

LUIZ FERNANDO SÁBIO XAVIER DE CAMARGO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES:
UM ESTUDO DE CASO NA BIBLIOTECA DA UNESP DE GUARATINGUETÁ

Guaratinguetá

2013

LUIZ FERNANDO SÁBIO XAVIER DE CAMARGO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES: UM
ESTUDO DE CASO NA BIBLIOTECA DA UNESP DE GUARATINGUETÁ

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Doutor José Bento Ferreira

Guaratinguetá

2013

C172e

Camargo, Luiz Fernando Sábio Xavier de

Eficiência Energética e sustentabilidade em edificações: um estudo de caso na biblioteca da UNESP de Guaratinguetá / Luiz Fernando Sábio Xavier de Camargo – Guaratinguetá : [s.n], 2013.

73 f. : il.

Bibliografia : f. 71-72

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.

Orientador: Prof. Dr. José Bento Ferreira

1. Construção civil 2. Sustentabilidade 3. Energia elétrica –
conservação I. Título

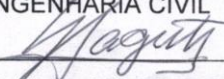
CDU 69

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES

LUIZ FERNANDO SÁBIO XAVIER DE CAMARGO

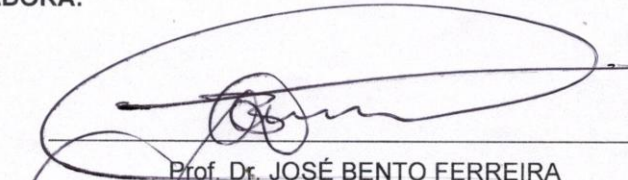
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

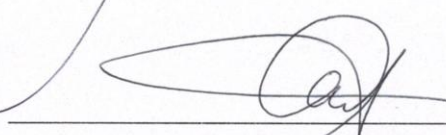

Prof. Dr. YZUMI TAGUTI

Coordenador

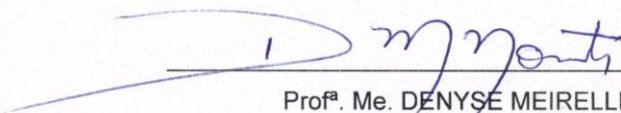
BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. JOSÉ BENTO FERREIRA

Orientador FEG/UNESP


Prof. Dr. ANTONIO WANDERLEY TERNI

FEG/UNESP


Profª. Me. DENYSE MEIRELLES NOCITI

FEG/UNESP

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são uma forma simples de demonstrar a satisfação e a gratidão que sinto de pessoas que fazem parte da minha vida. Os agradecimentos que se seguem não se referem unicamente ao trabalho de graduação, o qual foi elaborado no último ano de faculdade. É mais que isso. São pessoas que colaboraram de forma singular em todo o período da graduação, tornando-o inesquecível.

Agradeço, em primeiro lugar, meus pais. Minha mãe, Márcia, mulher incrível, profissional exemplar, de uma sintonia com a positividade invejável. Meu pai, Adyr, exemplo de vida, sempre comprometido com a honestidade, bondade e a incomparável capacidade de agradar as pessoas. Não existem elogios à altura destes dois pilares da minha vida. Obrigado por tudo.

À minha avó, Luzia, mulher de força, um modelo de como a vida deve ser vivida.

A toda minha família, presente em todos os momentos da minha trajetória, fornecendo apoio sempre que necessário e reconhecendo a todo instante meus esforços.

Aos meus colegas de faculdade, que fizeram parte destes anos únicos da vida, que tornaram minha graduação mais feliz nos momentos de dificuldade.

Aos meus amigos de longa data, que apesar de minha ausência por diversas ocasiões, nunca mudaram seu modo de agir.

Ao meu orientador José Bento Ferreira, que me forneceu apoio, orientando o desenvolvimento deste trabalho de maneira categórica.

À minha namorada, Patricia, pelo amor demonstrado em todos os momentos, pelo apoio em qualquer situação.

A todos da república Fim do Mundo, minha segunda família, responsável pelos melhores anos de minha vida.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram pela minha caminhada, pelo meu crescimento profissional e pessoal.

CAMARGO, L.F.S.X. **Eficiência energética e sustentabilidade em edificações: um estudo de caso na biblioteca da UNESP de Guaratinguetá.** 2013. 73 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

RESUMO

A eficiência energética ganhou importância relevante nos últimos anos, devido, principalmente, à conjuntura das condições climáticas e oferta de recursos naturais atuais. O presente trabalho trata dos procedimentos e requisitos necessários para avaliar uma edificação a um nível de eficiência correspondente ao seu projeto e ao que realmente foi executado. Para realizar essa análise, foi adotado o regulamento técnico de eficiência elaborado pelo Procel juntamente com outros órgãos do setor. O regulamento visa criar um modelo técnico para a avaliação da eficiência de edificações, popularizar o tema e ampliar as especificações das condições até hoje elaboradas. A edificação analisada neste estudo foi a biblioteca da UNESP, campus de Guaratinguetá. Ainda, após a conclusão da análise final de eficiência, foram apresentadas propostas de intervenção que podem melhorar e incrementar a situação presente da edificação. As intervenções baseiam-se em diversos fatores técnicos e das condições locais de clima e oferta de recursos. O assunto de sustentabilidade foi explanado a fim de servir de ferramenta para ampliar as opções disponíveis na melhoria de uma edificação perante o seu impacto no meio ambiente.

Palavras-chave: eficiência energética, procel edifica, sustentabilidade, construção civil.

CAMARGO, L.F.S.X. **Energy efficiency and sustainability in buildings: a case study in the UNESP Guaratinguetá library.** 2013. 73 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

ABSTRACT

Energy efficiency has gained significant importance in recent years, mainly due to cyclical climatic conditions and current supply of natural resources. The present work deals with the procedures and requirements necessary to evaluate a building to a level of efficiency corresponding to your project and the actual implemented. To perform this analysis, we adopted the technical regulation efficiency prepared by Procel along with other agencies of the sector. The Regulation aims to create a model for the technical evaluation of the efficiency of buildings, popularize and expand the theme specification of conditions drawn up today. The building analyzed in this study was the library of UNESP, Guaratinguetá. Still, after the completion of the final efficiency analysis, are presented proposals for intervention that can improve and enhance the present situation of the building. The interventions are based on many technical factors and local conditions of climate and supply of resource. The issue of sustainability was explained in order to serve as a tool to expand the options available to upgrade a building in front of their impact on the environment.

Keywords: energy efficiency, procel edifica, sustainability, civil construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma presente no RAC resumindo os procedimentos de obtenção da autorização do uso do ENCE.....	16
Figura 2: sistema de captação da água da chuva	46
Figura 3: sistema de aquecimento solar para edificações.....	49
Figura 4: cimento CP-III e sua composição	50
Figura 5: tijolos ecológicos.....	51
Figura 6: torneiras automáticas	51
Figura 7: posicionamento da biblioteca no terreno da UNESP – campus Guaratinguetá.....	54
Figura 8: Planta baixa da biblioteca	55
Figura 9: brise de soleil móvel	64
Figura 10: cobertura de varanda com pergolado	65
Figura 11: Velocidades predominantes dos ventos por direção.	67
Figura 12: Frequência de ocorrência dos ventos.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: zona bioclimática 3	19
Tabela 2: valores de absorvência e emissividade para as superfícies mais comuns	20
Tabela 3: limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas.....	21
Tabela 4: limite de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas.....	22
Tabela 5: parâmetros do IC _{máxD}	25
Tabela 6: parâmetros de IC _{mín}	25
Tabela 7: limites dos intervalos dos níveis de eficiência	25
Tabela 8: limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPLL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício	30
Tabela 9: limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPLL) para o nível de eficiência pretendido – método das atividades do edifício	31
Tabela 10: espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração.....	35
Tabela 11: eficiência mínima para caldeira de água a gás	35
Tabela 12: tipo de sistema de condicionamento de ar a ser simulado para caso de edifícios sem projetos de sistema.....	38
Tabela 13: características gerais do sistema a ser modelado	38
Tabela 14: características específicas em função do tipo de sistema de condicionamento de ar a ser modelado	39
Tabela 15: equivalentes numéricos para ventilação natural	42
Tabela 16: relação entre PAZ e FS	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVO	10
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 CERTIFICADOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	13
2.1.1 Procel edifica	14
2.2 REQUISITOS TÉCNICOS DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS	17
2.2.1 Envoltória	18
2.2.1.1 Procedimento de cálculo	22
2.2.1.2 Procedimento de determinação da eficiência	23
2.2.2 Sistema de iluminação	26
2.2.2.1 Procedimento de determinação da eficiência	27
2.2.3 Sistema de condicionamento de ar	34
2.2.3.1 Procedimento de determinação da eficiência	35
2.2.4 Simulação	37
2.3.1 Gestão e economia da água	44
2.3.2 Reuso da água	45
2.3.3 Uso sustentável de energia	47
2.3.4 Materiais de baixo impacto ambiental	49
3 ESTUDO DE CASO – BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ	53
3.1 CÁLCULO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA	55
3.2 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	63
3.2.1 Brises Móveis	63
3.2.2 Pergolado	64
3.2.2.1 Viabilidade	65
3.2.3 Janelas de grandes aberturas	66
4. CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS	71
GLOSSÁRIO	73

1. INTRODUÇÃO

A engenharia civil remete dos tempos primórdios e tem seu início encoberto pela mesma dúvida do começo da vida humana. Sua prática propriamente dita ganha notoriedade no Antigo Egito e Mesopotâmia, quando começaram as primeiras construções. Seu ramo de atividades principal sempre foram obras que trouxessem benefícios diretos ou indiretos àqueles envolvidos, seja na construção de habitações, obras de infra-estrutura ou como formas de facilitar a vida das pessoas. E é nessa mesma ideia que a engenharia é vista até hoje.

Um estudo ou trabalho na área significa, em termos gerais, tratar de temas que exemplifiquem o que as pessoas pensam da engenharia civil. Entre eles, implantação de sistemas construtivos mais modernos, novos e melhores materiais de construção civil, otimização das técnicas executivas existentes e reformulação de teorias na didática do ensino.

Porém, nas últimas décadas, as mudanças climáticas, a diminuição na oferta de matéria prima natural e o amadurecimento de novos ideais introduziram outros ramos na tão tradicional engenharia civil.

Para entender a necessidade de realizar um trabalho de graduação na área de eficiência energética e sustentabilidade em edificações podem-se detalhar alguns dados interessantes. O último relatório do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, órgão das Nações Unidas responsável por produzir informações científicas) afirmou que há 90% de certeza que o aumento na temperatura na terra está sendo causada pelos homens. O terceiro relatório deste mesmo órgão mostra a possibilidade de crescimento da temperatura mundial de 1,4°C a 5,8°C até o final do século. Aproximadamente 97% do CO₂ emitido pelos países industrializados do ocidente vêm da queima de carvão, óleo e gás usados para produzir energia.

Isso tudo mostra a nociva mudança que vem ocorrendo no nosso modo de viver e em como tratamos os recursos disponíveis. A importância desse tema é facilmente perceptível na mudança de postura de grandes empresas em relação ao meio ambiente.

Hoje, vemos imóveis sendo valorizados por estarem em harmonia com a natureza. Notamos a mudança do alvo publicitário de grandes construtoras, incorporando em sua divulgação as atividades que realizam em prol do meio

ambiente, as obras com itens sustentáveis e a mudança de postura da política da empresa.

As cidades estão implantando, cada vez mais, a ideia da importância de contribuir em favor da sustentabilidade. Têm-se como exemplo, políticas públicas que beneficiam os cidadãos caso esses mudem seus costumes em favorecimento a natureza. Na cidade de São Carlos, estado de São Paulo, os moradores terão já em 2014, desconto de até 4% no IPTU se possuírem árvores plantadas na calçada ou terreno com área permeável. Segundo José Galizia Tundisi, secretário de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia, “A intenção da prefeitura é justamente dar condições para que nós possamos ter uma condição melhor de paisagem na cidade e, além disso, as funções ecológicas da vegetação, como melhorar qualidade do ar e sombra”.

Ainda, o aparecimento dos chamados certificados energéticos ganha cada vez mais força. Eles estão sendo aprimorados com base em recentes pesquisas e alcançam resultados interessantes para ampliar sua aplicação nos mais diversos níveis de consumo da população. No Brasil, a presença cada vez mais marcante destes certificados, alguns deles com desenvolvimento integralmente nacional, como é o caso do Procel Edifica, instituído pela Eletrobrás/Procel.

A partir de 2007, entrou em vigência em muitos países europeus a obrigatoriedade de certificados energéticos das residências. Assim, qualquer um que tentar vender uma casa deverá apresentar seu certificado e terá, conseqüentemente, mais dificuldade em fazê-lo caso apresente alto consumo energético.

A mudança de atitude das pessoas, empresas e governo em relação à interferência negativa do homem na natureza é notória e afeta nosso dia-a-dia. As iniciativas estão cada vez mais claras e desenvolvidas, proporcionando melhorias significativas na vida das pessoas. Quanto mais estudos houver neste setor, melhor será a aceitação de todos na percepção da necessidade de mudanças.

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar os requisitos e condições de uma edificação com eficiência energética, abordando propostas de melhoria e soluções viáveis aos problemas mais comumente encontrados. Ainda, o trabalho procura aliar

a essas condições conceitos de sustentabilidade, que possam influir positivamente no meio ambiente. Nessa linha de desenvolvimento, será feito o estudo de caso na biblioteca da UNESP de Guaratinguetá, com análise de sua eficiência e indicação de propostas de melhoria.

1.2. Delimitação da Pesquisa

Esta pesquisa se restringe ao estudo de edificações com problemas em eficiência energética no Estado de São Paulo. Os elementos à disposição para a implantação de práticas sustentáveis são, principalmente, os encontrados no território brasileiro, baseados em suas condições climáticas e territoriais. Os materiais e técnicas abordadas têm seu uso já aprovado ou reconhecido por normas técnicas, estudos ou pela utilização. O certificado de eficiência se restringe ao Procel Edifica.

1.3. Justificativa

A presente pesquisa se justifica pela exponencial demanda por economia de energia dos atuais costumes da sociedade e pela procura intensa por alternativas viáveis ao que se apresenta nos dias de hoje.

Há uma década, falava-se de teorias hipotéticas acerca das mudanças climáticas em escala global, em toda a sua variação, seja ela de temperatura, precipitação ou qualquer outro fator de diferenciação às médias históricas. A base do estilo de vida da sociedade moderna também fazia previsões desanimadoras em relação ao esgotamento dos combustíveis fósseis. Nesses anos, algumas catástrofes naturais e tantas outras causadas pelo homem mudaram o grau de importância para o tratamento destas questões energéticas.

Hoje, as tendências projetadas se tornaram realidade e o problema da eficiência energética ganhou proporções relevantes nas mais diferentes instâncias políticas, econômicas e sociais. Nota-se, principalmente, pela criação não só de estudos independentes na área, mas pela abordagem recente de normas técnicas no tratamento do uso da energia. Ainda, é perceptível o aumento das exigências por mudança dos mais diferentes níveis da sociedade, tanto de indústrias como da população.

Não se pode esquecer a crescente demanda no uso de técnicas e materiais sustentáveis nas edificações. Não somente é possível tornar uma edificação eficiente, como é meritório se ela trouxer benefícios ao meio ambiente. O aparecimento e desenvolvimento de novos materiais que pouco ou nada agredem o meio ambiente impulsionou o setor de construções sustentáveis. O aperfeiçoamento de técnicas construtivas e do manuseio de itens naturais ou recicláveis fez com que a sustentabilidade ganhasse espaço em obras de diferentes áreas, com importantes propósitos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta os principais certificados de eficiência energética utilizados no Brasil e realiza o detalhamento do regulamento técnico elaborado pelo procel na análise da eficiência energética em edificações.

Ainda, serão analisados os fatores, condicionantes e perspectivas da aplicação da sustentabilidade na construção civil, como também propostas de inserção deste conceito nas atividades da engenharia.

2.1. Certificados de eficiência energética

Um dos principais objetivos da eficiência energética é oferecer condições de economia de energia, sem afetar a qualidade, conforto e condições de saúde. Este conceito iniciou-se na Europa com regulamentação para as envoltórias dos edifícios, no fim da década de 1970. Os certificados em si, entretanto, surgiram após duas décadas, com a Diretiva Europeia. A certificação objetivava maior transparência no mercado imobiliário, incentivar o investimento na poupança da energia, ajudar a estabilizar as emissões totais de dióxido de carbono e dotar os novos edifícios com melhores condições energéticas.

Na mesma década, por volta de 1993, se formava o Green Building Council dos EUA (USGBC), grupo formado com pessoas do ramo, como arquitetos, ambientalistas e representantes da construção civil, a fim de promover a sustentabilidade no setor da construção civil.

Com uma pesquisa intensa na área, o USGBC lança o LEED, um sistema de certificação para construções verdes. A partir de uma expectativa da vida útil do edifício, o sistema avalia o desempenho ambiental, gerando um padrão denominado “edifício verde”. O LEED trazia promessas interessantes quanto às vantagens energéticas, entre elas a promessa de consumo de energia até 30% menor, redução de 50% no consumo de água e 80% dos resíduos, além de uma média de redução de 9% nos custos de operação, com custo inicial de 1% a 7% maior para um edifício comercial.

O desenvolvimento dos estudos e pesquisas melhorou a Diretiva Europeia, tornando-a obrigatória em todos os Estados Membros, fazendo com que novos edifícios cumprissem requisitos mínimos de desempenho energético, de acordo com

as condições climáticas locais. Além do isolamento térmico, a nova Diretiva incluía outros fatores como arrefecimento, iluminação e aplicação de fontes de energias renováveis. (HAYDT, Gustavo. 2012)

O processo de criação de uma certificação predominantemente nacional demorou a ocorrer no Brasil, quando, somente em 2007, foi criado um processo de etiquetagem de edificações. No início, tinha validade apenas para edifícios comerciais, de serviço e públicos, através da avaliação dos requisitos do Regulamento Técnico Da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Em 2012, é publicado o regulamento para edifícios residenciais.

“Segundo Marcos André Borges, coordenador do programa de etiquetagem do Inmetro, o objetivo principal do Procel Edifica é provocar um impacto no mercado imobiliário e na medida em que existam prédios etiquetados e outros não, as pessoas iriam dar preferência a esse instrumento” (Globo News, 2012).

O consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país e o potencial de redução deste consumo é de 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações. (Procelinfo, 2013) Percebe-se a importância de introduzir certificação energética no Brasil.

2.1.1 Procel edifica

O Procel incentiva um melhor uso da energia elétrica em edificações desde sua idealização. Através do Procel Edifica essas ações foram ampliadas e organizadas, promovendo o uso racional e eficiente de água, luz, ventilação e outros recursos naturais, amenizando o desperdício e os impactos ao meio ambiente.

O Procel edifica foi instituído em 2003, pela Procel/Eletrobras em conjunto com diversos órgãos de ensino e políticos, entre eles o Ministério de Minas e Energia, Ministério das Cidades, Universidades, centros de pesquisa e entidades ligadas à construção civil.

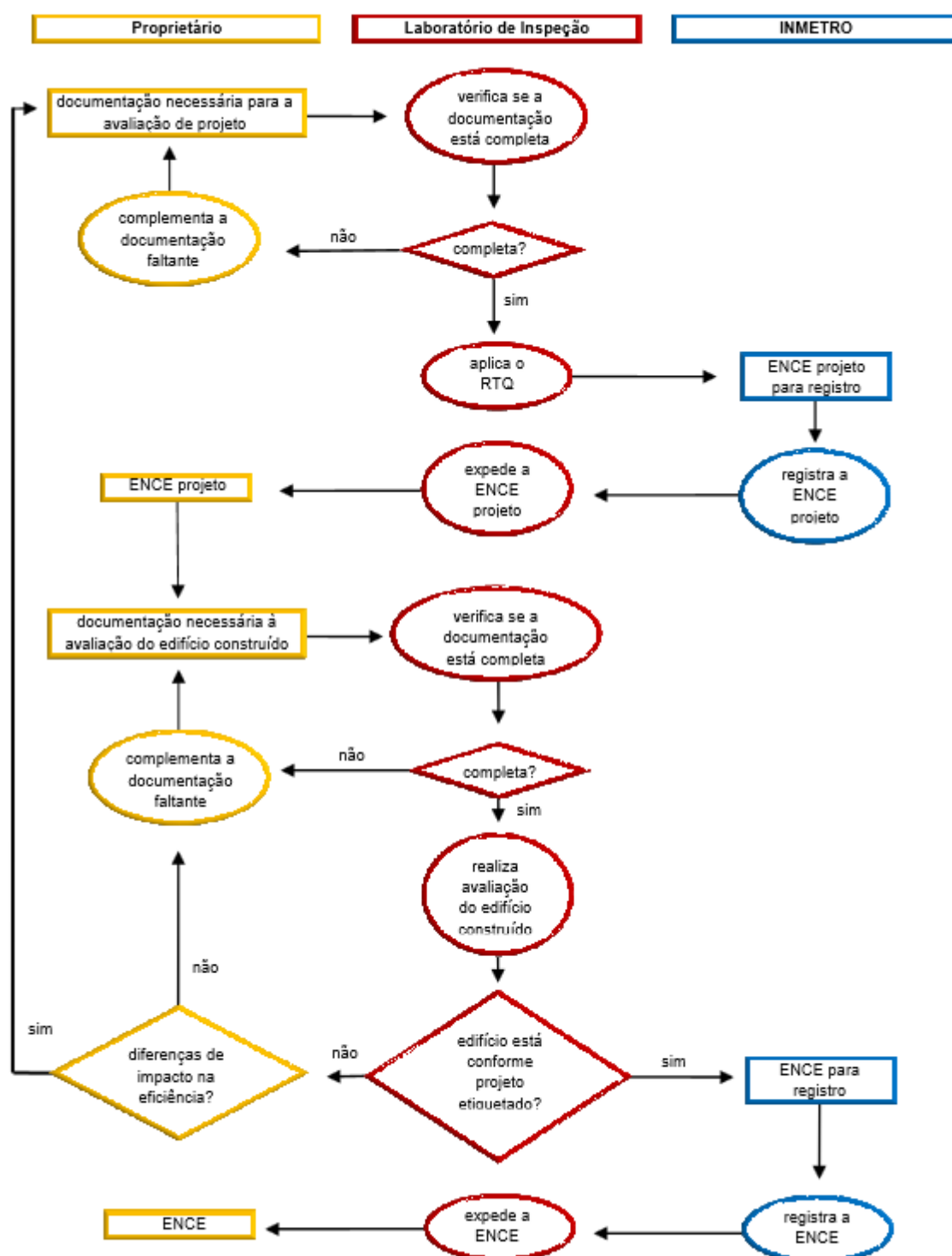
Este programa trabalha através de 6 vertentes de atuação: capacitação, tecnologia, disseminação, regulamentação, habitação e eficiência energética e planejamento.

Os edifícios com área útil superior a 500 m² ou atendidos por alta tensão (grupo tarifário A) podem obter a etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE). Para isso devem atender os requisitos contidos no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) usando o método descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C). A etiqueta pode ser para o edifício completo ou parcial. Esta última refere-se a envoltória ou a combinação da envoltória com outro sistema – iluminação ou condicionamento de ar.

A definição do nível de eficiência pode ser feito por dois métodos diferentes: o prescritivo e simulação. O método prescritivo baseia-se em equações e tabelas, que fornecem ou calculam parâmetros de envoltória, iluminação e condicionamento de ar, para estabelecer um nível de eficiência. O método de simulação, como o próprio nome indica, fundamenta-se numa simulação de dois modelos computacionais que representam dois edifícios: um edifício real (projeto) e um modelo de referência, baseado no modelo prescritivo. O nível de eficiência pretendido é obtido quando o modelo real apresentar consumo inferior ao modelo de referência.

O uso do ENCE pode ocorrer em duas fases do edifício: na fase de projeto, onde ele é gerado com base nos documentos e memoriais fornecidos ao órgão avaliador; e após a construção do edifício, onde é realizada inspeção e medições in situ das informações fornecidas na etapa de avaliação do projeto. (Procelinfo, 2013). A seguir, segue fluxograma do processo de obtenção do uso da ENCE.

Figura 1: Fluxograma presente no RAC resumindo os procedimentos de obtenção da autorização do uso do ENCE



Fonte: (PROCEL EDIFICA, 2007).

2.2 Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos

O material detalhado a cerca de todo o processo e requisitos técnicos elaborados pelo Procel/Eletrobras e as instituições participantes no processo de criação pode ser encontrado nos meios de comunicação dos respectivos citados. Será dada uma generalização do processo, para fins didáticos, com foco no tema de discussão do trabalho, com intuito de fortalecer as questões mais relevantes neste estudo.

O relatório dos requisitos técnicos fornece os elementos necessários para avaliação e adequação de sistemas que necessitam ou desejam de um certificado de eficiência. Destaca-se, no próprio relatório, que o mesmo é válido nos edifícios que atendem as normas da ABNT vigentes. Ainda, isenta-se de responsabilidades aos problemas que possam ser causados nos edifícios, tendo foco principal na eficiência energética.

Em linhas gerais, a análise é feita sobre a envoltória do edifício, seu sistema de iluminação e de condicionamento de ar. A certificação, portanto, é fornecida para estes itens, podendo ser parcial – envoltória ou envoltória e outro sistema – e completa. Atualmente, os edifícios inclusos no sistema devem apresentar área útil mínima de 500 m² e/ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3KV. Os níveis variam de A(mais eficiente) e E(menos eficiente), podendo ser válidos separadamente para cada sistema.(RTQ-C, 2010). Para a classificação geral são estabelecidos pesos para as avaliações parciais, assim distribuídos:

- Envoltória= 30%
- Sistema de Iluminação= 30%
- Sistema de condicionamento de ar= 40%

Para o recebimento da etiqueta de eficiência existe a necessidade de se cumprir alguns requisitos mínimos, descritos para cada nível de eficiência desejado. São eles:

O circuito elétrico, baseado no sistema de medição disponível para ele.

O aquecimento de água, que depende da demanda de cada edifício e do tipo de sistema utilizado pela edificação. Entre eles, incluem-se sistema de aquecimento

solar, aquecedores a gás do tipo instantâneo, sistemas de aquecimento de água por bombas de calor, caldeiras a gás e aquecimento elétrico.

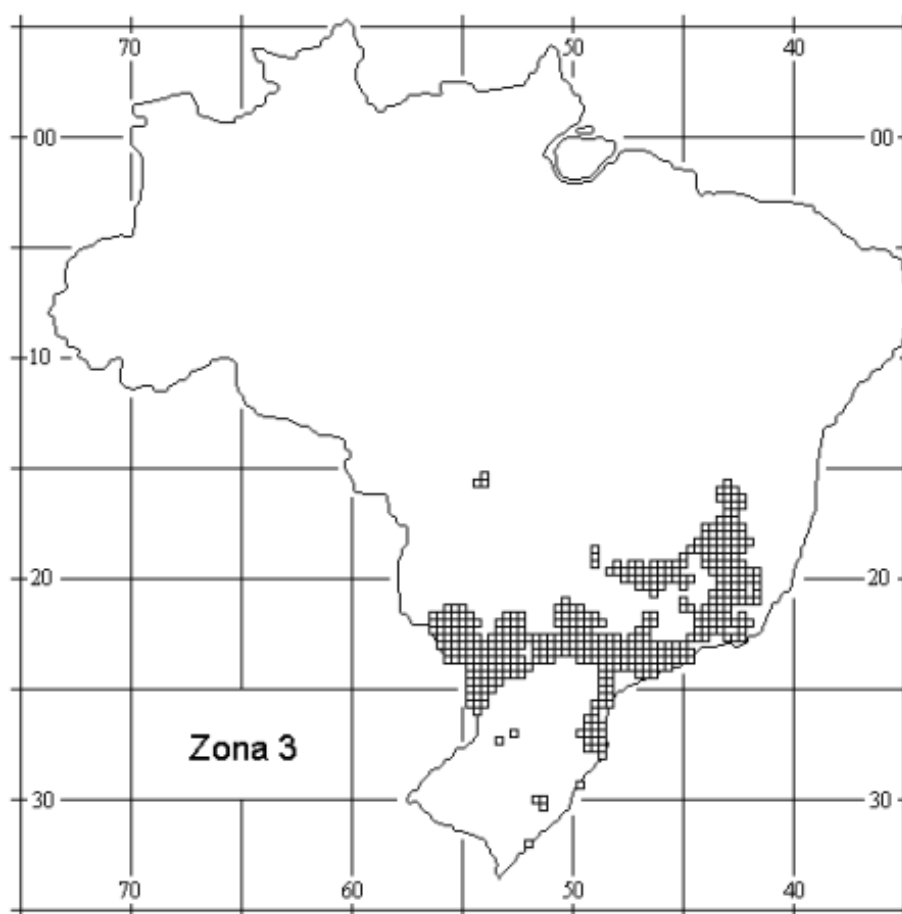
Os elevadores, relacionados ao sistema de acionamento que possuem.

Uma questão interessante a ser tratada são as bonificações, que podem oferecer até um ponto a mais na classificação geral de eficiência energética. Iniciativas sustentáveis ou que aumentem a eficiência energética da edificação são positivas para a classificação, se atenderem requisitos mínimos previstos no certificado. Mesmo pequenas ações podem gerar uma elevação da classificação, já que é possível fazer a combinação de diversos itens para alcançar os requisitos mínimos. Podem-se adotar sistemas ou fontes renováveis de energia, como aquecimento solar, energia eólica ou painéis fotovoltaicos, sistemas de cogeração e inovações técnicas ou mesmo sistemas que racionalizem o uso de água. (RTQ-C, 2010)

2.2.1 Envoltória

A análise da envoltória envolve parâmetros climáticos e diversos outros fatores locais, descritos em sua maioria na norma de Desempenho térmico de edificações (NBR 15220). A seguir serão explanados pré-requisitos e requisitos para a classificação, tomando como base a Zona Bioclimática 3, que abrange, entre outras, a cidade de São Paulo e o Vale do Paraíba. Para outros locais é preciso realizar a consulta da zona bioclimática correspondente e analisar os pré-requisitos para esta zona. A tabela com a relação das 330 cidades cujos climas foram classificados encontra-se na NBR 15220. A zona bioclimática 3 está assim compreendida:

Tabela 1: zona bioclimática 3



Fonte: (NBR15220)

É essencial entender os conceitos dos pré-requisitos para alcançar o nível de eficiência energética desejado antes de começar as medições. São eles, de acordo com a definição do procel edifica:

Transmitância térmica:

“Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220 - Parte 2 ou determinada pelo método da caixa quente protegida da NBR 6488.” (RTQ-C, 2010)

Absortância:

“Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície”, ou seja, é a fração absorvida por uma superfície devido a uma radiação incidente nela. Abaixo, uma tabela com os valores de absortância para radiação solar e emissividade para radiações a temperaturas comuns: (RTQ-C, 2010)

Tabela 2: valores de absortância e emissividade para as superfícies mais comuns

Tipo de superfície		α	ε
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25	0,25
Caiçã nova		0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro		0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro		0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico		0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor		0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido		0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado		0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura:	Branca	0,20	0,90
	Amarela	0,30	0,90
	Verde clara	0,40	0,90
	“Alumínio”	0,40	0,50
	Verde escura	0,70	0,90
	Vermelha	0,74	0,90
	Preta	0,97	0,90

Fonte: (NBR-15220)

Dependendo do nível de eficiência pretendido, é preciso atender os seguintes pré-requisitos:

NÍVEL A:

Transmitância térmica:

- Da cobertura (U_{cob}): para a zona bioclimática de 3 a 8 não deve ultrapassar 1,00 W/m²K para ambientes condicionados artificialmente, e 2,00 W/m²K para ambientes não condicionados.

- Das paredes externas (U_{par}): para a zona bioclimática de 3 a 6 não deve ultrapassar $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Cores e absorvância de superfícies: obrigatório para as zonas bioclimáticas de 2 a 8:

- Utilização de materiais de revestimento de paredes com absorvância solar baixa ($\alpha < 0,50$ do espectro solar);
- Em coberturas, a utilização de cor de absorvância solar baixa, telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatório de água.

Iluminação Zenital: a edificação deve atender ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos percentuais de abertura zenital (PAZ), de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 3: limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas.

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: (NBR-15220)

NÍVEL B:

Transmitância térmica:

- Da cobertura (U_{cob}): para a zona bioclimática de 3 a 8, não deve ultrapassar $1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ para ambientes condicionados artificialmente e $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ para ambientes não condicionados.
- Das paredes externas (U_{par}): para a zona bioclimática de de 3 a 6, não deve ultrapassar $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Cores e absorvância de superfícies: obrigatório para as zonas bioclimáticas de 2 a 8.

- Em coberturas, utilização de cor de absorvância solar baixa, telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

Iluminação zenital: a edificação deve atender ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos PAZ:

Tabela 4: limite de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas.

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)

NÍVEIS C e D:

Transmitâncias térmicas: componentes opacos (paredes e coberturas) devem possuir transmitâncias térmicas máximas de acordo com os requisitos a seguir:

- Da cobertura (U_{cob}): não deve ultrapassar $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ para qualquer zona bioclimática.
- Das paredes externas (U_{par}) para as zonas bioclimáticas de 1 a 6, não deve ultrapassar $3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2.2.1.1 Procedimento de cálculo

Transmitância térmica:

A transmitância térmica a ser considerada para a avaliação do pré-requisito é a média das transmitâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam.

Cores e absorvância de superfícies:

A absorvância solar a ser considerada para a avaliação do pré-requisito é a média das absorvâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam.

CÁLCULO DO FA E FF:

Considera-se para o cálculo:

- Bloco de estacionamento no térreo, com ambientes de permanência prolongada;

- Subsolos semi-enterrados, com ambientes de permanência prolongada, deve-se considerar para o cálculo as paredes que não estão em contato com o solo.

Não se considera para o cálculo:

- Bloco de estacionamento no subsolo ou subsolo semi-enterrado, sem ambientes de permanência prolongada: usar somente torre.
- Bloco de estacionamento no térreo ou cobertura, sem ambientes de permanência prolongada, e com portaria e hall de entrada/elevadores não condicionados: usar somente torre. (RTQ-C, 2010)

PERCENTUAL DE ABERTURA NA FACHADA (PAF)

Na equação, o percentual de área de abertura na fachada total (PAF_T) corresponde a um valor médio representativo do percentual de aberturas de todas as fachadas. Para o uso deste valor, primeiramente deve-se realizar o cálculo do PAF para a fachada oeste (PAF_O) e em seguida o PAF_T . Se o PAF_O for pelo menos 20% maior que o PAF_T , deve-se adotar o PAF_O na equação. (RTQ-C, 2010)

ÂNGULOS DE SOMBREAMENTO

Os ângulos de sombreamento utilizados no cálculo do IC_{env} são o resultado da ponderação do ângulo em função da área das aberturas. O AHS de cada abertura deve ser calculado como a média dos dois ângulos encontrados, um para cada lateral de abertura. (RTQ-C, 2010)

2.2.1.2 Procedimento de determinação da eficiência

De acordo com a NBR 15220, algumas zonas bioclimáticas foram agrupadas para o uso das equações do indicador de consumo, no nosso caso a ZB2 e ZB3. Para cada grupo de zona bioclimática, há duas equações, uma para edifícios com área de projeção menor que 500 m^2 e outra para edifícios com área de projeção maior que 500 m^2 .

Para a zona bioclimática 2 e 3:

$$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

Limite: fator de forma máximo (A_{env}/A_{tot})=0,70

$$IC_{env} = -175,30.FA - 212,79.FF + 21,86.PAF_T + 5,59.FS - 0,19.AVS + 0,15.AHS + \\ + 275,19.\frac{FA}{FF} + 213,35.FA.FF - 0,04.PAF_T.FS.AVS - 0,45.PAF_T.AHS + 190,42$$

$$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$$

$$IC_{env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAF_T + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS - \\ - \frac{35,75}{FF} - 0,54.PAF_T.AHS + 277,98$$

Sendo as variáveis das equações:

IC_{env} : indicador de consumo da envoltória (adimensional)

A_{pe} : área da projeção do edifício (m^2)

A_{tot} : área total construída (m^2)

A_{env} : área da envoltória (m^2)

A_{pcob} : área de projeção da cobertura (m^2)

AVS: ângulo vertical de sombreamento

AHS: ângulo horizontal de sombreamento

FF: Fator de forma (A_{env}/V_{tot})

FA: fator de altura (A_{pcob}/A_{tot})

FS: fator solar

PAF_T : percentual de abertura na fachada total (adimensional)

V_{tot} : volume total da edificação (m^3)

Procedimento para classificação de acordo com o RTQ:

- Calcula-se o indicador de consumo por meio da equação IC_{env} com os dados do projeto do edifício;
- Calcula-se o limite máximo do indicador de consumo para aquela volumetria, $IC_{máxD}$, por meio da mesma equação, mas com os parâmetros de entrada fornecidos pela tabela 5; o $IC_{máxD}$ representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D, acima deste valor, a edificação passa a ser classificada com o nível E;

Tabela 5: parâmetros do IC_{máxD}

PAF _T	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

Fonte: (RTQ-C)

- c) Calcula-se o limite mínimo IC_{mín} por meio da equação, com os parâmetros de entrada fornecidos pela tabela 6; o IC_{mín} representa o indicador de consumo mínimo para aquela volumetria.

Tabela 6: parâmetros de IC_{mín}

PAF _T	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Fonte: (RTQ-C)

- d) Os limites IC_{máxD} e IC_{mín} representam o intervalo dentro do qual a edificação proposta deve se inserir. O intervalo é dividido em 4 partes (i), cada parte se refere a um nível de classificação numa escala de desempenho que varia de A a E. A subdivisão i do intervalo é calculada com a equação abaixo:

$$i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{mín})}{4}$$

- e) Com o valor de i calculado, preenche-se a seguinte Tabela 7:

Tabela 7: 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}	-

Fonte: (RTQ-C)

- f) Comparar o IC_{env} obtido com os limites da tabela acima e identificar o nível de eficiência do projeto em questão.

2.2.2 Sistema de iluminação

Imaginar o intenso funcionamento da vida moderna às escuras parece algo inaceitável. A iluminação faz parte do cotidiano das pessoas, que se acostumaram com a evolução e aperfeiçoamento desse tipo de sistema. Apesar de a luz natural fornecer um recurso excelente e sustentável, os produtos criados pelo homem melhoraram as condições para realizar as atividades mais rotineiras que possam existir. Dessa forma, acostumou-se com a luz artificial e deixou-se de lado a preocupação ambiental que envolve esse complexo e importante sistema presente na vida de todos.

Por isso, o PROCEL inclui a análise do sistema de iluminação para emitir o certificado de eficiência energética de uma edificação. Como no tratamento da envoltória, é necessário o cumprimento de pré-requisitos e requisitos específicos para cada nível de eficiência desejado, que inclui a observação não só da iluminação propriamente dita, mas de outros fatores que a cercam. A seguir, será feito um compêndio das condições descritas no certificado.

PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS

Como dito acima, cada nível de eficiência energética desejado necessita do cumprimento de pré-requisitos específicos, baseados no controle do sistema de iluminação. São assim separados:

- Nível A: divisão dos circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação.
- Nível B: item divisão dos circuitos, contribuição da luz natural.
- Nível C: divisão dos circuitos.

DIVISÃO DOS CIRCUITOS

Um ambiente interno fechado deve possuir um dispositivo de controle manual para acionar a iluminação deste ambiente. O dispositivo deve ser de fácil acesso e localizado onde todo o ambiente por ele atingido possa ser observado com clareza. Caso este último não possa ser cumprido. O usuário deve ser informado por uma representação gráfica a área abrangida pelo controle manual. (RTQ-C, 2010)

Para ambientes maiores que 250 m^2 , cada dispositivo de controle deve controlar:

- Uma área de até 250 m^2 para ambientes até 1000 m^2 ;
- Uma área de até 1000 m^2 para ambientes maiores do que 1000 m^2 .

CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL

Caso haja mais de uma fileira de luminárias paralela a um ambiente que tenha abertura capaz de fornecer luz natural, deve haver um controle manual ou automático da fileira de luminárias mais próxima a abertura, com o intuito de aproveitar o provimento desta luz. (RTQ-C, 2010)

DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Ambientes maiores que 250 m^2 devem possuir um dispositivo de controle automático de desligamento do sistema de iluminação. Este dispositivo deve funcionar de acordo com as seguintes opções:

- Um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m^2 ; ou
- Um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos os ocupantes; ou
- Um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

Exceções ao item de desligamento automático do sistema de iluminação:

- Ambientes que devem propositalmente funcionar durante 24h;
- Ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes;
- Ambientes onde o desligamento automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários. (RTQ-C, 2010)

2.2.2.1 Procedimento de determinação da eficiência

Os níveis de eficiência quanto ao sistema de iluminação variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Este procedimento estabelece o limite de potência

de iluminação para os espaços internos dos edifícios. Para a avaliação podem ser usados o método da área do edifício ou o método das atividades do edifício. De acordo com o certificado, excluem-se do cálculo da potência instalada os seguintes sistemas:

- Iluminação de destaque que seja parte essencial para o funcionamento de galerias, museus e monumentos;
- Iluminação contida ou parte integrante de equipamentos ou instrumentos, desde que instalada pelo próprio fabricante, como lâmpadas de refrigeradores, geladeiras, etc;
- Iluminação especificamente projetada para uso exclusivo em procedimentos médicos ou dentários e iluminação contida em equipamentos médicos ou dentários;
- Iluminação contida em refrigeradores e freezers, tanto abertos quanto fechados por vidro;
- Iluminação totalmente voltada a aquecimento de alimentos e em equipamentos de preparação de alimentos;
- Iluminação totalmente voltada ao crescimento de plantas ou sua manutenção;
- Iluminação em ambientes especificamente projetados para uso de deficientes visuais;
- Iluminação em vitrines de lojas varejistas, desde que a área da vitrine seja fechada por divisórias cuja altura alcance o forro;
- Iluminação em ambientes internos que sejam especificamente designados como um em cultural tombado, de acordo com o IPHAN ou outros órgãos municipais ou estaduais de competência análoga.
- Iluminação totalmente voltada a propaganda ou sinalização;
- Sinais indicando saída e luzes de emergência;
- Iluminação à venda ou sistemas de iluminação para demonstração com propósitos educacionais;
- Iluminação para fins teatrais, incluindo apresentações ao vivo e produções de filmes e vídeos;
- Áreas de jogos ou atletismo com estrutura permanente para transmissão pela televisão;
- Iluminação de circulação externa;

- Iluminação de tarefa ligada diretamente em tomadas, como luminária de mesa. (RTQ-C, 2010)

MÉTODO DA ÁREA DO EDIFÍCIO

Este método, como o nome sugere, atribui um único valor limite para avaliar o sistema de iluminação, com base em todos os ambientes do edifício. É válido para edifícios com até três atividades principais ou para atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício.

De acordo com o PROCEL edifica, deve-se seguir as etapas abaixo para a avaliação:

- a) Identificar a atividade principal do edifício, de acordo com a tabela 9 e a densidade de potência de iluminação limite ($DPL_L - W/m^2$) para cada nível de eficiência;
- b) Determinar a área iluminada do edifício;
- c) Multiplicar a área iluminada pela DPL_L , para encontrar a potência limite do edifício;
- d) Quando o edifício for caracterizado por até três atividades principais determina-se de potência de iluminação limite (DPL_L) para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites para cada atividade do edifício;
- e) Comparar a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação;
- f) Após determinar o nível de eficiência alcançado pelo edifício deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes;
- g) Se existirem ambientes que atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potencia instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação. (RTQ-C, 2010)

Abaixo, os limites máximos aceitáveis de densidade de potência de iluminação (DPL_L) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício:

Tabela 8: limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPLL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	6,6	7,6	8,6	9,6
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte: (RTQ-C)

MÉTODO DAS ATIVIDADES DO EDIFÍCIO

Quando o método anterior não pode ser aplicado, utiliza-se do método das atividades do edifício. Este método consiste na avaliação em separado dos

ambientes do edifício. Como no item anterior, o certificado disponibiliza as etapas a serem seguidas. São elas:

- a) Identificar adequadamente as atividades encontradas no edifício, de acordo com a tabela 9;
- b) Consultar a densidade de potência de iluminação limite ($DPL_L - W/m^2$) para cada nível de eficiência para cada uma das atividades, na tabela 9;
- c) Multiplicar a área iluminada de cada atividade pela DPL_L , para encontrar a potência limite para cada atividade. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites das atividades;
- d) Calcular a potência instalada no edifício e compará-la com a potência limite do edifício, identificando o EqNum (equivalente numérico) do sistema de iluminação;
- e) Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser o corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação. (RTQ-C, 2010)

Tabela 9: limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPLL) para o nível de eficiência pretendido – método das atividades do edifício

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Armazém, Atacado						
Material pequeno/leve	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,20	4	5,00	6,00	7,0	8,00
Átrio - por metro de altura						
até 12,20 m de altura	-		0,30 ¹	0,36 ¹	0,42 ¹	0,48 ¹
acima de 12,20 m de altura	-		0,20 ¹	0,24 ¹	0,28 ¹	0,32 ¹
Auditórios e Anfiteatros						
Auditório	0,80	6	8,50	10,20	11,90	13,60
Centro de Convenções	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Cinema	1,20	4	5,00	6,00	7,00	8,00
Teatro	0,60	8	26,20	31,44	36,68	41,92
Banco/Escritório - Área de atividades bancárias	0,80	6	14,90	17,88	20,86	23,84
Banheiros	0,60	8	5,00	6,00	7,00	8,00
Biblioteca						
Área de arquivamento	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,20	4	10,00	12,00	14,00	16,00
Área de estantes	1,20	4	18,40	22,08	25,76	29,44
Casa de Máquinas	0,80	6	6,00	7,20	8,40	9,60
Centro de Convenções - Espaço de exposições	1,20	6	15,60	18,72	21,84	24,96
Circulação	<2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Comércio						
Área de vendas	0,80	6	18,10	21,72	25,34	28,96
Pátio de área comercial	1,20	4	11,80	14,16	16,52	18,88
Provador	0,60	8	10,20	12,24	14,28	16,32
Cozinhas	0,80	6	10,70	12,84	14,98	17,12
Depósitos	0,80	6	5,00	6,00	7,0	8,00
Dormitórios – Alojamentos	0,60	8	4,10	4,92	5,74	6,56
Escadas	0,60	10	7,40	8,88	10,36	11,84
Escritório	0,60	8	11,90	14,28	16,66	19,04
Escritório – Planta livre	1,20	4	10,50	12,60	14,70	16,80
Garagem	1,20	4	2,00	2,40	2,80	3,20

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Ginásio/Academia						
Área de Ginástica	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Arquibancada	1,20	4	7,50	9,00	10,50	13,00
Esportes de ringue	1,20	4	28,80	34,56	40,32	46,08
Quadra de esportes – classe 4 ²	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Quadra de esportes – classe 3 ³	1,20	4	12,90	15,48	18,06	20,64
Quadra de esportes – classe 2 ⁴	1,20	4	20,70	24,84	28,98	33,12
Quadra de esportes – classe 1 ⁵	1,20	4	32,40	38,88	45,36	51,84
Hall de Entrada- Vestíbulo	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Cinemas	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Hotel	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Salas de Espetáculos	0,80	6	8,00	9,60	11,20	12,80
Hospital						
Circulação	<2,4m largura		9,60	11,52	13,44	15,36
Emergência	0,80	6	24,30	29,16	34,02	38,88
Enfermaria	0,80	6	9,50	11,4	13,3	15,2
Exames/Tratamento	0,60	8	17,90	21,48	25,06	28,64
Farmácia	0,80	6	12,30	14,76	17,22	19,68
Fisioterapia	0,80	6	9,80	11,76	13,72	15,68
Sala de espera, estar	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Radiologia	0,80	6	14,20	17,04	19,88	22,72
Recuperação	0,80	6	12,40	14,88	17,36	19,84
Sala de Enfermeiros	0,80	6	9,40	11,28	13,16	15,04
Sala de Operação	0,80	6	20,30	24,36	28,42	32,48
Quarto de pacientes	0,80	6	6,70	8,04	9,38	10,72
Suprimentos médicos	0,80	6	13,70	16,44	19,18	21,92
Igreja, templo						
Assentos	1,20	4	16,50	19,8	23,10	26,40
Altar, Coro	1,20	4	16,50	19,8	23,10	26,40
Sala de comunhão - nave	1,20	4	6,90	8,28	9,66	11,04
Laboratórios						
para Salas de Aula	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Médico/Ind./Pesq.	0,80	6	19,50	23,40	27,30	31,20
Lavanderia	1,20	4	6,50	7,80	9,10	10,40
Museu						
Restauração	0,80	6	11,00	13,20	15,40	17,60

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Oficina – Seminário, cursos	0,80	6	17,10	20,52	23,94	27,36
Oficina Mecânica	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Quartos de Hotel	0,80	6	7,50	9,00	10,50	13,00
Refeitório	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Restaurante- salão	1,20	4	9,60	11,52	13,44	15,36
Hotel	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Lanchonete/Cafê	1,20	4	7,00	8,40	9,80	11,20
Bar/Lazer	1,20	4	14,10	16,92	19,74	22,56
Sala de Aula, Treinamento	1,20	4	10,20	12,24	14,28	16,32
Sala de espera, convivência	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	0,80	6	11,90	14,28	16,66	19,04
Vestiário	0,80	6	8,1	9,72	11,34	12,96
Transportes						
Área de bagagem	1,20	4	7,50	9,00	10,50	12,00
Aeroporto – Pátio	1,20	4	3,90	4,68	5,46	6,24
Assentos - Espera	1,20	4	5,80	6,96	8,12	9,28
Terminal - bilheteria	1,20	4	11,60	13,92	16,24	18,56

Fonte: (RTQ-C)

2.2.3 Sistema de condicionamento de ar

O clima quente da região na qual estamos inseridos faz dos condicionadores de ar um equipamento de refrigeração de grande aceitação. Seu uso, entretanto, pode influenciar negativamente na eficiência energética de uma edificação, dado seu alto consumo de energia e a variedade de marcas e modelos despreocupados em atender às normas estabelecidas pelo setor.

Para obtenção do selo de eficiência neste quesito, a análise é feita principalmente através do estudo da eficiência que o próprio condicionador possui.

Para o nível A, deve-se atender a pré-requisitos, creditados de modo geral no ambiente e situação em que os equipamentos estão inseridos.

- Avalie-se se cada equipamento está locado em área sombreada e com ventilação adequada que não interfira sua eficiência.
- Estabelecem-se espessuras mínimas de isolamento das tubulações do sistema de aquecimento e refrigeração (tabela 10)

Tabela 10: espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Comprimento da tubulação (cm)				
	Condutividade térmica (W/m.K)	Faixa temperatura (°C)	< 63,5	63,5 a 100	100 a 250	250 a 500	≥ 500
$T \geq 177$	0,046 a 0,049	121	6,4	7,6	7,6	10,2	10,2
$122 < T < 177$	0,042 a 0,046	93	3,8	6,4	7,6	7,6	7,6
$94 < T < 121$	0,039 a 0,043	66	3,8	3,8	5,1	5,1	5,1
$61 < T < 93$	0,036 a 0,042	52	2,5	2,5	2,5	3,8	3,8
$41 < T < 60$	0,032 a 0,040	38	1	1	2,5	2,5	2,5
$4 < T < 16$	0,032 a 0,040	38	1,3	1,3	2,5	2,5	2,5
$T < 4$	0,032 a 0,040	38	1,3	2,5	2,5	2,5	2,5

Fonte: (RTQ-C)

- Na necessidade de sistema artificial de aquecimento, este deve atender aos indicadores mínimos de eficiência indicados abaixo:
 - a) Sistemas com bombas de calor, independente de sua capacidade, devem apresentar um COP para aquecimento maior ou igual a 3W/W através do método definido na norma AHRI 340/360
 - b) Sistemas unitários de condicionamento de ar com ciclo reverso devem apresentar um COP para aquecimento maior ou igual a 3 W/W através do método definido na norma AHRI 340/360
 - c) Caldeiras a gás devem atender aos requisitos de eficiência apresentados na tabela 11.

Tabela 11: eficiência mínima para caldeira de água a gás

Tipo de equipamento	Capacidade	Subcategoria	Eficiência mínima*	Procedimento de teste
Aquecedor de acumulação a gás	> 22,98 kW	< 309,75 W/L	$80\% Et(Q/800 + 110 \sqrt{V})$ SL, W	ANSI Z21.10.3

Fonte: (RTQ-C)

2.2.3.1 Procedimento de determinação da eficiência

Os edifícios condicionados artificialmente devem ter seus sistemas de ar com eficiência conhecida, para a devida classificação do nível de eficiência.

- a) Condicionadores de ar do tipo janela e condicionadores de ar tipo split com eficiência avaliada pelo PBE/INMETRO e de acordo com as normas

brasileiras e/ou internacionais de condicionadores, conforme item abaixo de sistemas regulamentados.

- b) Condicionadores de ar não etiquetados pelo PBE/INMETRO, conforme item abaixo de sistemas não regulamentados.

SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR REGULAMENTADOS PELO INMETRO

Deve-se adotar a classificação da ENCE obtida nas tabelas do PBE/INMETRO e identificar o equivalente numérico. Estas tabelas podem ser encontradas na página eletrônica do INMETRO (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>), onde são apresentadas as classes de eficiência energética com os requisitos mínimos para condicionadores de ar tipo janela e tipo split.

SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR NÃO REGULAMENTADOS PELO INMETRO

- a) Para nível A, cada tipo de condensador deve atender os requisitos de uma tabela, assim distribuídos: condicionadores de ar à tabela 5.4, resfriadores de líquido à tabela 5.5, condensadores e torres de arrefecimento à tabela 5.6 e todo o sistema de condicionamento deve satisfazer, quando aplicável os itens do regulamento técnico de qualidade do nível de eficiência energética do Procel que constituem o cálculo de carga térmica, o controle de temperatura por zona, sistema de desligamento automático, isolamento de zonas, controles de dimensionamento do sistema de ventilação, controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos e os equipamentos de rejeição de calor;
- b) Para o nível B, condicionador de ar à tabela 5.4, resfriadores líquidos à tabela 5.5, condensadores e torres de arrefecimento à tabela 5.6;
- c) Para o nível C, condicionadores de ar à tabela 5.7, resfriadores de líquido à tabela 5.8 e condensadores e torres de arrefecimento à tabela 5.6;
- d) para o nível D, condicionadores de ar à tabela 5.9, resfriadores de líquido à tabela 5.10; (RTQ-C, 2010)

As tabelas supracitadas podem ser encontradas integralmente no Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços do Procel.

2.2.4 Simulação

Outro modo de realizar a análise da eficiência energética de uma edificação é usando o método da simulação. Através de um programa computacional cria-se um modelo do edifício em questão e, então, este é comparado com o edifício real.

O programa de simulação também deve seguir alguns pré-requisitos específicos, assim determinados pelo relatório:

- Ser um programa para a análise do consumo de energia em edifícios;
- Ser validado pela ASHRAE Standard 140;
- Modelar 8760 horas por ano;
- Modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos e sistemas de ar condicionado, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados;
- Modelar efeitos de inércia térmica;
- Permitir a modelagem de multi-zonas térmicas;
- Para o item 5.2, deve ter capacidade de simular estratégias bioclimáticas adotadas no projeto;
- Caso o edifício proposto utilizar sistema de condicionamento de ar, o programa deve permitir modelar todos os sistemas de condicionamento listados no apêndice G ASHRAE 90.1;
- Determinar a capacidade solicitada pelo sistema de condicionamento de ar;
- Produzir relatórios horários do uso final de energia.

(RTQ-C, 2010)

MODELAGEM DE ENVOLTÓRIA E SISTEMAS

Para a classificação visando as etiquetas parciais, deve ser feita uma simulação do sistema de envoltória ou da envoltória com algum outro sistema, ou seja, envoltória e sistema de iluminação ou envoltória e sistema de condicionamento

de ar. O sistema de condicionamento de ar neste caso deve atender às tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 12: tipo de sistema de condicionamento de ar a ser simulado para caso de edifícios sem projetos de sistema

Área total condicionada na edificação	Tipo de sistema
Área < 4.000 m ²	Expansão direta, split, condensação a ar.
Área ≥ 4.000 m ²	Água gelada com caixas VAV, condensação a água.

Fonte: (RTQ-C)

Tabela 13: características gerais do sistema a ser modelado

Característica	Descrição
Capacidade do sistema	Dimensionar o sistema do modelo virtual para que no máximo 10% das horas não sejam atendidas.
Temperatura de insuflamento	Considerar temperatura de insuflamento com 11°C de diferença para a temperatura de controle do ar (<i>setpoint</i>) da zona térmica.
Vazão de ar externo	Adotar as taxas de renovação de ar indicadas na NBR 16401, conforme o tipo de atividade de cada zona térmica. Considerar o ar externo admitido diretamente nas salas de máquinas do sistema de insuflamento, ou seja, desconsiderar potência elétrica para ventilação de ar externo e exaustão de ar interno.
Eficiência	Adotar eficiência nível A para todos os equipamentos do sistema.

Fonte: (RTQ-C)

Tabela 14: características específicas em função do tipo de sistema de condicionamento de ar a ser modelado

Tipo de sistema de condicionamento de ar	Característica	Descrição
Expansão direta, split, condensação a ar	Quantidade de sistemas de condicionamento de ar	Definir um sistema para cada zona térmica.
	Potência de ventilação	Modelar a potência de ventilação independente do COP. Considerar ventiladores com pressão estática total de 250 Pa e eficiência de 65%. Manter a vazão de ar constante.
Água gelada com caixas VAV, condensação a água	Potência de ventilação	Considerar fan-coils com pressão estática total de 600 Pa e eficiência de 65%. Manter a vazão de ar variável por meio de caixa VAV em cada zona térmica. Adotar potência do ventilador do fan-coil variável conforme a equação: $P = 0,0013 + 0,1470 \times PLR + 0,9506 \times (PLR)^2 - 0,0998 \times (PLR)^3$ Onde: P = fator de ajuste de potência do ventilador em carga parcial. PLR = fator de carga parcial (igual a <i>vazão de ar atual/vazão de ar de projeto</i>).
	Tipo e quantidade de chillers	Definir a quantidade e tipo de chillers conforme a carga térmica total estimada para a edificação: a) Carga térmica ≤ 1055 kW: 1 chiller parafuso. b) Carga térmica > 1055 kW e ≤ 2110 kW: 2 chillers parafuso de mesma capacidade. c) Carga térmica > 2110 kW: 2 chillers centrífugos no mínimo, adicionando novas unidades quando necessário, desde que a capacidade unitária não ultrapasse 800 TR.
	Temperatura de controle da água gelada	Considerar água gelada fornecida a 7°C, com retorno a 13°C.
	Torres de resfriamento	Modelar uma torre de resfriamento com ventilador axial de duas velocidades. Manter a temperatura de saída da água de condensação a 29,5°C e entrada a 35°C.
	Bombas de água gelada	Modelar circuito primário de vazão constante e secundário variável, com potência total de 349 kW/m³/s. Modelar uma bomba para cada chiller, operando apenas quando o chiller correspondente estiver em funcionamento.
	Bombas de água de condensação	Considerar potência total de 310 kW/m³/s. Modelar uma bomba para cada chiller, operando apenas quando o chiller correspondente estiver em funcionamento.

Fonte: (RTQ-C)

Para obtenção da etiqueta de eficiência para o edifício total é necessário que o modelo real, de referência e ambos sigam algumas características:

As características em comum para a simulação do modelo real e de referência são:

- Mesmo programa de simulação
- Mesmo arquivo climático
- Mesma geometria
- Mesma orientação com relação ao norte geográfico
- Mesmo padrão de uso e operação de sistemas; o padrão de uso deve ser de acordo com o uso e ocupação real do edifício
- Mesmo valor de DCI em equipamento
- Mesmo padrão de uso de pessoas, com o mesmo valor de calor dissipado
- Mesmo tipo de sistema de condicionamento de ar. Entretanto, para o modelo de referência deve-se utilizar o COP estabelecido pelo método prescritivo, de acordo com o nível de eficiência pretendido. No caso de sistemas com condicionamento de ar por aquecimento, para alcançar o nível A, os pré-requisitos de eficiência devem ser modelados conforme os indicadores de condicionamento de ar por aquecimento artificial descrito no item 4.
- Mesmo setpoint de resfriamento e aquecimento.

(RTQ-C, 2010)

Para o modelo real:

- Utilizar todas as características da edificação de acordo com o projeto proposto
- No caso de edifício real possuir diferentes sistemas de condicionamento de ar, todos os diferentes sistemas existentes de cada zona térmica devem ser representados
- No caso do edifício real possibilitar o uso do sistema de condicionamento de ar em somente alguns períodos do ano, a simulação poderá incluir a opção de abertura de janelas com ventilação natural nestas áreas consideradas condicionadas, desde que seja comprovado conforto térmico no período total em que o sistema de condicionamento de ar não foi utilizado nas horas de ocupação
- Utilizar densidade de potência de iluminação do projeto proposto

- Considerar os dispositivos de sombreamento quando os mesmos estiverem acoplados no edifício proposto
- O sombreamento proveniente do entorno pode fazer do método de simulação e, quando usado, deve ser incluído somente no modelo de edifício real.

(RTQ-C, 2010)

Para o modelo do edifício de referência:

- A envoltória deve atingir o nível de classificação pretendido através do método descrito no item 3.1. Deve-se utilizar a equação cuja volumetria indicada seja semelhante à do projeto e adotar o valor IC_{env} do limite máximo do intervalo do nível de classificação almejado. Caso o fator de forma do edifício projetado esteja acima ou abaixo do Fator de Forma limite da equação, deve-se utilizar o valor limite
- Na classificação geral, o modelo de referencia deve atingir o nível de eficiência pretendido de acordo com a distribuição dos pesos na equação de classificação geral
- Devem ser utilizados os valores máximos de transmitância térmica e de absorptância solar para o nível de eficiência pretendido, definidos no item 3.1.1 de pré-requisitos específicos da envoltória.
- Deve-se adotar um PAF_T calculado de acordo com os itens abaixo:
 - a) Utilizar a fórmula do IC_{env} do item 3.1.2 referente a envoltória do edifício proposto de acordo com a zona bioclimática da localização do edifício
 - b) Adotar $AVS=0$ e $AHS=0$
 - c) Adotar um vidro simples 3mm, com um fator solar de 0,87
 - d) O valor de PAF_T deve ser o maior possível para o nível de eficiência pretendido
- No caso de existir iluminação zenital com PAZ maior que 5% no modelo real, os modelos de referencia para os níveis A e B devem possuir PAZ de 2% com vidro claro e fator solar de 0,87
- A densidade de potência de iluminação deve ser modelada dentro dos limites máximos das tabelas 9 e 10, em função dos índices de ambiente, da atividade e do nível de eficiência almejado

- Deve-se adotar o mesmo sistema de condicionamento de ar proposto no modelo real, sendo que a eficiência do sistema deve estar de acordo com as tabelas do item 3.3 em função do nível de classificação pretendido
- O número máximo de horas não atendidas nos modelos é de 10% das horas de funcionamento do sistema de condicionamento de ar
- A capacidade do sistema de condicionamento de ar nos modelos de referência deve ser dimensionada de forma a atender à exigência das horas não atendidas limite

(RTQ-C, 2010)

Pontuação total (PT) de edifícios totalmente simulados

O equivalente numérico de simulação (EqNumS) para edifícios simulados deverá ser calculado através de interpolação linear entre os consumos calculados nos modelos de referência que definem a classificação da etiqueta. A pontuação total será calculada pela equação abaixo:

$$PT = EqNumS + b \frac{1}{0}$$

Onde:

EqNumS: equivalente numérico obtido através da simulação

b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de 0 a 1

Para edifícios naturalmente ventilados ou com áreas de longa permanência não condicionadas, deve comprovar que essas áreas forneçam temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual de horas ocupadas. A tabela 15 indica o equivalente numérico a ser usado na equação acima:

Tabela 15: equivalentes numéricos para ventilação natural

Percentual de horas ocupadas em conforto	EqNumV	Classificação final
POC $\geq$ 80%	5	A
70% $\leq$ POC < 80%	4	B
60% $\leq$ POC < 70%	3	C
50% $\leq$ POC < 60%	2	D
POC < 50%	1	E

Fonte: (RTQ-C)

2.3 Sustentabilidade

O termo sustentabilidade se popularizou de forma rápida nas últimas décadas e a sua definição tem ganhado cada vez mais especificidades. Pode-se dizer, em termos gerais, que sustentabilidade não é apenas a aplicação de um material ou método ecológico. Sustentabilidade abrange, atualmente, a aplicação de ideias num amplo conjunto de ações a favor do meio ambiente. Essas ações podem ser um simples uso de um material reutilizável ou reciclável, edificações com eficiência energética e a exploração dos recursos naturais com pouco impacto ecológico.

A sustentabilidade ganhou importância notável em praticamente todos os campos de atuação do homem, independente de qual área se trata. A ampliação dos estudos acerca deste termo tornou sua divulgação e aplicação mais facilitadas. A popularização de dados sobre o impacto causado pela construção civil ao longo dos anos mostrou ser este setor um dos maiores vilões modernos na preservação do meio ambiente.

Estima-se que a construção civil consuma 75% dos recursos naturais, na produção de insumos, na execução da obra e na operação ao longo dos anos. Segundo o CBCS – Conselho Nacional de Construção Sustentável, apenas entre 20 e 50% de tudo o que é extraído realmente é consumido pela construção civil. O choque desta participação negativa da construção civil foi sentida diretamente pela sociedade, das mais diferentes formas. Problemas ecológicos afetaram a qualidade de vida das pessoas, ocorreram mudanças climáticas significativas e até mesmo um impacto social e financeiro pode ser adicionado em torno destes aspectos. (AECweb)

A qualidade de vida reduziu de maneira considerável e os trabalhadores da construção civil participam de uma realidade infeliz deste setor no Brasil, devido em grande parte do grau de informalidade desta área no país. Segundo o CBCS, 42% dos trabalhadores estão inseridos na construção informal, isentos de direitos sociais e apresentando 44% da produtividade média dos trabalhadores brasileiros.

Um dos tópicos mais debatidos que seguram o crescimento da sustentabilidade no nosso cotidiano é o fator custo. O pensamento de que o custo de uma construção sustentável é maior quando comparados a uma construção tradicional é equivocado. Na verdade a análise do custo depende de muitos fatores, podendo, em certas situações, ser ainda mais favorável a realização de uma obra ecológica. A

localização, o nível de sustentabilidade pretendido e a economia dos custos de operação em longo prazo de uma edificação fornecem um panorama mais refinado do custo real de uma obra nessas características.

O edifício Rochaverá, da Tishman Speyer é um exemplo de um complexo que faz uso de tecnologias e práticas sustentáveis, obtendo a certificação LEED, na categoria Gold. Segundo o diretor de Design e Construction da Tishman Speyer a “obra ficou entre 2 e 3% mais cara na comparação a construção convencional. Através da economia proporcionada à operação do edifício o payback é de três anos, principalmente se o edifício for locado rapidamente. O condomínio de um edifício como o Rochaverá é 30% menor do que o de um prédio convencional. “ (AECweb)

Por isso vemos a necessidade e a validade de concentrar estudos na área de sustentabilidade. A transformação causada pela sua presença na construção civil, no cotidiano das pessoas e nas ações de diversos órgãos públicos e privados já pode ser sentida de maneira positiva por muitos.

De acordo com o IDHEA, há nove passos principais para se chegar a uma construção sustentável, que reproduza as características originais do meio ambiente natural:

- Planejamento sustentável da obra
- Aproveitamento passivo dos recursos naturais
- Eficiência energética
- Gestão e economia da água
- Gestão dos resíduos na edificação
- Qualidade do ar e do ambiente interior
- Conforto termo-acústico
- Uso racional de materiais
- Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis

A seguir, algumas dessas características serão tratadas mais detalhadamente, a fim de possibilitar o entendimento e a aplicação prática na rotina da engenharia.

2.3.1 Gestão e economia da água

A água tem papel fundamental para a manutenção e funcionamento do corpo e pode ser um dos mais importantes recursos naturais. Ainda, a água desempenha função primordial no meio ambiente, sendo responsável pelo funcionamento de quase todo o sistema ecológico.

O homem aprendeu, ainda, a utilizar a água de outras maneiras, transformando-a num elemento hoje insubstituível nas mais distintas tarefas. A ONU estima que as pessoas necessitem de aproximadamente 110 litros de água por dia para atender as necessidades de consumo e higiene. No entanto, no Brasil, esse número pode chegar a 200 litros por dia.

Em relação ao uso de água na construção civil, sabe-se que ela é responsável pelo consumo de 16% de toda a água potável, enquanto o setor urbano consome 26%. A estrutura, revestimento/pavimentação e limpeza são as etapas de serviço de maior consumo, enquanto a área de vivência – sanitários, refeitório e escritório é o setor de maior consumo. (Construindomeular)

As preocupações ambientais aumentaram decorrentes, em grande parte, às intensas e catastróficas mudanças climáticas que vêm ocorrendo nas últimas décadas. A pressão sobre a construção civil para que melhorasse seus métodos e princípios no uso da água aumenta a cada ano, gerando resultados positivos. Hoje, há muitas iniciativas que auxiliam na gestão e economia de água, as quais serão explanadas a seguir.

2.3.2 Reuso da água

Uma maneira eficaz de economia de água é o seu reuso, das mais diferentes formas e finalidades. Primeiramente, podem-se distinguir dois tipos de água para reuso: águas cinzas e águas negras. As águas cinzas são as provenientes de pias de banheiro, tanques, chuveiros e máquinas de lavar e são mais abundantes nas residências. Seu tratamento é mais viável e econômico no intuito de obter a qualidade desejada para fins não potáveis. As águas negras são as provenientes de pias de cozinha e bacias sanitárias, que contribuem com águas com gordura e detritos, tornando seu aproveitamento mais complexo.

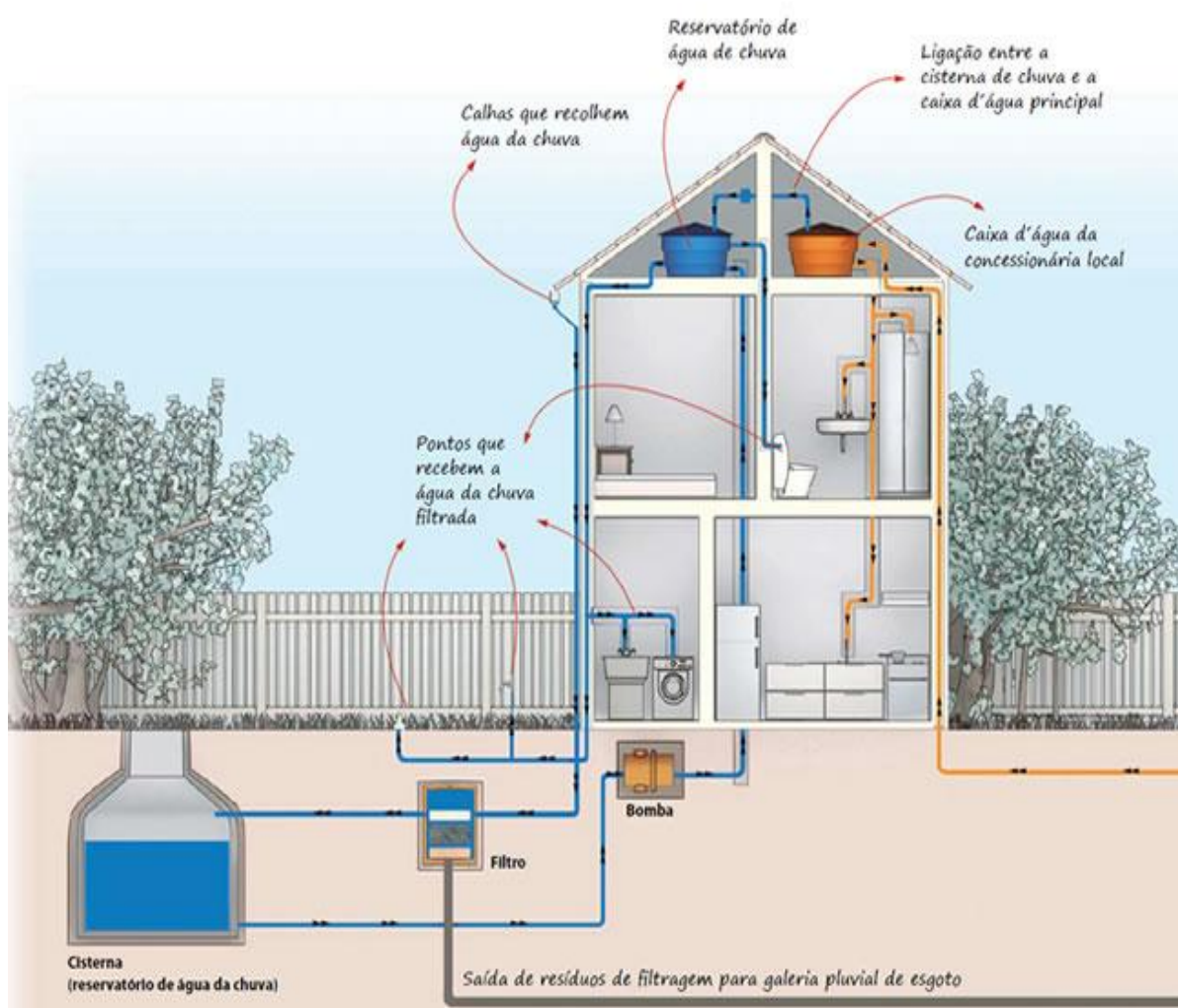
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Um dos sistemas mais utilizados de reuso é o aproveitamento das águas das chuvas. Ele pode ser implementado na maioria das edificações, de caráter

residencial e comercial e tem evoluído muito ao longo dos anos, tornando-se atrativo econômica e tecnicamente.

Basicamente, a água da chuva é coletada do telhado por calhas e acumulada numa cisterna subterrânea. Antes, pode passar por um filtro mecânico, que elimina os detritos sólidos. A partir da cisterna, a água passa por um filtro e é bombeado a um reservatório superior independente, no qual será destinada à limpeza geral, irrigação de jardim e vasos sanitários, por exemplo. Na figura abaixo segue um esquema simplificado do uso da água captada da chuva.

Figura 2: sistema de captação da água da chuva



Fonte: (arqsustentavel)

A economia de água com esse sistema pode ser considerável. Vastos sanitários, por exemplo, representam um alto consumo em uma residência, podendo chegar a 40% em alguns casos, tornando o método eficiente.

“Os gastos de um sistema completo, em uma área de 150 a 250 m², com instalação durante a obra, variam entre R\$5500,00 a R\$7500,00. Em uma residência pronta, instala-se uma cisterna menor, o que diminui o custo, já que esse item é o mais caro. Nesse caso, o custo varia entre R\$3500,00 e R\$4000,00.” – informa o diretor da Acquasave, Jack M. Sickerman. (RAMOS, Renata)

2.3.3 Uso sustentável de energia

Há diversas formas de energia amplamente utilizadas por todo mundo, cada uma com sua peculiaridade, vantagem e desvantagem. É importante separá-las, contudo, em energias renováveis e esgotáveis. A mudança de foco para as questões ambientais trouxe a tona formas de energia de grande potencial ecológico, que não agredem ou agredem demasiadamente menos quando comparadas às mais tradicionais.

No Brasil, a fonte de energia mais abundante e disseminada é a hidráulica, devido, principalmente, às questões geográficas e topográficas do país, com uma grande quantidade de rios com possibilidade de represagem. Essa fonte de energia é a grande responsável pela geração de energia elétrica no país, mas não a única. Segundo a ONS, a distribuição das fontes responsáveis pela geração de energia elétrica no Brasil divide-se da seguinte forma:

- Hidrelétrica: 77,6%
- Térmica: 13,9%
- Nuclear: 1,7%
- Eólica: 1,7%
- Outros: 5,1%

Apesar de a energia hidrelétrica representar uma fonte renovável através do uso da água para a geração, questionam-se os danos causados pela instalação das usinas. Destaca-se, entre os danos, a inundação de áreas extensas de produção de alimentos e florestas, que alteram fortemente o ambiente, o funcionamento dos rios, a paisagem das margens pela indução de atividades humanas e geram resíduos nas atividades de manutenção de seus equipamentos.

Portanto, seria interessante em termos de sustentabilidade e diminuição dos danos ao meio ambiente a disseminação de outras fontes de energia, visto que

estas estão em crescimento interessante no Brasil. Há diversas possibilidades de usos dessas fontes sustentáveis nas edificações, contribuindo para a preservação do meio ambiente, aumentando sua eficiência e cooperando com outros aspectos como social e econômico.

AQUECIMENTO SOLAR

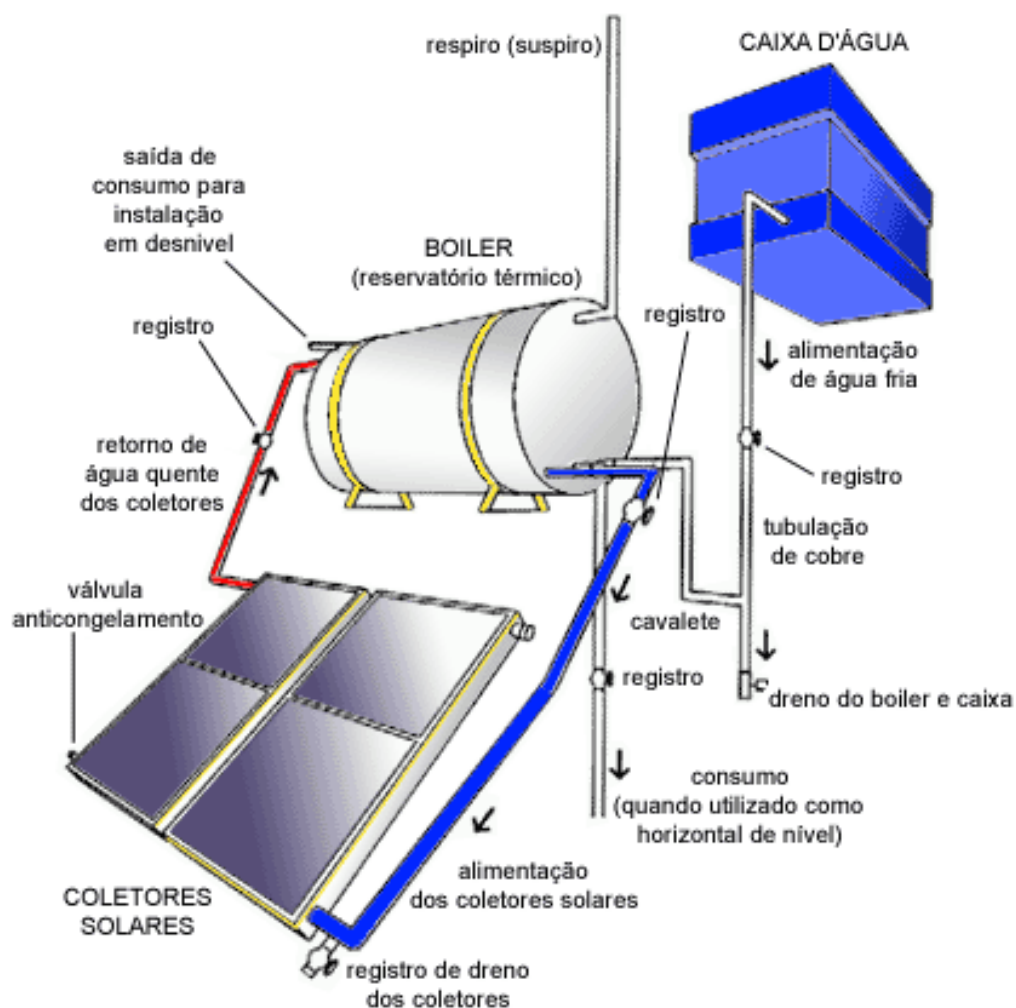
Em linhas gerais um sistema de aquecimento solar para uma edificação é constituído das placas coletores da energia do sol e o reservatório térmico, também conhecido como boiler.

O coletor, geralmente composto por placas, é fabricado com materiais especiais para o melhor aproveitamento da luz solar. O calor coletado é transferido por tubos, geralmente de cobre, por onde passa a água a ser aquecida. Esta água, então, é enviada ao reservatório térmico. Os coletores são fabricados, em geral, em cobre e alumínio, recebem isolamento térmico e são instalados sobre telhados ou lajes, próximos ao reservatório. O número de coletores depende de muitos fatores, entre eles o tamanho do reservatório, nível de insolação da região e as questões físicas para a instalação.

O reservatório térmico ou boiler recebe, portanto, a água quente. Ele funciona como uma caixa d'água especial, especialmente idealizada para manter a água nas condições necessárias. Podem ser fabricados de cobre, alumínio ou polipropileno e recebem um isolamento térmico. Caso a quantidade de luz solar seja insuficiente ou o uso demasiado, existe a opção de o boiler possuir um sistema auxiliar de aquecimento, comumente elétrico ou a gás. A capacidade do reservatório térmico depende de quantas pessoas usarão o sistema diariamente, a duração média e a quantidade dos banhos diários, quantos serão os pontos de uso de água quente, a dimensão da piscina, se houver, entre outros fatores. (Soletrol)

A figura a seguir mostra um esquema do funcionamento de um aquecedor solar:

Figura 3: sistema de aquecimento solar para edificações



Fonte: (Soletrol)

2.3.4 Materiais de baixo impacto ambiental

O avanço da engenharia civil felizmente foi acompanhado pelo desenvolvimento de técnicas e materiais cada vez mais otimizados e de grandes possibilidades.

A construção civil é responsável por um altíssimo uso de materiais, de diversas origens. Nesse caminho, observa-se o impacto que essa área representa nos danos causados ao meio ambiente por esses materiais. As preocupações com o setor ecológico e a especificidade adquirida pela indústria em diversas áreas, proporcionou a chegada massiva de materiais de baixo impacto ambiental ou ecológico.

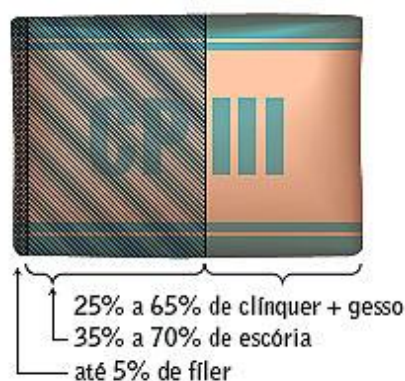
Entretanto, o que se percebe é uma grande dificuldade no emprego desse tipo de material, devido a variados fatores. O material ecológico ainda apresenta muita informalidade ou são produzidos artesanalmente, ocasionado assim a falta de especificações técnicas, certificados de qualidade e estudos quanto ao seu desempenho. Ainda, o custo é um fator relevante em muitos materiais ecológicos, causando desinteresse por parte das construtoras. Serão listados a seguir, alguns materiais ecológicos já em utilização na construção civil.

CIMENTO ECOLÓGICO

A indústria do cimento é responsável por 5% das emissões mundiais de gás carbônico. O grande vilão é o processo de produção do clínquer, principal componente do cimento, que libera CO_2 em mesma quantidade do que é produzido.

Para reduzir essa taxa é preciso diminuir a quantidade desse ingrediente da fórmula do cimento. Isso já acontece com o cimento do tipo CP-III, que substitui parte do clínquer por escórias de siderúrgicas. O aproveitamento do resíduo gerado pela siderúrgica para este fim é de 70%, concentrado majoritariamente na região sudeste, onde estão os fabricantes de aço. Ele representa mais de 17% do consumo de cimento no Brasil e pode ser considerado um cimento “verde”. Abaixo, um exemplo de cimento CP-III e um indicativo de sua composição.

Figura 4: cimento CP-III e sua composição



Fonte: (equipe de obra – PINI)

TIJOLO ECOLÓGICO

Os tijolos ecológicos têm em sua composição terra, cimento e água e são prensados até adquirir a consistência ideal, ao invés de serem levados a um forno para cozimento como os tijolos tradicionais. Dispensam a queima para sua cura,

reduzindo assim a emissão de gases na atmosfera. Devido ao seu sistema de encaixe, é possível também reduzir o uso de argamassa, barateando a obra. Abaixo, exemplo de tijolos ecológicos:

Figura 5: tijolos ecológicos



Fonte: (hipertexto)

PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS ECOLÓGICOS

Há uma gama grande de produtos industrializados que auxiliam na redução do consumo de água e energia e que auxiliam na redução do impacto ao meio ambiente.

As torneiras automáticas são uma solução eficiente na economia de água. Elas possuem sensores ou comandos, que são acionadas na presença ou ação de alguma pessoa e também fechamento automático com tempo pré-determinado. Comparadas às torneiras convencionais podem economizar até 55% de água.

Figura 6: torneiras automáticas



Fonte: (docol)

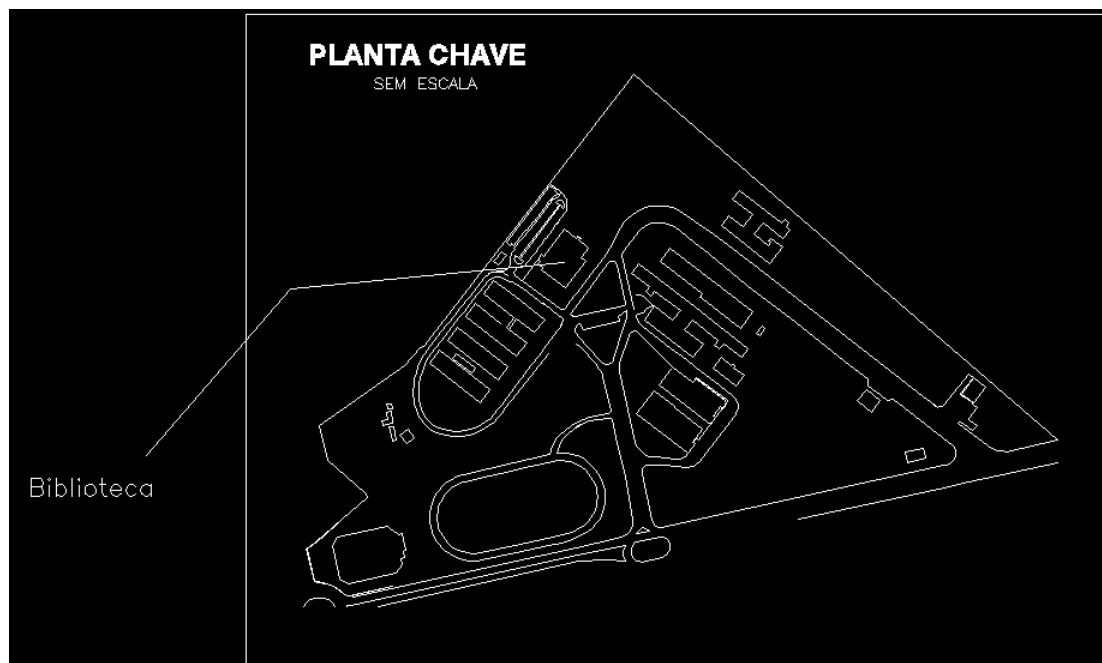
3. ESTUDO DE CASO – BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ

A faculdade de engenharia de Guaratinguetá possui uma biblioteca que tem por missão “disponibilizar a informação aos usuários apoiando as atividades de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidas na instituição de modo a contribuir para a melhoria da qualidade de vida do cidadão”. Por estar inserida num ambiente universitário, apresenta uma taxa de ocupação considerável durante todo o dia, com diversas atividades como estudo, pesquisa e reuniões.

A escolha da biblioteca como estudo de caso contempla diversos interesses do tema em questão. Primeiramente é uma oportunidade de oferecer uma análise de um local de grande importância na faculdade, disponibilizando dados que podem beneficiar efetivamente uma intervenção para a melhoria da eficiência energética do local. Ainda, o estudo de um local dentro da própria faculdade incentiva a pesquisa por parte dos alunos, buscando aprimorar as instalações por eles usadas e fomentando melhorias cada vez mais diretas.

Localizada na cidade de Guaratinguetá, distante 180 km de São Paulo, a biblioteca Prof^o Carlos Alberto de Buarque Borges se insere na região bioclimática brasileira 3.

Figura 7: posicionamento da biblioteca no terreno da UNESP – campus Guaratinguetá (planta chave sem escala)



Fonte: (arquivo da UNESP – campus de Guaratinguetá)

A norma descreve estratégias de projeto por região, para que as edificações estejam adequadas às características do meio em que se encontram. Para a zona bioclimática 3 estas estratégias incluem a existência de aberturas para ventilação, o sombreamento das aberturas no verão e a entrada do sol no inverno, paredes leves e refletoras e coberturas leves e isoladas, entre outras.

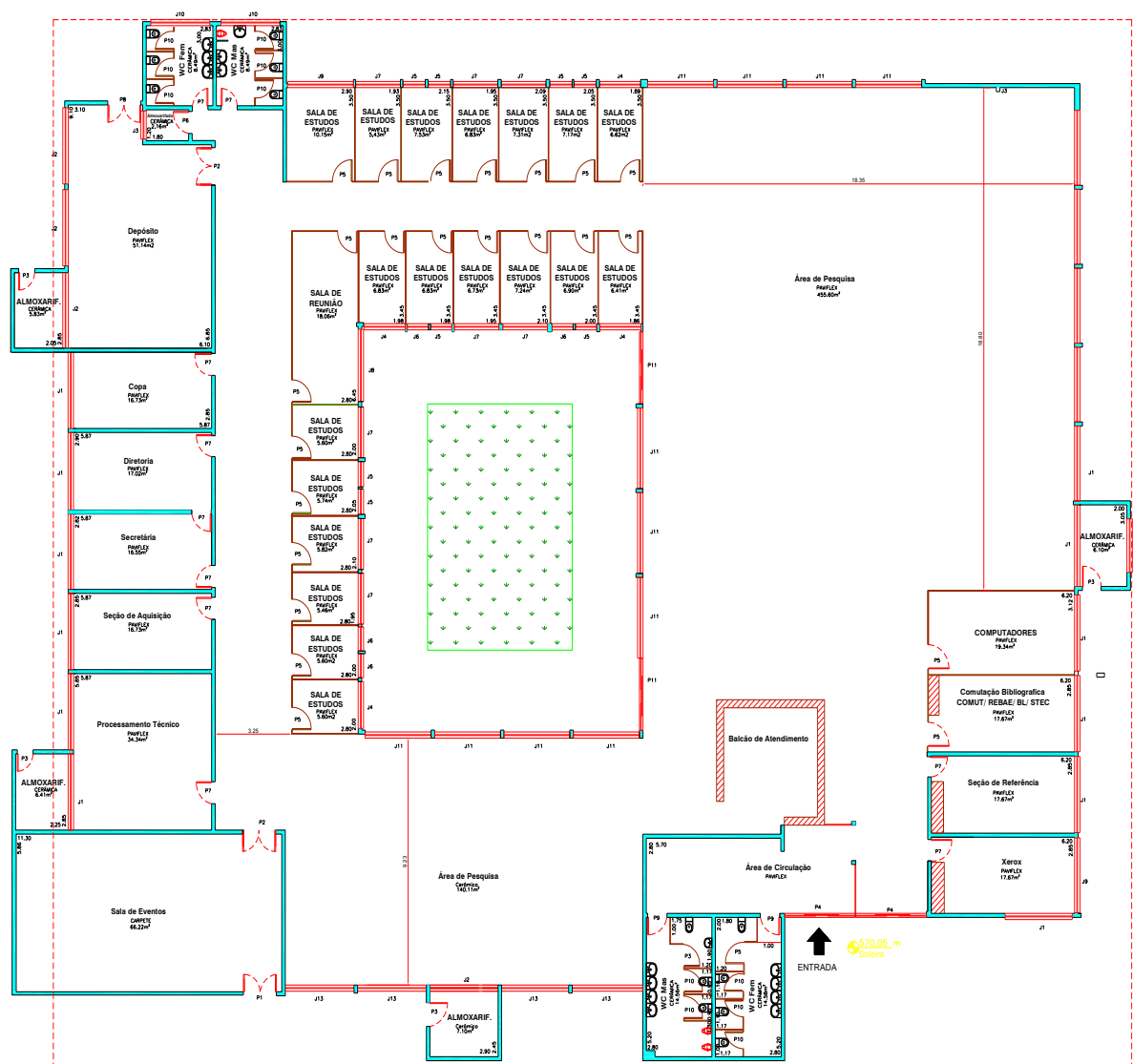
A estrutura da biblioteca compreende, em linhas gerais, um bloco retangular, com grandes vãos livres internos, com presença pequena de alvenaria de vedação. A estrutura tem fachada com predominância de superfícies transparentes, com janelas em todo o seu entorno. Um fator importante a ser destacado é que o bloco foi posicionado com base na orientação da rua, como a maioria das edificações, negligenciando a posição que geraria melhor eficiência energética. No miolo da estrutura há um jardim de inverno de dimensões consideráveis, com projeção horizontal do piso em toda a sua volta, para em seguida ocorrer um fechamento da área com vidro. O ambiente da biblioteca carece de sistema de climatização, sendo este restrito a algumas salas.

As janelas são em sua maioria do tipo Maxim-ar, de grandes dimensões, representando uma grande área de entrada de luz. Há um tratamento externo de

brises na periferia da edificação, visando controlar a incidência de sol nos ambientes.

Para o cálculo das variáveis necessárias na determinação da eficiência energética é preciso obter as informações de modo real e preciso. Para isso foi utilizado o projeto arquitetônico como base e posterior conferência in loco dos dados coletados. Abaixo, planta baixa da biblioteca:

Figura 8: Planta baixa da biblioteca



Fonte: (arquivo da UNESP – campus de Guaratinguetá)

3.1 Cálculo da eficiência energética da envoltória

O cálculo da envoltória compreende na avaliação da transmitância térmica, das cores e absorvância de superfícies, FA, FF, do percentual de abertura da fachada (PAF) e dos ângulos de sombreamento. A definição destes fatores foram assim estabelecidos no relatório de qualidade técnica (RTQ-C):

- Transmitância térmica ($W/(m^2K)$): “Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220 – parte 2 ou determinada pelo método da caixa quente protegida da NBR 6488.”
- Fator altura (FA): “Razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída (A_{pcob}/A_{tot}), com exceção dos subsolos”.
- Fator de forma (FF): “Razão entre a área da envoltória e o volume da edificação (A_{env}/V_{tot})”.
- Absorvância térmica ou absorvância à radiação solar (α): “Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície” (BRASIL, 2010a, p.14).
- Percentual de abertura da fachada (PAF): “É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido”.
- Ângulos de sombreamento: “ângulos que determinam a obstrução à radiação solar gerada pela proteção solar nas aberturas. No RTQ são usados dois ângulos: ângulo vertical de sombreamento (AVS – referente a proteções horizontais) e ângulo horizontal de sombreamento (AHS – referente a proteções verticais)”.

Procedimento de cálculo

Transmitância e absorvância térmica

As propriedades térmicas e os dados dos materiais e suas especificações podem ser encontrados, em sua maioria, na norma de desempenho térmico de

edificações, NBR 15220. A norma trata os materiais e técnicas construtivas mais comuns e difundidas no Brasil. Entretanto, a grande variedade de materiais disponíveis no mercado, bem como a vasta gama de técnicas construtivas faz com que a norma não contemple todos os itens com perfeita exatidão dos edifícios avaliados. Sendo assim, o que se faz é uma análise comparativa, buscando se aproximar ao máximo as situações previstas na norma com o edifício real.

A tabela D3 oferece as tipologias de paredes. Para a biblioteca foi adotado: “Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão”, sendo $U=1,92 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Na tabela D4 podem ser encontrados os tipos de cobertura e suas características térmicas. Para a biblioteca, “cobertura com laje pré-moldada de 12cm, câmara de ar maior que 5cm e telhas metálicas de 0,6cm de espessura”, com $U=1,82 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Para a absorvância térmica o processo é o mesmo, buscando na norma especificações que mais se assemelham com o projeto em estudo.

A pintura externa do prédio na cor amarela remete a $\alpha=0,30$. O telhado de telhas metálicas pode ter a absorvância considerada a mesma do aço galvanizado, $\alpha=0,25$.

Este primeiro item, de transmitância térmica e absorvância térmica serão utilizados para atender aos pré-requisitos da classificação desejada, para então definir a classificação real do edifício.

Cálculos segundo o RTQ-C

Área da envoltória:

Fachada	Área da envoltória
Norte	234,84 m ²
Sul	311,82 m ²
Leste	171,9 m ²
Oeste	192,45 m ²
Cobertura	1800,20 m ²
TOTAL	2714,2 m²

Área de projeção da cobertura:

$$A_{pcob}=1800,20 \text{ m}^2$$

Área de projeção do edifício:

$$A_{pe}=1800,20 \text{ m}^2$$

Área útil (AU):

$$AU=1355,31 \text{ m}^2$$

Área total (A_{tot}):

$$A_{tot}=1495,6 \text{ m}^2$$

Volume do edifício:

$$V_{tot}=7359,32 \text{ m}^3$$

Fator de forma (FF):

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}} = \frac{2714,2}{7359,32} = 0,37$$

Fator altura (FA):

$$FA = \frac{A_{pe}}{A_{tot}} = \frac{1800,2}{1495,6} = 1,2$$

Fator solar (FS): Segundo Lamberts (1997), o fator solar do vidro simples de 6mm cinza (fumê) é 0,6

Cálculo do percentual de área de abertura na fachada (P_{AFT}) e cálculo do percentual de área de abertura na fachada oeste (P_{AFO})

No hemisfério sul, a posição do sol oferece maior incidência e influência na eficiência em determinadas fachadas, em horários específicos. Assim, a fachada oeste é a que recebe maior incidência de calor, pois é banhada pelo sol do meio-dia ao por do sol. A área de abertura desta fachada recebe este calor para o interior do prédio, sendo grande contribuinte na temperatura interna. Se o PAF_O for pelo menos

20% maior que o PAF_T , deve-se adotar o PAF_O na equação. Entretanto, a edificação possui aberturas com sistema de proteção solar paralelas. Segundo RTQ-C:

“Aberturas com sistema de proteção solar paralelas a fachada e com sua parte superior fechada devem ter consideradas, para o cálculo do PAF_T , apenas as áreas de aberturas vistas ortogonalmente através da proteção solar. Este sistema de proteção deve ser parte integrante do projeto do edifício e estar a uma distancia do plano envidraçado inferior a uma vez a altura do maior vão da proteção. (RTQ-C) Neste caso, o ângulo de sombreamento não será considerado para o cálculo do AVS e AHS, aplicando-se zero na ponderação do ângulo de sombreamento.

I) $C=2,5 < \text{vão}=0,45$ NÃO

Fachada	Área da envoltória (m ²)	Área de aberturas (m ²)	PAF_T (%)
Norte	234,84	76,16	0,32
Sul	311,82	66,05	0,21
Leste	171,9	63,44	0,37
Oeste	195,45	38,76	0,2
TOTAL	914	244,41	0,26

O percentual de abertura da fachada considerado será o total, $PAF_T=0,26$.

Ângulo vertical de sombreamento (AVS):

Fachada leste: $\alpha=56^\circ \rightarrow 45^\circ$

$$A_{eq}=61,44 \text{ m}^2$$

Fachada sul: $\alpha=58^\circ \rightarrow 45^\circ$

$$A_{eq}=19,88 \text{ m}^2$$

$\alpha=75^\circ \rightarrow 45^\circ$

$$A_{eq}=6,84 \text{ m}^2$$

$$AVS = \frac{45 \cdot 61,44 + 45 \cdot 19,88 + 45 \cdot 6,84}{88,16} = 45$$

Ângulo horizontal de sombreamento (AHS):

Brises (norte): $\alpha=66,45^\circ \rightarrow 45^\circ$

$$A_{eq}=72,92 \text{ m}^2$$

$$AHS=45^\circ$$

CÁLCULO DO INDICADOR DE CONSUMO

“O indicador de consumo é um parâmetro para avaliação comparativa da eficiência da envoltória”. A equação é formulada para cada zona bioclimática e para áreas de projeção do edifício menores que 500 m² e maiores que 500 m². Para o caso em questão, será avaliado para a zona bioclimática 3, com A_{pe}>500 m².

Indicador de consumo:

Limite: fator de forma mínimo (A_{env}/V_{tot}) = 0,15

$$IC_{env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAF_T + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS - \frac{35,75}{FF} - 0,54.PAF_T.AHS + 277,98$$

$$IC_{env} = -14,44.1,2 - 113,94.0,37 + 50,82.0,26 + 4,86.0,6 - 0,32.45 + 0,26.45 - \frac{33,75}{0,37} - 0,54.0,26.45 + 277,98$$

$$IC_{env} = 134,39$$

Indicador máximo de consumo: é preciso substituir os seguintes parâmetros: PAF=0,6; FS=0,61; AVS=0 e AHS=0.

$$IC_{max} = 160,73$$

Indicador mínimo de consumo: é preciso substituir os seguintes parâmetros: PAF=0,05; FS=0,87; AVS=0 e AHS=0.

$$IC_{min} = 134,05$$

Intervalo:

$$i = \frac{IC_{max} - IC_{min}}{4} = \frac{160,73 - 134,05}{4} = 6,67$$

Definição dos níveis de eficiência energética:

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

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	140,73	147,4	150,07	160,74
Lim Máx	140,72	147,3	150,06	160,73	-

A biblioteca obteve um indicador de consumo $IC_{env}=134,39$. Comparando o indicador obtido com os níveis de eficiência calculados na tabela acima, é possível considerar que esta edificação atende o nível A.

PRÉ-REQUISITOS PARA A CLASSIFICAÇÃO FINAL

Após o cálculo do nível de eficiência energética da envoltória com o cumprimento dos requisitos previstos no regulamento técnico, é preciso avaliar se a edificação também atende aos pré-requisitos estabelecidos. O nível de eficiência encontrado só pode ser mantido caso os pré-requisitos sejam atendidos, já que estes são uma condição preliminar ao IC anteriormente encontrado. Caso contrário, haverá um rebaixamento da classificação anterior, com base nos pré-requisitos não atendidos. Quanto maior o nível desejado, mais pré-requisitos devem ser atendidos, conforme tabela abaixo:

Nível de eficiência	Transmitância térmica das coberturas e paredes exteriores	Cores e absorvância de superfícies	Iluminação zenital
A	O	O	O
B	O	O	
C e D	O		

Transmitância térmica da cobertura – $U=1,82 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pré-requisito nível A – $U < 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ – OK

Cor e absorvância da cobertura – $\alpha=0,25$

Pré-requisito nível A – $\alpha<0,5$ – OK

Transmitância térmica da parede – $U=1,92 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pré-requisito nível A – $U<3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ – OK

Cor e absorvância da parede – $\alpha=0,3$

Pré-requisito nível A - $\alpha<0,5$ – OK

Aberturas zenitais:

Este pré-requisito exige uma análise mais minuciosa, pois envolve questões além de um simples parâmetro.

A iluminação zenital permite a entrada de luz natural nos ambientes internos e, por conseguinte, possibilita a redução no consumo de eletricidade em iluminação. Entretanto, a entrada de luz natural pode influenciar na elevação da carga térmica pela radiação solar. O RTQ-C toma importância desta questão e exige percentuais exigentes para as aberturas zenitais permitidas numa edificação. Prevê, assim, uma o PAZ de até 5% sem a necessidade de se utilizar simulação computacional.

Partindo desta exigência, o RTQ-C estabeleceu uma relação inversa entre PAZ e o fator solar FS máximo. Ao aumentar o percentual de abertura zenital, aconselha-se diminuir o fator solar, para que a carga térmica não tenha influência negativa no conforto térmico. A tabela abaixo mostra essa relação:

Tabela 16: relação entre PAZ e FS

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)

A biblioteca em análise possui um grande jardim de inverno central, o qual contribuiu para uma abertura na cobertura de 174 m^2 . Nota-se claramente que essa abertura apresenta participação relevante na entrada de luz no ambiente e corresponde um PAZ acima de 5%, que indica FS máximo de 0,3. Os vidros que fecham o ambiente do jardim de inverno podem ser comparados ao modelo simples, de 6mm, cinza (fumê), previstos por Lamberts (1997), com $FS=0,6$.

Isto posto, o pré-requisito de iluminação zenital não é atendido, classificando-se devido a esse quesito, num nível C/D.

Portando, através da análise dos requisitos de eficiência energética previstos no regulamento, verificou-se que o edifício atende um nível A. Ainda, após a verificação do cumprimento dos pré-requisitos, não se pode garantir a classificação final nesse mesmo nível A. Este fato deve-se, principalmente, a ingerência negativa da abertura zenital devido ao jardim de inverno central da edificação.

3.2 Propostas de intervenção

Após a análise da eficiência energética, é relevante tratar os meios disponíveis para melhorar o nível encontrado. As propostas, apesar de serem de grande importância para qualquer obra de engenharia civil, estão baseadas nas técnicas e materiais locais acessíveis, mas principalmente nas condições climáticas da região da qual a edificação está inserida. Aproveitar os recursos naturais do ambiente de forma otimizada é uma das saídas mais prolíferas de alcançar um bom nível de eficiência energética.

A NBR 15220 lista algumas estratégias a serem tomadas de acordo com cada região, de forma que as condições climáticas influenciem positivamente no edifício. Para a cidade de São Paulo, compreendida na zona bioclimática 3, são convenientes as estratégias B, C, F e I:

- Aberturas para ventilação com sombreamento no verão
- Aberturas médias (de 15% a 25% da área do piso) que permitam entrar o sol no inverno
- Ventilação cruzada no verão
- Vedações internas pesadas para inércia térmica

3.2.1 Brises Móveis

Um elemento importante na estrutura da biblioteca é a presença dos brises-soleil. Como já explicado anteriormente, eles são extremamente efetivos no sombreamento de fachadas, proporcionando melhores condições da envoltória. Entretanto, um fato a ser salientado é que estes brises são fixos, não possuindo qualquer tipo de regulação. A instalação de brises móveis, que podem ser

posicionados com a angulação correta para cada período do dia, faria este sistema de proteção solar muito mais satisfatório. Atenção apenas às características do brise. Segundo a arquiteta Gilda Collet, professora da Universidade Mackenzie, os mecânicos ou elétricos gastam energia e emperram facilmente, necessitando de manutenção constante. Abaixo, um exemplo da presença de brises móveis em um edifício:

Figura 9: brise de soleil móvel



Fonte: (Karla Cunha – arquitetura e sustentabilidade, 2010)

3.2.2 Pergolado

Outra área a ser tratada para melhorar o nível de eficiência da envoltória é a presença da abertura zenital na biblioteca. Como mencionado anteriormente, o regulamento condena, de certa forma, grandes aberturas zenitais em uma edificação, pois sugere limites muito baixos de aberturas, relacionando-as com o fator solar dos vidros.

A alternativa que pode ser proposta é a de limitar a incidência direta de luz no ambiente servido pela abertura zenital, sem privar a ventilação proporcionada. Um elemento arquitetônico interessante seria o pergolado. Além de oferecer uma interferência diferente no visual, ele pode oferecer proteção à luz que entra nessa abertura. Este pergolado pode, com certo rigor, apresentar uma inclinação leve para melhorar ainda mais a proteção desejada.

Figura 10: cobertura de varanda com pergolado



(fonte: Estudio MCA)

3.2.2.1 Viabilidade

É conveniente realizar um estudo da viabilidade de implantação da proposta de instalação de pergolado na área central. Para isso realizou-se orçamento do serviço em questão em três empresas especializadas em estruturas de madeira no estado de São Paulo.

Nas três empresas o serviço solicitado refere-se a um pergolado com as seguintes características:

- Dimensão: 9,20 x 6,15m
- Madeira garapeira aparelhada
- Pergolado apoiado em colunas de madeira de 15 x 15 cm

- Vigas de apoio de 8 x 20 cm
- Travessas de 5 x 15 cm
- Material e mão de obra inclusa

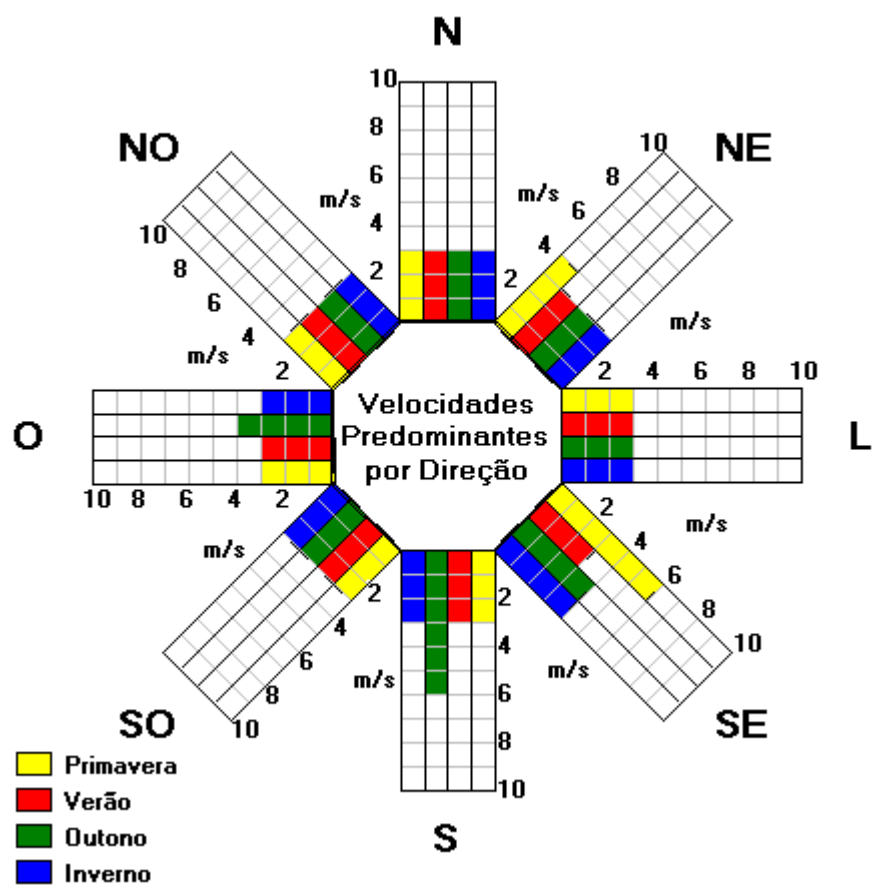
A empresa A orçou o serviço em R\$11000,00. A empresa B em R\$15050,00. A empresa C em R\$17100,00.

3.2.3 Janelas de grandes aberturas

Uma reclamação constante na biblioteca é o calor intenso nos períodos mais quentes do ano. Como o local não possui sistema de condicionamento de ar, essa reclamação se torna válida, já que a mesma é feita apenas por ventiladores. Ventiladores não refrescam o ambiente de forma regular, nem apresentam um controle de temperatura. Em questões de resfriamento do ambiente se tornam deficitários, causando prejuízos ao bem estar dos usuários.

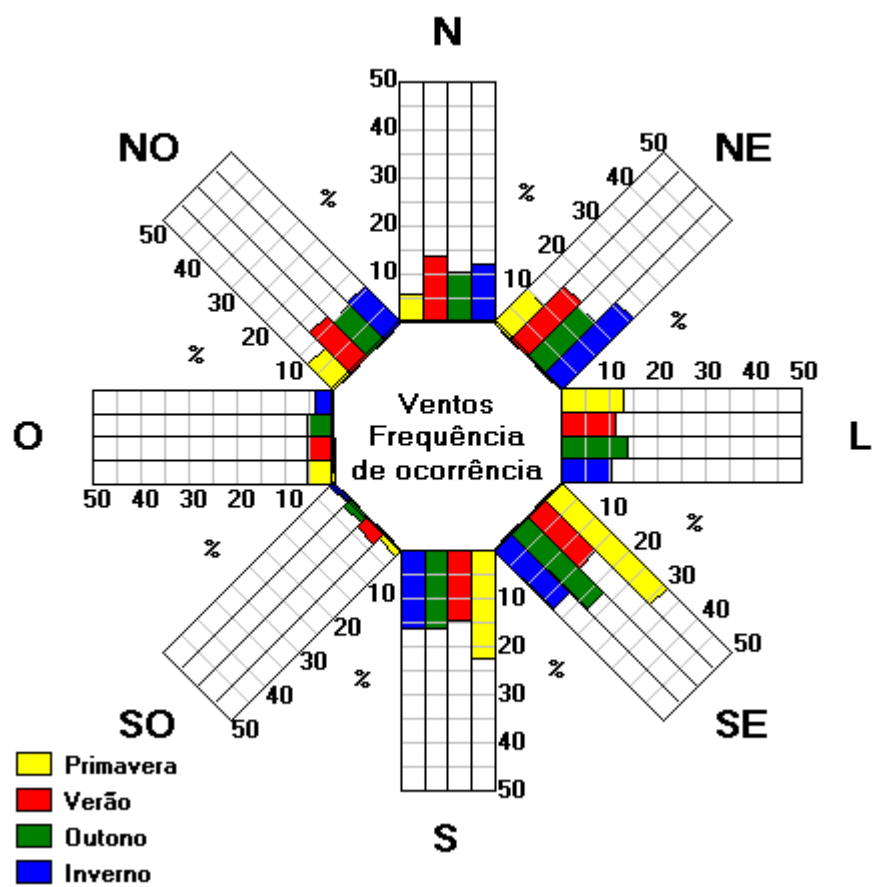
Nos ambientes de grande concentração de pessoas, como na área de estudos há a alternativa de substituir as janelas maxim-ar por outras que forneçam grandes aberturas. Dessa maneira, aproveita-se a ventilação natural nesses ambientes espaçosos, melhorando a sensação térmica. Para conhecer o comportamento do vento atuante no local em cada estação do ano, para cada orientação do prédio, utiliza-se de programas computacionais. A seguir, encontra-se a rosa dos ventos para cidade de São Paulo, obtido através do software Sol-Ar.

Figura 11: Velocidades predominantes dos ventos por direção.



Fonte: (Software Sol-Ar, 2013)

Figura 12: Frequência de ocorrência dos ventos



Fonte: (Software Sol-Ar, 2013)

4. CONCLUSÃO

Os impactos das mudanças climáticas são sentidos cada vez mais intensamente, causando prejuízos para toda a sociedade. A realidade desse cenário tomou forma rapidamente na última década, embora as ações para contornar esse problema não tenham acompanhado o mesmo ritmo.

A construção civil é apontada como uma das principais atividades destruidoras do meio ambiente, pelo seu tipo atuação, pelos materiais que utiliza e pelo sistema tradicional de execução amplamente difundido. O Brasil está inserido nos países em que a construção civil tem parcela significativa nos impactos negativos ao meio ambiente. Por exemplo, 35% de todos os materiais extraídos da natureza são usados pela construção civil anualmente. Ainda, mais de 50% de toda a energia produzida no Brasil é usada para abastecer nossas edificações, as quais são raramente dotadas de um programa de economia e uso eficiente de energia. Por isso, o setor da construção civil recebe uma forte pressão para se alinhar as diretrizes que vem sendo discutidas a fim de minimizar os danos ambientais.

Nesse panorama, é fácil notar a importância da introdução dos conceitos de eficiência energética e sustentabilidade na realidade brasileira. O programa de eficiência energética tratado neste trabalho, selo Procel Edifica, representa uma iniciativa público-privada de grande importância. O potencial de conservação de energia da construção civil é convincente. Para edificações já existentes, a economia pode chegar a 30% através de uma intervenção apenas de reforma ou atualização. Nas edificações possuidoras de tecnologias que aumentem a eficiência, a economia pode chegar a 50% do consumo quando comparadas àquelas sem essas tecnologias.

É preciso ponderar também as falhas existentes nesse certificado de eficiência. Uma edificação apresenta centenas de variáveis que contribuem para a economia de energia e para o uso eficiente de materiais. Ao criar parâmetros que julgam a eficiência energética de uma edificação através apenas da iluminação, do sistema de condicionador de ar e da envoltória, o programa negligencia diversos outros aspectos e cria uma brecha na obtenção do selo. Já foram constatadas diversas manobras ilegais ou não recomendadas com o intuito de atingir a eficiência desejada.

O que se vê, em muitos casos, é o uso político e comercial do selo de eficiência energética. Diversos empreendimentos utilizam-se de artimanhas para

atingir os requisitos do certificado sem possuírem realmente uma edificação eficiente e sustentável. A posse do selo significa um empreendimento mais bem visto pela sociedade, facilitando sua comercialização e aceitação do público. Por isso, é imprescindível e natural uma melhoria dos quesitos abordados no certificado, com intenção de ampliar e aprimorar o que é avaliado numa edificação.

Através do estudo de caso foi possível visualizar a aplicação real do processo de análise de eficiência energética de uma edificação. Apesar de no primeiro momento a biblioteca obter um nível de eficiência A, existem fatores adjacentes aos itens principais de análise. Essa situação causou um rebaixamento de eficiência, posicionando-se no nível C/D. As propostas enumeradas são iniciativas que realmente podem ser aplicadas e possuem viabilidade econômica frente aos benefícios que serão proporcionados.

O resultado obtido fomenta a necessidade de mudanças dos moldes de como uma edificação é projetada. É fundamental a alteração do foco das prioridades de desenvolvimento de um projeto. Utilizar-se melhor do ambiente, da topografia disponível, das condições climáticas locais, dos materiais ecológicos acessíveis e de técnicas construtivas mais modernas são questões relevantes no aperfeiçoamento da atual perspectiva apresentada pela construção civil.

REFERÊNCIAS

Etiquetagem de eficiência energética em edificações. 2009a, Vol 1. Disponível em: <http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7BF31F6BFC-3B02-499E-B368-BAA51DE3976D%7D%3B&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>

HAYDT, Gustavo. Eficiência energética em edificações dá samba no Brasil?, 2012. Disponível em: <http://infopetro.wordpress.com/2012/11/26/eficiencia-energetica-em-edificacoes-da-samba-no-brasil/>. Acesso em 15/07/2013.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; RUTTKAY, F; *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo, PW, 1997.

Lista de Materiais Ecológicos. 2009. Disponível em: <http://www.criararquitetasustentavel.com.br/lista-de-materiais-ecologicos.html>. Acesso em 10/10/2013.

Manual para Aplicação dos Regulamentos: RTQ_C e RAC_C. 2010. Vol 4. Disponível em: <http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7BC997CE35-0191-479F-A87D-AADD02D2258F%7D%3B&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>

MENDES, Henrique. A Construção Civil e Seu Impacto no Meio Ambiente. Disponível em: <http://greendomus.com.br/blog/2013/09/a-construcao-civil-e-seu-impacto-no-meio-ambiente/>. Acesso em: 23/09/2013.

Ministério do Meio Ambiente, 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em 11/10/2013.

O preço da água na construção. Disponível em: <
<http://www.construindomeular.com.br/dica/46/o-preco-da-agua-na-construcao>>.
 Acesso em 16/10/2013.

Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), 1988. Disponível em: <
http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/painel_intergovernamental_de_mudancas_climaticas/>. Acesso em 29/09/2013.

Redação AECWeb. Os verdadeiros impactos da construção civil. Disponível em: <
http://www.aecweb.com.br/cont/n/os-impactos-da-construcao-civil_2206>. Acesso em 07/09/2013.

Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos – RAC_C. 2010. Vol 3. Disponível em: <
<http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7BDE1E59AF-C975-4D27-A9DF-36DCC72CC8AF%7D%3B&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>

Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviço e Público – RTQ_C. 2010, Vol 2. Disponível em: <
<http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7BE770F786-DEAB-464F-9A76-3A45C5F7F241%7D%3B&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie. **Ecohouse, a casa ambientalmente sustentável**. 3 ed. Bookman, 2009.

GLOSSÁRIO

ENCE: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

Envoltória: Planos que separam o ambiente interno do ambiente externo.

EqNum: Número representativo da eficiência de um sistema.

Fachada: Superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação à horizontal. Inclui as superfícies opacas, paredes, translúcidas, transparentes e vazadas, como cobogós e vãos de entrada.

Percentual de abertura zenital: Percentual de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal.

Zona Bioclimática: Região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem na relações entre ambiente construído e conforto humano de acordo com a NBR 15220.

Zona de conforto: Zona onde existe satisfação psicofisiológica de um grupo de indivíduos com as condições térmicas do ambiente.

Zona térmica: Espaço ou grupo de espaços dentro de um edifício condicionado que são suficientemente similares, onde as condições desejadas (temperatura) podem ser controladas usando um único sensor.