na fachada Oeste eles protegem desde a manhã até as 15:10h (Figura 11).



Figura 11: Estudos solares para os protetores. Esquerda fachada Leste e direita fachada Oeste
Fonte: Acervo do autor

3.1.2.3. Bandeiras com prateleiras de luz

Bandeiras com prateleiras de luz foram implantadas nos ambientes voltados para as fachadas Norte e Sul, como meio de favorecer a iluminação natural das salas de escritório da edificação, como mostra a Figura 12. Elas ajudarão na reflexão dos raios solares para o teto dos ambientes internos, aumentando seus níveis de iluminamento. Dessa forma, é reduzida a necessidade de ativação da luz artificial. Vale ressaltar que foram feitos os cálculos do projeto luminotécnico dos ambientes que constam no projeto.

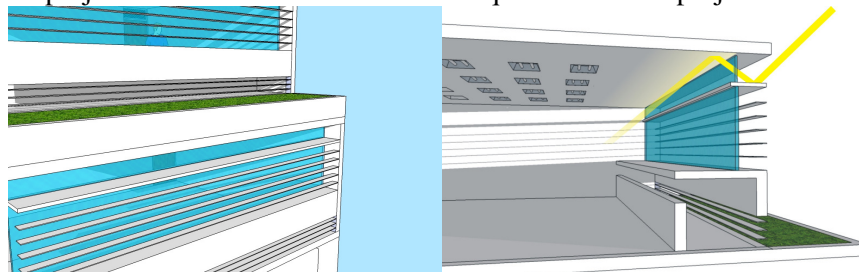


Figura 12: Prateleira de luz refletindo os raios solares
Fonte: Acervo do autor

3.1.2.4. Iluminação zenital

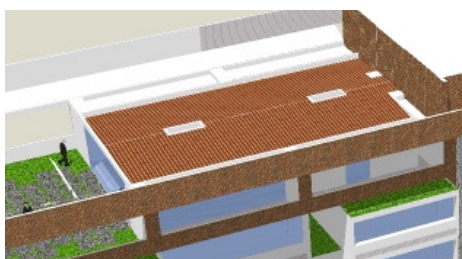


Figura 13: Clarabóias para iluminação zenital
Fonte: Perspectiva de Camila Sirqueira

A iluminação zenital foi empregada nos ambientes da cobertura da edificação. Esses ambientes são o restaurante e o bar. Clarabóias com área variando entre $0,36 \text{ m}^2$ e $1,2 \text{ m}^2$, foram dispostas a evitar ao máximo a utilização da iluminação artificial nos salões do bar e do restaurante durante o dia. A parte de serviços do restaurante também recebeu clarabóias (Figura 13).

3.1.2.5. Ventilação Cruzada

O partido arquitetônico longitudinal sugerido pelo terreno e a orientação das maiores fachadas voltadas para o Norte e para o Sul, favoreceram a utilização da ventilação cruzada como meio de refrigeração passiva da circulação da edificação. Um corredor central formado por salas de escritório que se alternam entre jardins abertos, tiram proveito dos ventos dominantes, o Sudeste e o Nordeste, ventilando de maneira passiva a edificação (Figura 14).

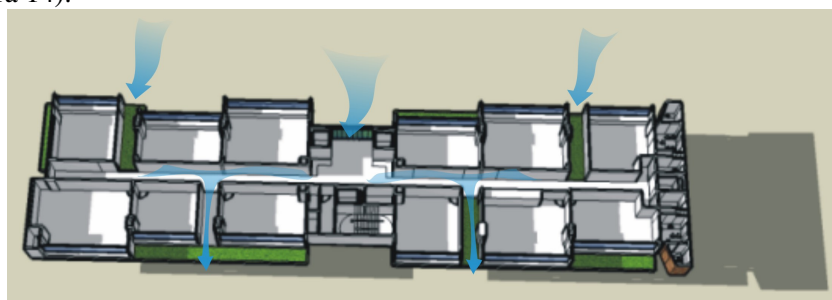


Figura 14: Pavimento tipo mostrando a circulação com jardins que favorece a ventilação natural
Fonte: Perspectiva de Camila Sirqueira

3.1.2.6. Peitoril ventilado

O peitoril ventilado foi incorporado às fachadas Norte e Sul, para auxiliar na ventilação natural interna das salas de escritório, como mostra a Figura 15. Aproveitando também os ventos dominantes da região, esses componentes aparecem como opção energeticamente eficiente por incrementarem a ventilação das salas sem a necessidade de meios artificiais de refrigeração.

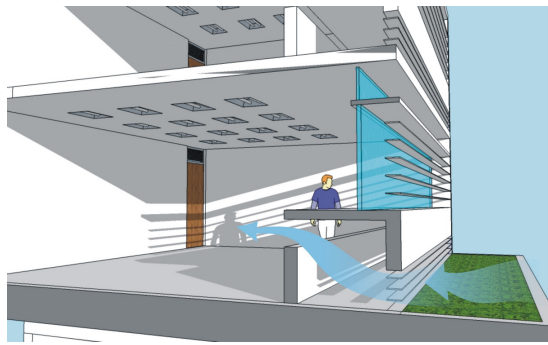


Figura 15: Peitoril ventilado, ajuda na ventilação natural
Fonte: Acervo do autor

É importante frisar que todas as salas possuem lajes para Split. Logo, cabe ao usuário decidir qual dos meios de refrigeração oferecidos pelo edifício ele prefere. O resfriamento passivo através dos peitoris ou o mecânico utilizando os Splits.

Ressalva-se ainda que, para a utilização do peitoril ventilado, é ideal que as portas do ambiente, principalmente as voltadas para o corredor, possuam venezianas, pois estas atuarão como aberturas de saída para o ar, favorecendo a ventilação cruzada nesses ambientes.

3.1.2.7. Teto-jardim e jardins

Na cobertura da edificação existe um teto-jardim que atua como massa térmica de resfriamento, isto é, ele é responsável por absorver parte dos ganhos térmicos que a radiação solar oferece à edificação, funcionando como seu isolante térmico (Figura 16).

No teto dos volumes que sacam das laterais da edificação, também são encontrados pequenos tetos-jardim para efeito térmico-isolante. Ao longo dos corredores de circulação, como já mencionado, existem jardins que, além de permitirem a passagem do ar e de absorverem parte da carga térmica dos raios solares, eles são um atrativo para os olhos no sentido de que aproximam os usuários do prédio à natureza.



Figura 16: Tetos-jardim para redução da carga térmica
Fonte: Acervo do autor

A redução da carga térmica que a edificação receberia, resulta em uma menor temperatura interna dos ambientes, sobrecarregando menos o funcionamento dos condicionadores de ar das salas que o estiverem utilizando.

Percebe-se, com isso, que o emprego adequado das estratégias bioclimáticas de projeto podem proporcionar ambientes confortáveis, fazendo com que os meios mecânicos de iluminação e refrigeração sejam utilizados apenas quando realmente necessário.

3.2. Pré-requisitos para determinação da eficiência do projeto

Para se determinar a eficiência energética do projeto o RTQ determina que sejam atendidos pré-requisitos gerais e específicos de acordo com o item a ser classificado.

3.2.1. Pré-requisitos gerais

O projeto prevê circuito elétrico com possibilidade de medição por uso final. Por ser um edifício de escritórios, não se faz necessária a instalação de sistema de água quente, em função do uso final do edifício. O edifício prevê controle inteligente de tráfego para seus elevadores e suas bombas de água centrífugas seguem a indicação PBE/INMETRO.

3.2.2. Pré-requisitos específicos para o nível A

Os pré-requisitos específicos a seguir dizem respeito à Envoltória e ao Sistema de Iluminação, que são os itens do RTQ abordados neste artigo.

No caso da Envoltória, foram respeitados os dos níveis de transmitância indicados no RTQ para a cobertura e para as paredes, que é de $2,0 \text{ W/m}^2\text{k}$ para ambientes não condicionados, como é o caso dos ambientes da cobertura. Neste projeto, aproximadamente 53% da cobertura é formada por telha de barro com forro de laje mista; com telhas de 1 cm de espessura e laje de 12 cm de espessura. Este porção da cobertura também apresenta aberturas zenitais que respeitam os limites de aberturas zenitais do RTQ. Os outros 57% são formados por teto-jardim com laje de 15 cm de espessura, cobertura de terra de 30 cm de espessura com grama.

Para as paredes, o valor máximo de transmitância a ser atingido é de $2,5 \text{ W/m}^2\text{k}$ para paredes com capacidade térmica máxima de $80 \text{ kJ/m}^2\text{k}$ e de $3,7 \text{ W/m}^2\text{k}$ para paredes com capacidade térmica superior de $80 \text{ kJ/m}^2\text{k}$. Dessa forma as paredes do edifício serão formadas por tijolos maciços aparentes assentados com argamassa com cerca de 1 cm de espessura, formando paredes com 10 cm de espessura. Essas paredes aparecem no edifício com dois acabamentos respeitando o item cores e absorvância do RTQ, que devem ser baixos. Assim, os volumes externos que formam as salas de escritório apresentam paredes de tijolos

aparentes pintadas na cor branca, as demais partes externas do edifício permanecem com paredes de tijolos aparentes com acabamento em verniz incolor à base de silicone.

Para o Sistema de iluminação o projeto prevê controle manual para acionamento independente da iluminação interna dos ambientes. A contribuição da luz natural também foi considerada de modo que o projeto de iluminação dos ambientes permite o acionamento independente das fileiras de luminárias próximas à janela. Nos ambientes com mais de 250 m² – auditório e salão de bar e restaurante – foram previstos dispositivos de controle automático para desligamento da iluminação.

3.3. Procedimento para determinação da eficiência da Envoltória – Método prescritivo

Para se classificar a envoltória da edificação é necessário calcular seu indicador de consumo. Esse indicador de consumo é um índice que vai apontar se a edificação é mais eficiente ou menos eficiente. A sua determinação implica no cálculo de outras variáveis cujos valores são baseados nos dados do projeto, neste caso, do projeto.

A fórmula para o cálculo do indicador de consumo é a seguinte:

$$IC_{env} = -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 290,25.FF.PAF_T + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,58 \quad \text{Equação 1}$$

Ela é especificada para as edificações que possuem áreas de projeção de coberta maiores que 500m² e que façam parte da Zona Bioclimática 8, conforme a NBR 15220, parte 3. O projeto também deve atender ao fator de forma mínimo que é de $FF = 0,17$.

Segundo a regulamentação, deve-se fazer o cálculo dos limites máximo e mínimo, $IC_{máxD}$ e $IC_{mínD}$, que representam o intervalo dentro do qual a edificação proposta deve se inserir. Este intervalo é dividido em quatro partes que serão encontradas depois do cálculo da subdivisão i do intervalo, conforme a equação Equação 2.

$$i = (IC_{máxD} - IC_{mínD}) / 4 \quad \text{Equação 2}$$

Os valores obtidos devem ser substituídos na tabela abaixo para que sejam determinados os limites dos intervalos dos níveis de eficiência para o projeto.

Substituindo i na tabela abaixo que determina os intervalos de classificação, temos:

Tabela 1: Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Lim Máx	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

Dessa forma será determinado o seu nível de eficiência para a Envoltória.

3.4. Procedimento para determinação da eficiência do Sistema de Iluminação – Método prescritivo

Para determinar o nível de eficiência do Sistema de Iluminação, deve-se calcular o índice de ambiente K de cada ambiente. Depois deve-se determinar o limite máximo de densidade de potência de iluminação relativa DPI_{RL} para o nível A, que é o nível pretendido. Em seguida deve-se identificar o nível de iluminância para cada ambiente de acordo com a NBR 5413 – Iluminância de Interiores.

A partir daí, faz-se o cálculo do projeto luminotécnico e da vida útil do sistema de iluminação para 24 meses, com coeficiente de manutenção de 0,8, pelo método dos lúmens. No cálculo do projeto luminotécnico é estipulado o número de luminárias de cada ambiente em função do fluxo luminoso do ambiente e da lâmpada escolhida. Assim, é feito, posteriormente, o cálculo da densidade de potência de iluminação do projeto luminotécnico DPI_{RF} , que deve ser menor que os DPI_{RL} , para que tenha classificação A do nível de eficiência energética.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados referentes à avaliação da Envoltória e do Sistema de Iluminação do edifício proposto no projeto.

4.1. Avaliação da Envoltória do edifício segundo a Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

A regulamentação determina que, para edificações com área de projeção de coberta com mais de 500m², que fazem parte da Zona Bioclimática 8, deve-se calcular o índice de consumo IC_{env} , de acordo com a seguinte fórmula:

$$IC_{env} = -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 290,25.FF.PAF_T + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,58$$

Equação 1

Para tanto, foram calculadas as seguintes variáveis, de acordo com os dados do projeto:

- $A_{p_{cob}}$: Área da projeção da cobertura (m^2) $\Rightarrow 1.026,38 m^2$
- A_{tot} : Área total de piso (m^2) $\Rightarrow 9.928,44 m^2$
- A_{env} : Área da envoltória (m^2) $\Rightarrow 8.936,22 m^2$
- AVS: Ângulo vertical de sombreamento, entre 0 e 45° $\Rightarrow 32,85^\circ$
- AHS: Ângulo horizontal de sombreamento, entre 0 e 45° $\Rightarrow 3,4^\circ$
- FF: (A_{env}/V_{tot}), Fator de Forma $\Rightarrow 0,22$
- FA: ($A_{p_{cob}}/A_{tot}$), Fator Altura $\Rightarrow 0,11$
- FS: Fator Solar $\Rightarrow 0,6$
- PAF_T: Percentual de abertura na fachada total (adimensional para esta equação) $\Rightarrow 0,27$
- V_{tot} : Volume total da edificação (m^3) $\Rightarrow 39.611,15 m^3$

Substituindo-se os valores na equação, o resultado do índice de consumo foi $IC_{env} = 144,54$. Logo, este índice foi comparado com a tabela que mostra os limites dos intervalos dos níveis de eficiência definidos para o projeto:

Tabela 2: Limites dos intervalos dos níveis de eficiência definidos para o projeto

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	153,54	159,49	165,43	171,38
Lim Máx	153,52	159,48	165,42	171,37	-

De acordo com a tabela acima, o valor $IC_{env} = 144,54$, corresponde ao intervalo com nível de eficiência energética **A**, que caracteriza a envoltória com a mesma denominação, para este quesito.

4.2. Avaliação do Sistema de iluminação do edifício segundo a Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

Para classificar o sistema de iluminação como mais eficiente ou menos eficiente, determinou-se o índice de ambiente K de cada ambiente, de acordo com a Equação 3:

$$K = C.L / h (C + L)$$

Equação 3

Onde:

- K é o índice do ambiente (adimensional)
- C é o comprimento total do ambiente em metros
- L é a largura total do ambiente em metros
- h é a altura média em metros entre a superfície do plano de trabalho e das luminárias

Em seguida foi calculado o limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação DPI_{RL} para o nível de eficiência A, de acordo com a tabela abaixo, fornecida pela regulamentação. Os demais valores intermediários foram encontrados por interpolação de dados como aconselha a regulamentação.

Tabela 3: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação DPI_{RL}

Índice de ambiente K	Densidade de Potência de Iluminação relativa W/m ² /100lux (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação relativa W/m ² /100lux (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação relativa W/m ² /100lux (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação relativ. W/m ² /100lux (Nível D)
0,60	2,84	4,77	5,37	6,92
0,80	2,50	3,86	4,32	5,57
1,00	2,27	3,38	3,77	4,86
1,25	2,12	3,00	3,34	4,31
1,50	1,95	2,75	3,00	3,90

A partir daí foi feita a identificação da iluminância de projeto adequada a cada ambiente de acordo com a NBR 5413 – *Iluminância de Interiores*. Para tanto, foram estabelecidas idades médias de 40 a 55 anos para os usuários do edifício, uma velocidade de precisão de tarefas importante e uma refletância do fundo da tarefa da ordem de 30% a 70%.

Posteriormente foi feito o cálculo do projeto luminotécnico, calculando-se também a iluminância no final da vida útil do sistema de iluminação (24 meses, utilizando um coeficiente de manutenção de 0,80). Os cálculos do projeto luminotécnico foram feitos seguindo o método dos lumens.

Em seguida foi feito o cálculo da densidade da potência de iluminação obtida no projeto

luminotécnico (DPI_{RF}) em W/m^2 por 100 lux de iluminância no final da vida útil do sistema de iluminação, que é de 24 meses. Depois de calculado esse índice, o DPI_{RF} , ele foi comparado com o DPI_{RL} para classificarmos os ambientes. Assim, DPI_{RF} deve ser menor que DPI_{RL} , para que seja considerado um bom sistema de iluminação. Para os DPI_{RF} maiores que DPI_{RL} do nível D, os sistemas serão considerados de nível E. No caso deste artigo, os cálculos dos DPI_{RF} e DPI_{RL} , mostraram que o projeto possui 60,8% do seu sistema de iluminação com nível de eficiência B, sendo então, essa a sua classificação.

5. CONCLUSÕES

É importante frisar que todos os aspectos envolvidos na concepção de um projeto devem ser bastante pensados, levando em consideração todos os fatores que podem interferir na criação do mesmo como: os condicionantes climáticos, as características do terreno, os condicionantes legais, as intenções plásticas, entre outros.

Atualmente, as constantes transformações do meio ambiente, os custos com produção e consumo de energia elétrica, entre outros acontecimentos, trouxeram à tona a preocupação com a sustentabilidade, neste caso, a do espaço construído, e com a eficiência energética.

Esses paradigmas também fazem parte do rol de fatores que determinarão as condições que nortearão a concepção dos projetos. Prova disso, é o regulamento brasileiro aplicado neste trabalho. Este regulamento terá caráter obrigatório a partir de 2014. Logo, é ideal que os profissionais da construção civil estejam sempre em sintonia com as mudanças, pois assim, serão capazes de responder às necessidades da atualidade.

Neste trabalho, os materiais indicados no projeto e as suas cores, tiveram forte influência do RTQ. O branco foi escolhido por apresentar baixa absorvância, ou seja, significa dizer que a edificação vai absorver menos carga térmica dos raios solares incidentes. O tijolos aparentes foram escolhidos por serem materiais naturais (argila cerâmica), que possuem baixa transmitância, contribuindo também para amenizar os ganhos térmicos da radiação solar direta.

O emprego das áreas com vegetação e tetos-jardim, além de ser uma intenção pessoal, teve influência da regulamentação, pois se enquadram como quesitos de incentivo que recebem pontos adicionais na hora da avaliação.

Percebe-se então, que a atualização é muito importante para o profissional da área de construção civil e que a quantidade de fatores envolvidos na concepção de projetos, cada dia aumenta e requer um conhecimento mais abrangente. Com o RTQ, novos nichos de atuação profissional surgem, trazendo consigo a necessidade de concatenar conhecimento e profissionais de especialidades diferentes, constituindo, portanto, uma excelente oportunidade para a criação de soluções arquitetônicas mais adaptadas ao meio ambiente climático, ao tempo que estimula linguagens plástico-espaciais mais criativas.

Este trabalho apresentou o projeto de um edifício de comércio e serviços em Maceió que obteve nível de eficiência energética parcial A para sua envoltória, e nível de eficiência energética parcial B, para o seu sistema de iluminação.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15220-3**. Desempenho Térmico de Edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Janeiro, 2003.
- _____. **NBR 5413**. Iluminância de interiores. Abril. 1992.
- BIG – Banco de Informações Gerais, 2002
- BITTENCOURT, Leonardo S. CANDIDO, Christhina. **Introdução à Ventilação Natural**, Maceió, Edufal, 2005.
- GONÇALVES, J. C. e DUARTE, D. **Como melhorar a eficiência energética nos edifícios**. Revista Projeto/Design. 2001. Disponível em: <www.arcoweb.com.br> Acesso em: 21 mar. 2003.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Ed 2ª, revisada. São Paulo:Prolivros, 2004.
- MEIRIÑO, Marcelo. **Projeto arquitetônico deve incorporar elementos de eficiência energética**. Revista Projeto Design. Edição 291. 2004.
- PROCEL, **Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. 2009.
- PROCEL. PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Notícias. Portal: <<http://www.eletronbras.com/pci/main.asp>>, 2003-2005.
- SAYEGH, S. Força domada: quilowatts de economia. **Revista Tèhne**. São Paulo, n. 53, ago. 2001.