

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FELIPE MATOS DOS SANTOS LERCO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA BIBLIOTECA
MUNICIPAL DE CAMPO MOURÃO-PR CONFORME O PROGRAMA
NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL
EDIFICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2015

FELIPE MATOS DOS SANTOS LERCO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA BIBLIOTECA
MUNICIPAL DE CAMPO MOURÃO-PR CONFORME O PROGRAMA
NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL
EDIFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman

CAMPO MOURÃO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA BIBLIOTECA MUNICIPAL DE CAMPO MOURÃO-PR CONFORME O PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL EDIFICA

por

Felipe Matos dos Santos Lerco

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 16h30min do dia 24 de Junho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Radames Juliano Halmemann
(UTFPR)

Prof^a. Me. Paula Cristina de Souza
(UTFPR)

**Prof. Dra. Maria Cristina Rodrigues
Halmemann**
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por me guiar nos momentos de dificuldade e me conceder a sabedoria para conquistar meus objetivos.

Agradeço à minha família, ao meu pai Carlos Lerco, à minha mãe Priscila Matos dos Santos Lerco pelo apoio incondicional, por dar suporte em todos os anos dedicados à minha graduação. Agradeço pela confiança e incentivo que sempre me deram. Vocês serão sempre minha referência de vida.

À minha avó Cida e meu avô Aguinaldo pelos conselhos que todo neto precisa para garantir que o foco da carreira profissional não seja perdido, pela orientação e por demonstrar que o amor pela família supera todas as barreiras que existem.

A todos os familiares que estiveram presentes em todos os momentos da minha trajetória, reconhecendo minha dedicação e me aconselhando nos momentos de dificuldade. Agradeço por acreditarem no meu potencial.

Aos meus amigos da época de colegial que com o passar dos anos reforçaram os laços de amizade, cumplicidade e companheirismo.

Também aos meus amigos feitos ao longo da faculdade, dos quais pude compartilhar momentos de estudo e noites de diversão e festa.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Rodrigues Halmeman pela paciência, sabedoria e colaboração. Agradeço pelo comprometimento.

A todos os professores e colegas de graduação que me acompanharam nesse árduo desafio.

Agradeço a PÓRTICOS Empresa Junior de Engenharia Civil e a todos os membros da qual pude conhecer e ter o imenso prazer de trabalhar. Nesse curto período de um ano e meio obtive um desenvolvimento profissional e pessoal que levarei para sempre na minha carreira, fazendo com que a profissão de engenheiro civil seja exercida com paixão, caráter e honestidade.

Dedico este trabalho em memória do meu avô Flavio Lerco

Sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá. (Ayrton Senna)

RESUMO

LERCO, Felipe M.S. **Estudo da Eficiência Energética na Biblioteca Municipal de Campo Mourão-PR conforme o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica-PROCEL EDIFICA**. 2015. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

O estudo da eficiência energética na construção civil é o resultado da preocupação da incidência das atividades industriais no sistema ambiental urbano e rural; característica de um país em desenvolvimento. Surge no Brasil o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica com o objetivo de regulamentar e criar modelos técnicos que promovam a aplicação de medidas favoráveis à redução de consumo de energia elétrica em edificações de caráter público ou residencial. Neste trabalho é utilizado o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C, 2013), criado pelo PROCEL. A edificação analisada foi a Biblioteca Municipal de Campo Mourão-PR. Como resultados, o ambiente foi classificado no geral como nível C, obtido através da análise da envoltória da edificação, sistemas de iluminação e condicionamento de ar. A análise do ambiente possibilita concluir que se trata de uma edificação não eficiente segundo parâmetros do RTQ-C, porém medidas pontuais como mudança de materiais da cobertura e aumento de iluminação natural nos escritórios administrativos proporcionariam melhorias quanto à redução do consumo energético, que atualmente não satisfaz os requisitos regulamentados.

Palavras-chave: Eficiência energética. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

ABSTRACT

LERCO, Felipe M.S. **Energy Efficiency Study at the Municipal Library of Campo Mourão-PR according to the Eletric Energy Preservation National Program-PROCEL EDIFICA**. 2015. 63 p. Course Conclusion Work (Bachelor of Civil Engineering) – Federal Technology University of Paraná. Campo Mourão, 2015.

The energy efficiency study in the construction is the result of the concerns with the incidence of the industrial activities in the urban and rural environmental systems; characteristics of a developing country. Thus, the Eletric Energy Preservation National Program arises in Brazil with the goal of regulating and creating technical standards that promote the application of measures to reduce the eletric energy consumption in public and residential buildings. In this work it is used the Technical Regulation of Commercial Services and Public Buildings Energy Efficiency Level Quality (RTQ-C, 2013), created by PROCEL. For this work the Municipal Library was classified, in general, as C level. This result was obtained from the analysis of covering, lighting and air conditioning systems of the building. The analysis of the environment enables us to conclude that the building is not eficiente according to the RTQ-C parameters, howerer, one-off measures such as changing the material used in the roof and increasing the natural lighting in the administrative offices would provide improvement regarding the reduction of electrical energy consumption that currently does not satisfy the requirements.

Key words: Energy Efficiency. Technical Regulation of Commercial, Services and Public Buildings Energy Efficiency Level Quality. Eletric Energy Preservation National Program.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ABSORTÂNCIAS E EMISSIVIDADES DE MATERIAIS	26
TABELA 2 – LIMITE MÁXIMO DE DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA PRETENDIDO	34

TABELA 3 – PARÂMETROS DO ICMáxD	45
TABELA 4 – PARÂMETROS DO ICMín.....	45
TABELA 5 – LIMITES DOS INTERVALOS DOS NÍVEIS DE EFICIÊNCIA	46
TABELA 6 – LIMITES MÁXIMOS E MÍNIMOS DOS INDICADORES DE CONSUMO DA ENVOLTÓRIA	54
TABELA 7 – ESTRATÉGIAS DE CONDICIONAMENTO TÉRMICO PASSIVO.....	55
TABELA 8 – VALORES DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO INSTALADA NA EDIFICAÇÃO.....	56
TABELA 9 – POTÊNCIA DE ILIMINAÇÃO INSTALADA NA EDIFICAÇÃO	56
TABELA 10 – ESPECIFICAÇÕES DE CADA UNIDADE DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	57
TABELA 11 – COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DE CADA UNIDADE DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	58
TABELA 12 – RESULTADO PONDERADO PARA CADA UNIDADE DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	58

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – RESULTADOS PARA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA	50
QUADRO 2 – VALORES OBTIDOS PARA CORES E ABSORTÂNCIA	51
QUADRO 3 – ÁREAS CORRESPONDENTES DAS ENVOLTÓRIAS	52

QUADRO 4 – RESULTADOS DAS VARIÁVEIS DE ENVOLTÓRIA	52
QUADRO 5 – PERCENTUAL DE ABERTURA DE FACHADA TOTAL.....	53
QUADRO 6 – ÍNDICES DE CONSUMO DA ENVOLTÓRIA.....	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ÁREAS CHAVE DO CERTIFICADO LEED	19
FIGURA 2 – METODOLOGIA HQE	20
FIGURA 3 – ECONOMIA DE ENERGIA NOS ÚLTIMOS ANOS.....	21
FIGURA 4 – NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	23
FIGURA 5 – EDIFICAÇÃO COM SUBSOLO E AMBIENTE SEMIENTERRADO.....	29
FIGURA 6 – ÂNGULO HORIZONTAL DE SOMBREAMENTO	31
FIGURA 7 – ÂNGULO VERTICAL DE SOMBREAMENTO	31
FIGURA 8 – CHEKLIST-PARTE 1 DO ATENDIMENTO AO NÍVEL A	36
FIGURA 9 – CHEKLIST- PARTE 2 DO ATENDIMENTO AO NÍVEL A	37
FIGURA 10 – FACHADA PRINCIPAL DA BIBLIOTECA MUNICIPAL	38
FIGURA 11 – LAYOUT PAVIMENTO TÉRREO (BIBLIOTECA)	39
FIGURA 12 – LAYOUT PAVIMENTO TÉRREO (ESCRITÓRIOS)	39
FIGURA 13 – LAYOUT PAVIMENTO SUPERIOR (SALA DE PESQUISA)	40
FIGURA 14 – ZONA BIOCLIMÁTICA 2 NO BRASIL.....	43
FIGURA 15 – FACHADA PRINCIPAL DA BIBLIOTECA (ARQUIVO 3D) (1)	49
FIGURA 16 – FACHADA PRINCIPAL DA BIBLIOTECA (ARQUIVO 3D) (2)	49
FIGURA 17 – EQUIVALENTES NUMÉRICOS DOS NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO.	59
FIGURA 18 – CLASSIFICAÇÃO GERAL	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 JUSTIFICATIVA.....	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
4.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	15
4.2 PROCEL-EDIFICA	20
4.3 RTQ-C.....	22
4.3.1 ENVOLTÓRIA	25
4.3.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	32
4.3.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	35
5 METODOLOGIA	38
5.1 MATERIAL	38
5.2 MÉTODO.....	42
5.2.1 Envoltória	42
5.2.2 Transmitância térmica	43
5.2.3 Cores e absorvância da superfície	44
5.2.4 Indicador de Consumo da envoltória	44
5.2.5 Sistemas de Iluminação	46
5.2.6 Determinação da eficiência energética geral.....	47
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
6.1 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE	48
6.2 ENVOLTÓRIA	50
6.2.1 Transmitância térmica	50
6.2.2 Cores e absorvância térmica.....	51
6.2.3 Procedimento de cálculo da Envoltória	52
6.2.3.1 Percentual de Abertura das Fachadas	53
6.2.3.2 Ângulo Vertical de Sombreamento	53
6.2.4 Indicador de Consumo (ICenv).....	53
6.3 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	55
6.4 SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	57
6.5 CLASSIFICAÇÃO GERAL.....	59
7 CONCLUSÃO	60
8 REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade está diretamente relacionada com a engenharia civil no que se refere à busca por métodos construtivos capazes de desenvolver obras autossuficientes em termos ambientais, utilização de materiais ecológicos, reaproveitamento da energia natural e diminuição do consumo energético.

Regulamentos e certificados energéticos são resultados da demanda por melhorias de sustentabilidade das atividades. Surge um panorama interessante do ponto de vista do crescimento com a questão climática, atrelado à diminuição do consumo energético, fator preponderante pelos relatórios estatísticos ambientais. (IPCC, 2013)

Os sistemas de certificação começaram na Europa e essa forma de incentivo difundiu-se em outros países como Canadá, Estados Unidos, Japão, Austrália, México, entre outros, também tem seu próprio sistema de certificação. Os sistemas de avaliação são membros do World WGBC – *World Green Building Council*, o Conselho de edificação verde mundial. (LABEEE, 2015).

Agopyan (2000) aponta o início da década de 90 como referencial das primeiras medidas consistentes no Brasil em busca de uma construção mais sustentável, com estudos mais sistemáticos e resultados mensuráveis sobre a reciclagem, redução de perdas e de energia.

Conforme Ambiente e Energia (2012), em 1996, foi feita uma tentativa de consolidar as informações referentes ao estado da arte de eficiência energética em edificações com o objetivo de definir ações do Procel (Procel Edifica) e criar referências para profissionais para a área, porém, somente no período de 2010 a 2012 os esforços do governo são efetivamente concretizados em um processo de etiquetagem para edifícios comerciais, de serviços e públicos, obtida através da avaliação dos requisitos contidos no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

O RTQ-C especifica os requisitos técnicos necessários para a avaliação, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à Eficiência Energética. Mostra especificamente os itens avaliados – envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar - e traz as

equações para os cálculos de eficiência energética destes itens em um edifício (PROCELINFO, 2015).

Portanto, o objetivo do trabalho foi analisar a eficiência energética na Biblioteca Municipal de Campo Mourão através de verificados indicadores de envoltória, iluminação e condicionamento de ar conforme especificações do RTQ-C (2013).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a eficiência energética na Biblioteca Municipal de Campo Mourão-PR conforme requisitos do PROCEL edifica em conformidade com o RTQ-C.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a envoltória da edificação de acordo com os índices e parâmetros referentes às características físicas e classificá-las de acordo com o nível proposto no RTQ-C.
- Calcular a densidade de potência instalada da iluminação interna de acordo com o nível proposto no RTQ-C.
- Verificar os níveis de eficiência dos equipamentos de acordo com a classificação do INMETRO proposto no RTQ-C.

3 JUSTIFICATIVA

A necessidade atual de redução dos impactos ambientais causados pela intervenção humana no meio ambiente é a principal justificativa da pesquisa, que aborda o tratamento da questão da eficiência energética nas edificações.

Na construção civil internacional a tendência de considerar o meio ambiente, apresenta-se não só pelas leis e normas a serem seguidas, mas pela escassez de recursos que exigem controle e uso racional dos materiais. Além disso, há incentivos fiscais para empresas que incluem entre as suas estratégias a preocupação com o meio ambiente.

Nesse contexto surgem as chamadas edificações sustentáveis, concebidas para fazer o uso racional de recursos naturais, utilizar materiais ecologicamente corretos e alterar o mínimo possível o ambiente no qual estão inseridas.

No Brasil a Lei de Eficiência Energética foi criada após a crise energética de 2001, promovendo o uso racional de energia, estabelecendo que os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como as edificações construídas, estabelecido com base em indicadores técnicos e regulamentação específicos coordenados pelo Ministério de Minas e Energia. Com a etiquetagem em edifícios comerciais e públicos, busca-se avaliar os requisitos básicos sobre a eficiência e potência do sistema de iluminação, sistema de condicionamento de ar e desempenho da envoltória.

Embora o maior potencial de economia energética seja na fase de projeto, pode-se também atingir ganhos energéticos em edificações já construídas e a certificação auxilia a medir o grau de eficiência energética das edificações brasileiras. A obrigatoriedade para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia impulsiona que edificações novas, em processo de reformas ou em edificações que terão alguma reforma, possam obter a etiqueta de eficiência energética.

Portanto analisar a eficiência energética na Biblioteca Municipal/Estação da Luz justifica-se pelo fato de fornecer suporte à implementação da Lei de Eficiência Energética e ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), bem como verificar em que nível de classificação o local enquadra-se. Contudo, ressalta-se que essa

avaliação pode auxiliar construtores na sustentabilidade de edifícios, que incluam requisitos ambientais, sociais e econômicos, uma vez que se tornam um guia de orientação na escolha de alternativas construtivas e tecnológicas de menor impacto ao meio ambiente.

Conforme os projetos são estruturados de forma coerente com o ambiente em que estão inseridos, haverá menor consumo de recursos com menores custos de manutenção tanto em termos de energia, água e materiais, visando um ambiente construído eficiente.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo Sacht (2013, p.47), {...} “a eficiência energética é um dos principais pré-requisitos a ser atendida para se alcançar a sustentabilidade”.

Para o mesmo autor, medidas que busquem alternativas em prol de construções sustentáveis é resultado da baixa eficiência de tecnologias convencionais. Dessa forma entende-se o valor do conceito na qual Camargo (2013, p.13) acrescenta que um dos principais objetivos da eficiência é oferecer condições de economia de energia, sem afetar a qualidade, conforto e condições de saúde, ou seja o equilíbrio entre sustentabilidade e conforto só é possível através da implementação de ações eficientes energeticamente.

Para Silva et al (2014), medidas de desenvolvimento sustentável tem sido adotadas como medida prioritária devido às discussões de caráter global a respeito de problemas associados ao meio ambiente nos últimos anos. Segundo os mesmos autores, a redução do consumo energético em edifícios considerando os efeitos dos gases estufa é uma medida interessante, porém também é considerado que a redução destes consumos não deve ser acompanhada de uma diminuição nos padrões de conforto, devendo antes obter-se um novo paradigma de poupança

através da eficiência energética e da utilização racional de energia com base em edifícios bem projetados.

Nota-se que a eficiência energética é resultado de um planejamento para poder garantir um desempenho efetivo e que projetos são indispensáveis qualquer seja a aplicação de tais ações que de acordo com Mazzarotto (2011, p.04) {...} “para atingir objetivos como eficiência energética e conforto ambiental, seu projeto deve ser alvo de intenso planejamento e simulações para prever seu desempenho e aperfeiçoar os parâmetros de projeto do sistema.”

É necessário destacar que o papel arquitetônico tem grande importância no tratamento da eficiência energética na construção civil, e segundo Lamberts et al (2012), acrescenta que atualmente a arquitetura também deve ser vista como elemento que precisa ter eficiência energética.

Segundo o mesmo autor, a eficiência energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação, representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

Para Correia (2009), em tempos em que o aquecimento global e as mudanças climáticas são motivo de preocupação no mundo, a melhoria da eficiência energética é a solução mais econômica, eficaz e rápida para minimizar impactos ambientais acarretados pela utilização da energia e reduzir emissões de dióxido de carbono (CO₂). Ainda de acordo com o mesmo autor, (...) a melhoria da eficiência energética traz, ainda, outras vantagens, uma vez que poupa recursos naturais, como o petróleo e o gás natural diminuem custos de produção, possibilita a produção de bens cada vez mais baratos e competitivos, melhora o desempenho econômico de empresas, reduz a necessidade de se investir em infraestrutura e energia, pois é mais barato conservar do que gerar energia, e assegura o retorno do investimento realizado, já que o montante é recuperado ao longo da vida útil de equipamentos, por conta da economia de energia ocorrida.

Com o aumento da problemática do consumo energético no mundo e no território nacional vem à necessidade de medidas legislativas, daí a LEI Nº 10.295, de 17 de outubro de 2001 atua na disposição sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências, onde segundo

Lamberts et al (2004), o racionamento de energia ocorrido em 2001 gerou uma série de medidas do governo federal para racionalização do consumo de energia de equipamentos e edificações, fato que levou a regulamentação desta Lei pelo DECRETO Nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. (INMETRO, 2012).

Nota-se o foco do Decreto nota-se pelo Art. 1º:

“Os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica a ser fixada nos termos deste Decreto, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia. (BRASIL, 2001)”.

Além disso, a ANEEL (2013) dispõe que o Programa de Eficiência Energética (PEE) regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi criado a partir de obrigação fixada nos contratos de concessão firmados, em 1998, entre as concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica e a ANEEL. Com o advento da Lei nº. 9.991, de 24 de julho de 2000, as concessionárias e permissionárias de distribuição tem o dever de aplicar montante anual mínimo de 0,5% de sua receita operacional líquida em ações de combate ao desperdício de energia elétrica.

Em termos de eficiência energética visando a redução consumo de energia elétrica, destaca-se a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a qual segundo o Ministério de Minas e Energia (MME) trata-se de uma empresa pública, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, e do Decreto nº 5.184, de 16 de agosto de 2004. Sua finalidade é prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras. A Lei nº 10.847, em seu Art. 4º, inciso II, estabelece entre as competências da EPE a de elaborar e publicar o Balanço Energético Nacional – BEN.

A necessidade de medidas legais e aplicáveis ganhava cada vez mais espaço e importância, conforme Camargo (2013), (...) o processo de criação de uma certificação predominantemente nacional para edificações 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 RTQ-C. Em 2012, foi publicado o regulamento para edifícios residenciais.

Segundo o mesmo autor, o consumo de energia elétrica é o foco principal deste âmbito, pois ele 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.

A certificação na construção civil surgiu como resultado de conferências e encontros realizados durante décadas a fim de promover uma qualidade ambiental necessária na aplicação de modelos de gestão favoráveis à economia de energia, conforto e condições de saúde, dessa forma Camargo (2013, p.13) descreve que a promoção de sustentabilidade na construção civil lançou-se em meados de 1993 através da certificação *Leadership in Energy and Environment Design* (LEED), criado pelo *Green Building Council* (GBC), grupo norte-americano formado por arquitetos, ambientalistas e representantes da área.

De acordo com Leite (2011), sistema LEED é baseado num programa de adesão voluntaria e visa avaliar o desempenho ambiental de um empreendimento. Leva em consideração o ciclo de vida e pode ser aplicado em qualquer tipo de empreendimento. Este certificado deve atender às seguintes áreas chaves conforme figura 1:

Áreas chave (Key Area)		CRITÉRIOS
	Sustentabilidade do Sítio (SS)	Erosão e controle de sedimentação, Seleção do local, re desenvolvimento urbano, re desenvolvimento de locais ambientalmente contaminados, Transporte, Redução dos distúrbios provocados pela construção, gestão de situações de mau tempo, recuperação e proteção de espaços abertos, paisagem e design exterior e redução da saída de radiação de luz direta.
	Gestão de Água (WE)	Eficiência na utilização de água, Tecnologias inovadoras de tratamento
	Energia e Atmosfera (EA)	Instrução fundamentais dos sistemas do edifício, desempenho energético mínimo, redução de CFC's, Energias renováveis, instruções adicionais, medição e verificação, energia verde e degradação da camada de ozono
	Materiais e Recursos (MR)	Recolha e Armazenamento de Materiais Recicláveis, reutilização do edifício, gestão de resíduos de construção, reutilização de recursos, conteúdo reciclado dos materiais, materiais locais/regionais, materiais rapidamente renováveis e madeira certificada
	Qualidade Ambiental Interna (IEQ)	Informação sobre medidas inovadoras incorporadas no projeto e quais os seus benefícios sustentáveis
	Inovação e Processos de Projeto (ID)	Desempenho mínimo de qualidade do ar interior, controle interior do fumo do tabaco, monitorização do dióxido de carbono, eficiência crescente da ventilação, plano de gestão da qualidade do ar interior, materiais de baixa emissão de COV's, capacidade de controlar sistemas, conforto térmico, iluminação natural e vistas

Figura 1 – Áreas chave do certificado LEED
Fonte: USGBC (2009)

“O selo é uma confirmação de que os critérios de desempenho em termos de energia, água, redução de emissão de CO₂, qualidade do interior dos ambientes, uso de recursos naturais e impactos ambientais foram atendidos satisfatoriamente.” (LEITE, 2011).

Fundamental também para certificações ambientais, destaca-se o Método francês *Haute Qualité Environmentale (HQE)*, definido por Valente (2009, p.35) como resultado de reflexão surgida através da conferência no Rio ECO 92, em que sua estrutura é fundamentada em dois instrumentos que avaliam o desempenho, sendo estes Sistemas de Gestão do Empreendimento (SGE) e Qualidade Ambiental do Edifício (QAE).

No cenário nacional, o método francês sofreu adaptação devido aos fatores que diferenciam os dois países, Leite (2011, p.27) define o processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) de certificação como a versão brasileira adaptada do HQE (França). Desta forma, fundamentada no Brasil pela Fundação Vanzolini o mesmo autor descreve que o processo visa garantir a qualidade ambiental de um

empreendimento novo de construção ou reabilitação utilizando-se de auditorias independentes. Na figura 2 verifica-se a metodologia para HQE:

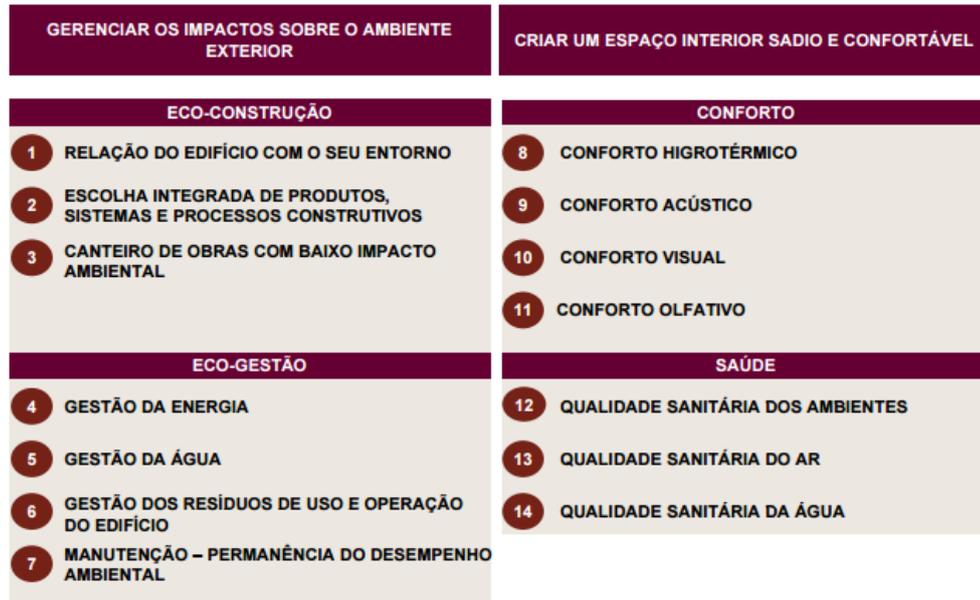


Figura 2 – Metodologia HQE
Fonte: LEITE (2011).

4.2 PROCEL- EDIFICA

Criado no ano de 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL, o programa tem como objetivo principal o incentivo ao uso racional de energia elétrica em residências, edifícios comerciais e públicos.

De fato, o PROCEL é um programa de governo, coordenado pelo MME e executado pela Eletrobrás que foi instituído em 30 de dezembro de 1985 para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. As ações do PROCEL contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia e, além disso, postergam os investimentos no setor elétrico, mitigando, assim, os impactos ambientais e colaborando para um Brasil mais sustentável (Procelinfo, 2015).

Segundo o Procelinfo (2015), no Brasil o consumo de energia elétrica nas edificações residenciais e comerciais, de serviços e públicas, é bastante

significativo, correspondendo a aproximadamente 50% do total da eletricidade consumida no país. A tendência de crescimento estimada é ainda maior, devido à estabilidade econômica brasileira, aliada a uma política de melhor distribuição de renda. Em contrapartida, o potencial de economia de energia desse setor também é expressivo, uma vez que edificações novas construídas de acordo com os padrões instituídos pela Etiqueta PBE Edifica podem obter uma economia de até 50%, já as edificações existentes que sofrerem grandes reformas, uma economia de até 30%.

De acordo com dados estatísticos obtidos no Procelinfo, o programa obteve uma economia total de 70,1 bilhões de kWh no período de 1986 a 2013. O ganho energético é visto na Figura 3:

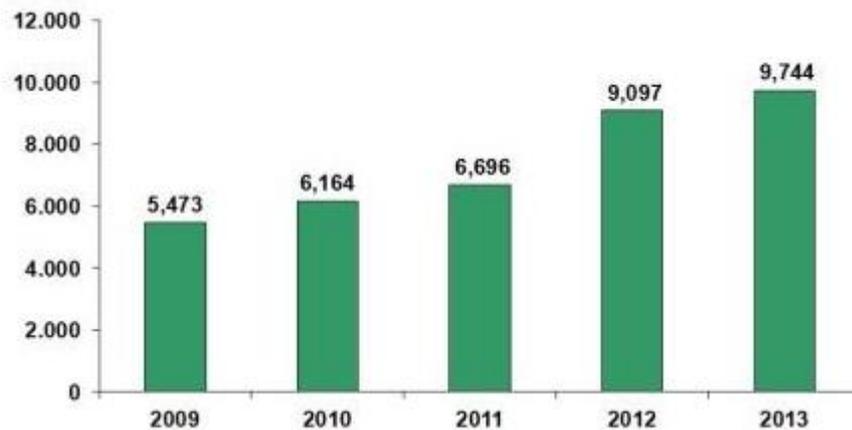


Figura 3 – Economia de energia nos últimos anos
 Fonte: PROCELINFO (2015).

De acordo com o mesmo autor, cerca de 70% do consumo de energia elétrica nos prédios públicos se deve ao uso dos sistemas de iluminação e climatização dessas edificações. Por essa razão, projetos de eficiência energética costumam atuar, em um primeiro momento, na substituição de equipamentos ineficientes e também na mudança de hábitos de seus usuários. O PROCEL, em parceria com os administradores públicos de todas as esferas do governo, tem incentivado ações não apenas para o uso de equipamentos mais eficientes, como também para o desenvolvimento de projetos e utilização de práticas visando o combate ao desperdício e o incremento da eficiência energética nessas edificações públicas.

Camargo (2013) cita que 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 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 à envoltória ou a combinação da envoltória com outro sistema – iluminação ou condicionamento de ar.

4.3 REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS (RTQ-C)

O RTQ-C visa estabelecer as condições para classificação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, a fim de obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) emitida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) (RTQ-C, 2013).

Há dois métodos de classificação do nível de eficiência energética:

- Método prescritivo: através da aplicação de uma equação fornecida, válida para edifícios condicionados;
- Método de simulação: usando o método prescritivo e a simulação do desempenho termo energético de edifícios condicionados e não condicionados (RTQ-C, 2013).

A classificação geral inclui todos os sistemas mais bonificações e referem-se ao edifício completo ou a uma parte deste. As classificações parciais permitem a etiquetagem parcial dos sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento de ar), que será de acordo com o método proposto pelo RTQ-C usando o método descrito no RAC.

O manual de aplicação do RTQ-C referente a 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 do respectivo programa. O foco do trabalho na questão da eficiência energética e sua determinação são realizados através de um método prescritivo que faz com que o manual seja generalizado e adaptado para as questões mais importantes do seguinte estudo. Este manual visa detalhar os tópicos RTQ-C, de forma a esclarecer possíveis dúvidas sobre métodos de cálculo e aplicação de seu conteúdo. Para tal, os conceitos e definições apresentados no RTQ-C são explicados e os métodos, justificados (RTQ-C, 2013).

Há três grupos principais de requisitos que estabelecem o nível de eficiência energética, estes são responsáveis pela estrutura principal do regulamento RTQ-C:

- Envoltória
- Iluminação
- Sistemas de condicionamento de ar

Estes são avaliados separadamente, obtendo-se níveis de eficiência parciais cuja combinação em uma equação resulta em uma pontuação que indica o nível de eficiência geral da edificação, conforme Figura 2 (RTQ-C, 2013).



Figura 4: Níveis de classificação de eficiência energética

Fonte: RTQ-C(2013)

O maior nível não representa um limite máximo, pois uma edificação poderá sempre melhorar seus índices, buscando atingir um desempenho de eficiência energética cada vez maior. O que determina a manutenção e melhoria desse resultado é a participação dos usuários, pois é fundamental que se houver iniciativas de melhoria na eficiência o próprio edifício não irá atingir uma situação de não conformidade (RTQ-C, 2013).

Parcelas de edifícios, com área mínima de 500 m² e/ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3 kV, podem também ter o sistema de

iluminação e o sistema de condicionamento de ar avaliados, porém separadamente, recebendo uma classificação parcial do nível de eficiência referente a cada um destes itens. Nestes casos, as parcelas a serem classificadas devem ser:

- para classificação da envoltória, o nível de eficiência energética deve ser estabelecido para a edificação completa;
- para classificação do sistema de iluminação, o nível de eficiência energética pode ser estabelecido para um pavimento ou um conjunto de salas, assim como para os subsolos;
- para classificação do sistema de condicionamento de ar, o nível de eficiência energética pode ser estabelecido para um pavimento ou um conjunto de salas, assim como para os subsolos (RTQ-C, 2013).

Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por sistemas individuais devem ser avaliadas, resultando em uma classificação final. Para isso, pesos são atribuídos para cada sistema individual e, de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação que também varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) apresentada na ENCE. Desse modo o regulamento fornece uma classificação de edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas descritos conforme (RTQ-C, 2013).

4.3.1 ENVOLTÓRIA

A classificação da envoltória faz-se através da determinação de um conjunto de índices referentes às características físicas do edifício. Componentes opacos e dispositivos de iluminação zenital são definidos em pré-requisitos enquanto as aberturas verticais são avaliadas através de equações. Estes parâmetros compõem a “pele” da edificação (como cobertura, fachada e aberturas), e são complementados pelo volume, pela área de piso do edifício e pela orientação das fachadas e os pré-requisitos necessários para alcançar a eficiência energética na envoltória são:

Os pré-requisitos necessários para alcançar a eficiência energética na envoltória são:

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 internas 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, 2013).

Absortância:

Absortância à radiação solar: quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. (NBR 15220,2005).

Absortância solar é uma propriedade do material referente a parcela da radiação absorvida pelo mesmo, geralmente relacionada a cor. Quanto maior a absortância, maior a parcela da energia incidente que se transforma em calor (radiação de ondas longas) após incidir sobre um material opaco.

Conforme Tabela 1 verifica-se às absorptâncias e emissividades de materiais e cores de acordo com a NBR 15220-2:

Tabela 1– Absortâncias e emissividade de materiais

Tipo da 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
Caiação 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 15220-2 (2005)

NIVEL A:

Para o nível A, a transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) de ambientes condicionados artificialmente não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática em que:

- Zona Bioclimática 1 e 2: $0,50 \text{ W.m}^{-2}\text{K}$, para ambientes condicionados artificialmente, e $1,00 \text{ W.m}^{-2}\text{K}$, para ambientes não condicionados;

Considerando a transmitância térmica das paredes externas (U_{par}) não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática em que:

- Zonas Bioclimáticas 1 e 2: $1,0 \text{ W.m}^{-2}\text{K}$;

Para análise de cores e absorvância de superfícies são obrigatórios os seguintes pré-requisitos para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8::

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

Para o nível B, a transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) de ambientes condicionados artificialmente não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática em que:

- Zona Bioclimática 1 e 2: $1,00 \text{ W.m}^{-2}\text{K}$, para ambientes condicionados artificialmente, e $1,50 \text{ W.m}^{-2}\text{K}$, para ambientes não condicionados;

Considerando a transmitância térmica das paredes externas (U_{par}) não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:

- Zonas Bioclimáticas 1 e 2: $2,00 \text{ W.m}^{-2}\text{K}$;

Para análise de cores e absorptância de superfícies são obrigatórios os seguintes pré-requisitos para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8:

- Em coberturas, utilização de cor de absorptância solar baixa ($a \leq 0,50$ do espectro solar), telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

Para os níveis C e D, para componentes opacos (paredes e coberturas) devem possuir transmitâncias térmicas máximas em que:

- A transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) não deve ultrapassar $2,00W.m^{-2}K$ para qualquer ambiente ou Zona Bioclimática;

Considerando a transmitância térmica das paredes externas (U_{par}) não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:

- Zonas Bioclimáticas 1 a 6: $3,70 W.m^{-2}K$;

Desse modo conforme o RTQ-C (2013) os procedimentos para os cálculos de transmitância e absorptância considera-se que:

- a) A transmitância térmica considerada é a média ponderada das diversas transmitâncias existentes quando a cobertura é composta por diferentes materiais e, portanto, por diferentes transmitâncias.
- b) Quanto ao pré-requisito referente à transmitância devem ser consideradas apenas as transmitâncias de superfícies em contato com a área interna, superfícies como platibandas não entram no cálculo da transmitância.

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

Para realizar os cálculos dos índices Fator altura (FA) e Fator de Forma (FF) são utilizados para o cálculo do Índice de Consumo da envoltória (ICenv) considerando:

- a) Bloco de estacionamento no térreo, com ambientes de permanência prolongada;
 b) Subsolos semi-enterrados, com ambientes de permanência prolongada, deve-se considerar para o cálculo as paredes que não estão em contato com o solo conforme Figura 5.

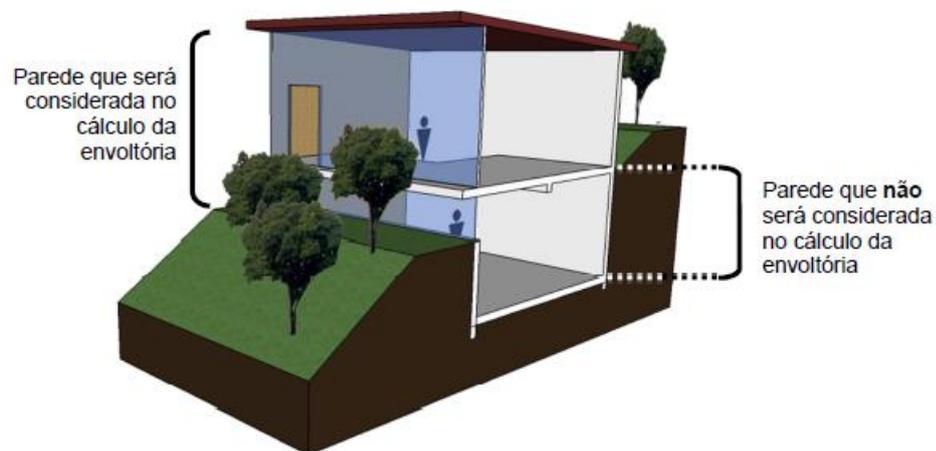


Figura 5 - Edificação com subsolo e ambiente semienterrado
 Fonte: RTQ-C (2013)

- c) Bloco de estacionamento no subsolo ou subsolo semienterrado, sem ambientes de permanência prolongada: usar somente a torre;
 d) Bloco de estacionamento no térreo ou cobertura, sem ambientes de permanência prolongada, e com portaria e *hall* de entrada/elevadores não condicionados: usar somente a torre.

Destaca-se que para qualquer tipo de estacionamento: considerar para iluminação.

Para análise do Percentual de Área de Abertura na Fachada total (PAFT) corresponde a um valor médio representativo do percentual de aberturas de todas as fachadas. Primeiramente deve-se realizar o cálculo do PAF para a fachada oeste (PAFO) e em seguida o PAFT. Se o PAFO for pelo menos 20% maior que o PAFT, deve-se adotar o PAFO na equação, considerando:

- a) Varandas internas à projeção da edificação em que o sombreamento que elas proporcionam não deve ser considerado, visto que o cálculo do PAF induz à redução da área envidraçada real.
- b) Varandas externas à projeção horizontal da edificação em que varandas localizadas na parte externa do alinhamento da edificação (fora da projeção horizontal da edificação) são consideradas proteções solares.
- c) Proteções solares paralelas à fachada considerando que a proteção solar ocupe uma área paralela à fachada, esta é considerada fachada, participando do cálculo do PAF.

Os ângulos de sombreamento utilizados no cálculo do ICenv 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 da abertura conforme Figura 6 e 7:

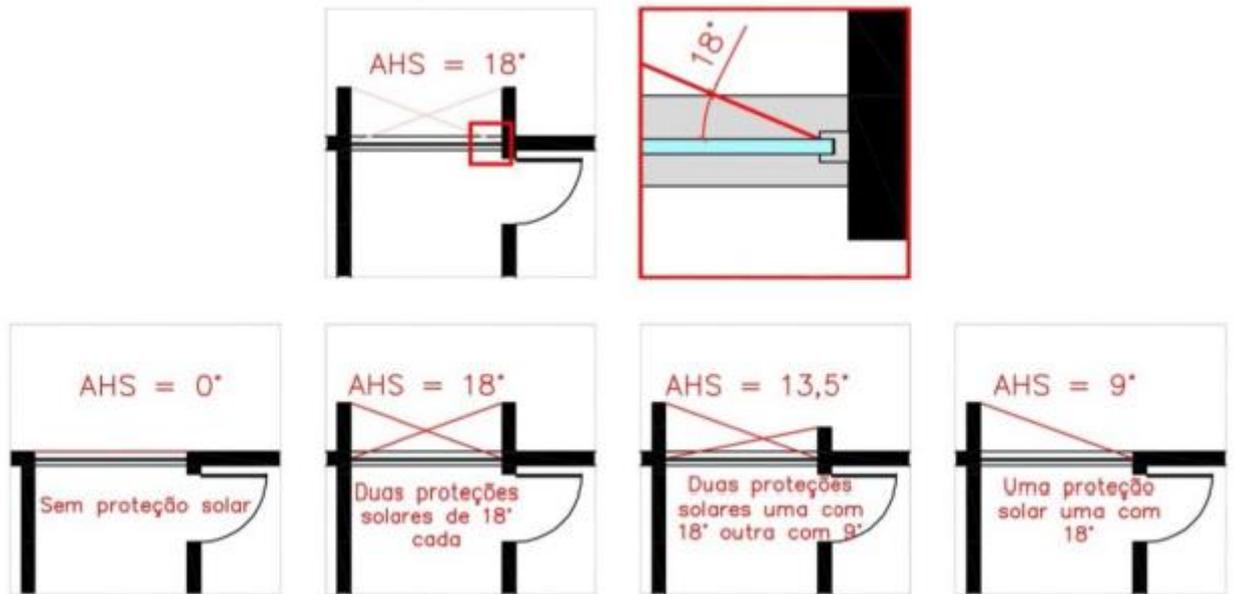


Figura 6 – Ângulo Horizontal de sombreamento (AHS)
Fonte: RTQ-C (2013)

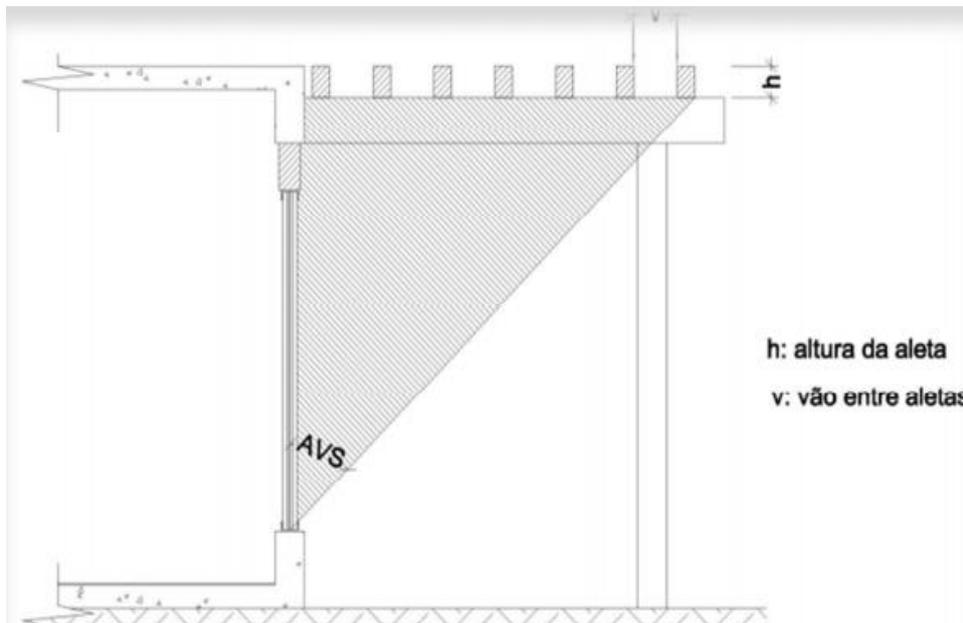


Figura 7 – Ângulos verticais de sombreamento (AVS)
Fonte: RTQ-C (2013)

Para realizar o procedimento de determinação de eficiência energética, existem duas equações por Zona Bioclimática: uma para edifícios com área de projeção (A_{pe}) menor que 500 m^2 e outra para edifícios com área de projeção maior

que 500 m². O zoneamento bioclimático brasileiro é estabelecido na NBR 15220 - Parte 3.

O indicador de consumo obtido deve ser comparado a uma escala numérica dividida em intervalos que descrevem um nível de classificação de desempenho que varia de A a E. Quanto menor o indicador obtido, mais eficiente será a envoltória da edificação. A escala numérica da classificação de eficiência é variável e deve ser determinada para cada volumetria de edifício através dos parâmetros Fator Altura e Fator de Forma: razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída (A_{pob}/A_{tot}) e razão entre a área da envoltória e o volume total (A_{env}/V_{tot}).

4.3.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

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 (Camargo, 2013).

Os sistemas eficientes são definidos através da densidade de potência instalada (DPI) do sistema de iluminação. Mas há outros métodos a serem utilizados de forma complementar, como pré-requisitos específicos para os sistemas de iluminação, a fim de garantir que o sistema de iluminação só funcione quando é

- a) Nível A – o controle do sistema de iluminação deve atender às características estabelecidas na divisão de circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação:
- b) Nível B – o controle do sistema de iluminação deve atender, pelo menos, às características estabelecidas nos itens de divisão dos circuitos e contribuição da luz natural;

- c) Nível C – o controle do sistema de iluminação deve atender, pelo menos, às características estabelecidas no item de divisão de circuitos.

Para analisar a divisão de circuitos define o que cada ambiente deve possuir no mínimo um dispositivo de controle manual que permita o acionamento independente da iluminação interna do ambiente com facilidade, localizado de forma que permita a visão clara de todo ambiente. Este requisito permite que os usuários de cada ambiente controlem o seu uso, ajustando a iluminação às suas necessidades específicas.

Cada dispositivo deverá controlar uma área de até 1000 m² para ambientes maiores do que 1000 m².

Ambientes com abertura(s) voltada(s) para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível. Unidades de edifícios de meios de hospedagem é exceção a este pré-requisito.

Desta forma, este item será necessário, pois a edificação estudada possui um índice de cobertura translúcida elevada.

Segundo o RTQ-C o é necessário que as luminárias próximas às janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema com a finalidade de reduzir a utilização da luz artificial e ao mesmo tempo aproveitando a luz natural. Desta maneira aumenta-se a eficiência energética quanto à luminosidade.

Para o sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m² deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- a) 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 m²;
- b) Um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes;

c) Um sinal de outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

O método da área da edificação avalia o sistema de iluminação de forma geral e deve ser aplicado quando a edificação possua no máximo 3 atividades principais ou quando as atividades ocupam mais de 30% da área do edifício.

Enquanto que o método das atividades da edificação avalia cada ambiente e seu uso de forma individual, podendo ainda proporcionar uma bonificação com o aumento da densidade de potência limite em função do espaço interno dos ambientes. Através do método da área, o edifício é avaliado como um todo, no entanto para o atendimento dos pré-requisitos os ambientes são avaliados separadamente conforme Tabela 2.

Tabela 2– Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área da edificação

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/Clínica	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: NBR 15220-2 (2005)

4.3.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

A determinação do nível de eficiência de um sistema de condicionamento de ar depende além do nível de eficiência do equipamento, também do cumprimento dos pré-requisitos. Os sistemas de condicionamento de ar possuem pré-requisito apenas para nível de eficiência A, caso o pré-requisito não seja atendido o nível de eficiência do sistema de ar condicionado não poderá ser A.

Para obtenção do selo de eficiência neste quesito, o próprio equipamento de condicionamento de ar é estudado e avaliado segundo a regulamentação, sendo que apenas existem pré-requisitos para Nível A.

Para as edificações onde faz-se necessário adotar um sistema de aquecimento artificial devem atender aos indicadores mínimos de eficiência energética indicada abaixo para cada sistema. A avaliação será realizada para cada equipamento.

Sistemas com bombas de calor, independente da sua capacidade, devem apresentar um COP para aquecimento maior ou igual a 3,0 W/m² através do método definido na norma AHRI 340/360; sistemas unitários de condicionamento de ar com ciclo reverso devem apresentar um COP para aquecimento maior ou igual a 3,0 W/W através do método definido na norma AHRI 340/360.

No regulamento RTQ-C os sistemas de condicionamento de ar são tratados de dois modos distintos, avaliando-se pelo PBE/INMETRO ou não conforme Figura 8 e 9. No site do INMETRO está disponível uma lista dos modelos avaliados e tabelas atualizadas com classes de eficiência energética com os requisitos mínimos de eficiência para cada categoria, condicionadores de ar tipo janela e tipo Split.

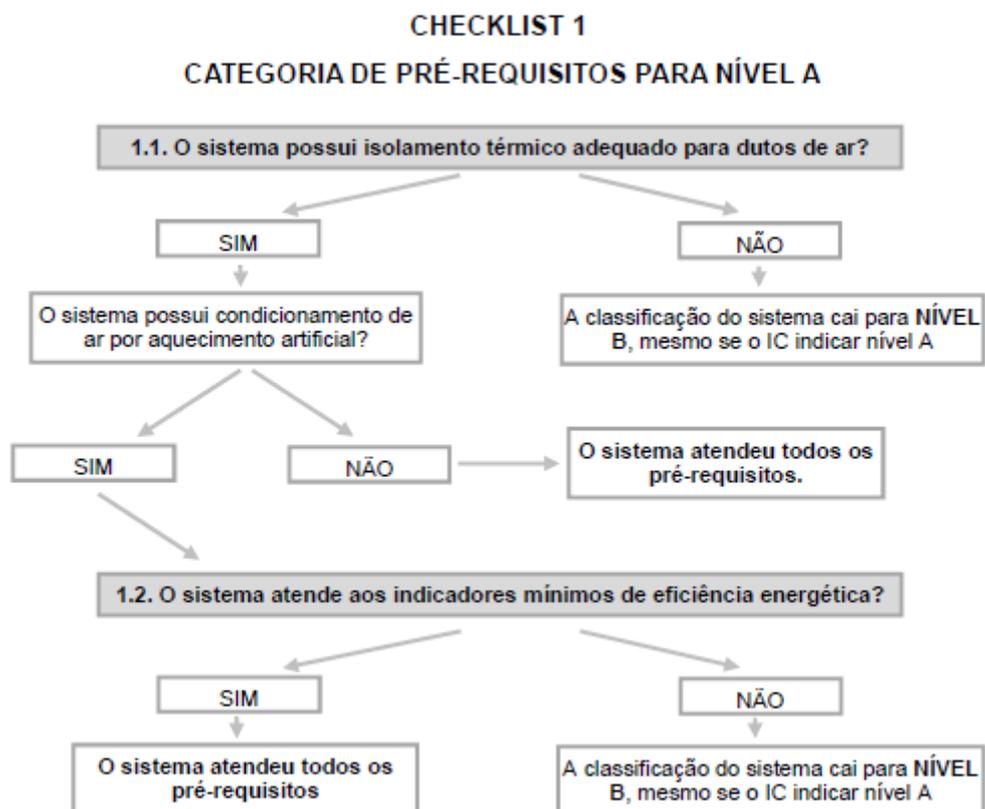


Figura 8 – Checklist Parte 1- Atendimento aos requisitos no Nível A
Fonte: RTQ-C (2013)

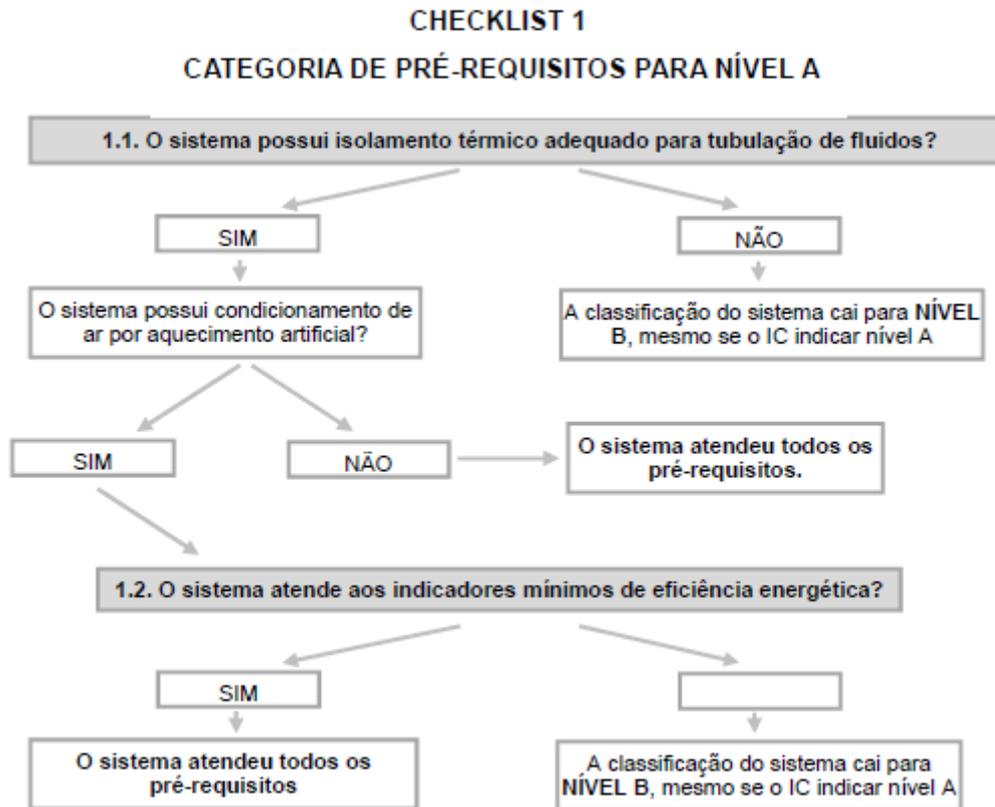


Figura 9 – Checklist Parte 2- Atendimento aos requisitos no Nível A
Fonte: RTQ-C (2013)

5 METODOLOGIA

5.1 MATERIAL

O trabalho foi desenvolvido na Biblioteca Municipal Professor Egydio Martello, que está situada na cidade de Campo Mourão Paraná junto à Estação da Luz. Localizada na cidade de Campo Mourão-PR, distante 453,10 km de Curitiba, a biblioteca Prof.Egydio Martello se insere na região bioclimática brasileira 2.

A opção pela biblioteca como estudo de caso é dado pelo interesse em analisar as edificações públicas com um grau de importância significativo do município, a fim de dispor dados que beneficiem o próprio local para uma possível intervenção e aplicação de melhorias para a eficiência energética, expandindo a prática de procedimentos de análise nas demais instalações existentes ou em fase de projeto.

Trata-se de uma instituição que está entre as mais importantes do ponto de vista cultural da cidade. Instituída em 1937, o local possui um acervo de 23.000 peças de livros, periódicos e gibis e possui o objetivo principal de prestar um serviço público de boa qualidade, respeitando a diversidade e liberdade de expressão e contribuindo para o desenvolvimento cultural e artístico dos habitantes e visitantes que tem acesso ao exercício de cidadania por meio de eventos e programas destinados à comunidade local, conforme Figura 10 (FUNDACAM 2014).



Figura 10: Fachada principal da Biblioteca Municipal
Fonte: Domeuinterior (2015)

A biblioteca está localizada nas coordenadas 24°02'41.46"S, 52°22'41.40" O e possui uma área total de 1772,92 m² conforme Figura 11, 12 e 13 conforme *Layout* do projeto arquitetônico.

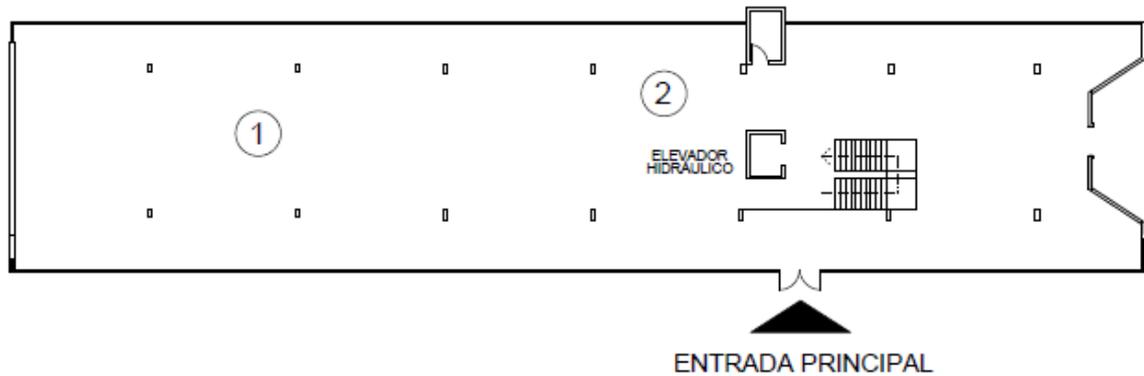


Figura 11: Layout Pavimento térreo (Biblioteca)

Fonte: Adaptado do projeto Arquitetônico da Biblioteca Municipal (2003)

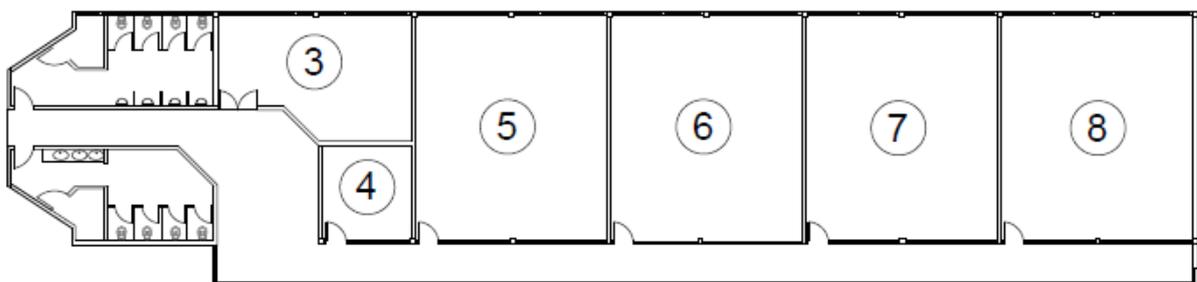


Figura 12: Layout Pavimento térreo (Escritórios)

Fonte: Adaptado do projeto Arquitetônico da Biblioteca Municipal (2003)

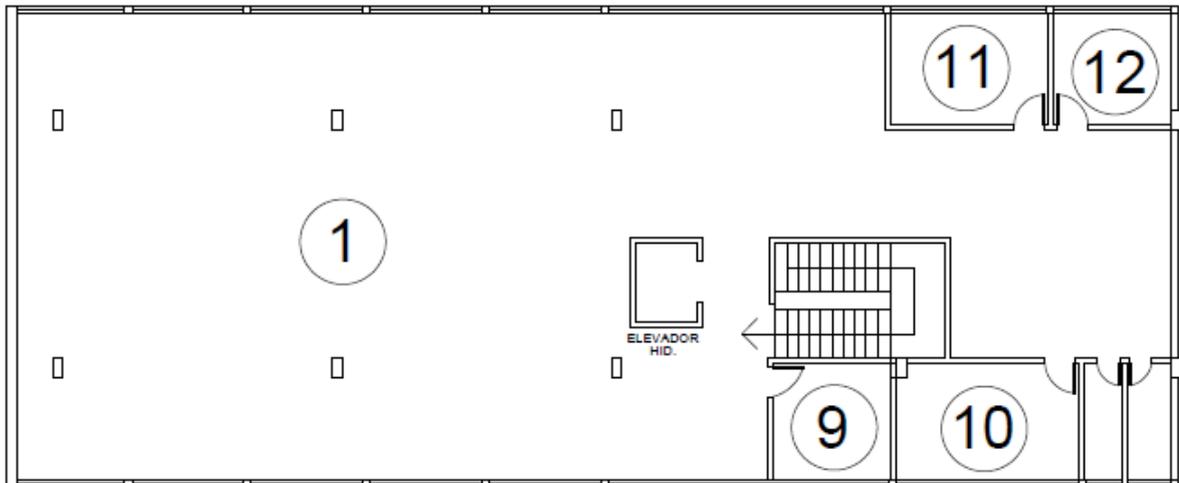


Figura 13: Layout Pavimento superior (Sala de pesquisa)

Fonte: Adaptado do projeto Arquitetônico da Biblioteca Municipal (2003)

A edificação está dividida nos seguintes setores:

- 1- Sala de Pesquisas e Empréstimos
- 2- Cybernet espaço
- 3- Ludoteca
- 4- Gibiteca
- 5- Administrativo
- 6- Financeiro
- 7- Licitações
- 8- Espaço Paraná e Núcleo de Escritores da 12ª Regional de Cultura do Paraná com destaque para a produção mourãoense (FUNDACAM 2014).
- 9- Procuradoria jurídica
- 10- Sala da secretaria da Cultura
- 11- Cozinha
- 12- Almoxarifado

O outro setor é composto por quatro salas individuais que desenvolvem trabalhos do ponto de vista administrativo da própria biblioteca e da contabilidade da cidade de Campo Mourão-PR. Cada ambiente possui as seguintes finalidades:

1º PAVIMENTO:

- Auditório: com finalidade: Reuniões, apresentações, oficinas artísticas, entre outros.

- Espaço de pesquisa e leitura (térreo):
- Espaço para exposições
- Ludoteca: com finalidade de espaço específico para crianças, para leituras, contos de história e reprodução de filmes.
- Sala Compras/Licitação/Eventos: com finalidade de funcionamento do setor de compras e licitação da Fundacam; coordenação dos eventos da Fundacam.
- Sala de coordenação da Biblioteca: com finalidade de cadastramento de acervos bibliográficos no sistema pergamum; emissão de relatórios de controle e acompanhamento das atividades da biblioteca.
- Sala do administrativo: com finalidade de Funcionamento da Contabilidade/Tesouraria/Financeiro/Controle de Frotas/Contas a Pagar / Auxílio dos Recursos Humanos.
- Sala do Diretor de Desenvolvimento Cultural: com finalidade de Direção cultural de todos os setores artístico-culturais da Fundacam; Coordenação da Lei de Incentivo a Cultura.

2º PAVIMENTO:

- Espaço de pesquisa e leitura.
- Sala da Procuradoria: com finalidade de funcionamento do jurídico da Fundacam.
- Sala da Presidência: com Finalidade de espaço para diretora presidente da Fundacam.
- Cozinha: com finalidade para fazer café/chá para servidores. Espaço de pesquisa e leitura (térreo)

5.2 MÉTODO

Para estudo da eficiência energética da edificação utilizou-se o método Prescritivo no RTQ-C (2013) cuja classificação foi obtida através de uma equação fornecida para ambientes condicionados.

Para estabelecer o nível de eficiência energética analisam-se separadamente três requisitos importantes, cujas parciais são combinadas em uma equação final que determina o nível de eficiência geral.

5.2.1 Envoltória

Para analisar a envoltória determina-se primeiramente através da NBR 15220 que o edifício esta localizado na Zona Bioclimática 2, que abrange a cidade de Campo Mourão-PR, conforme Figura 14.

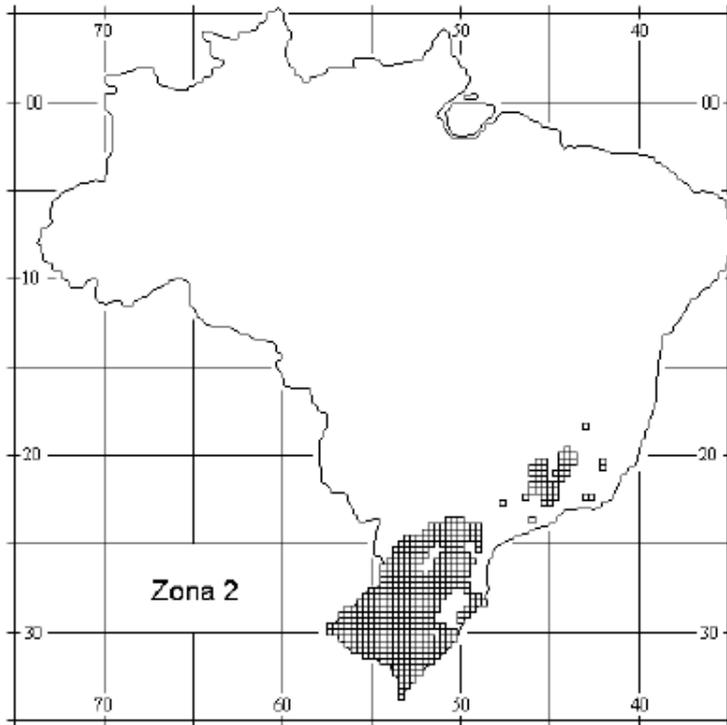


Figura 14: Zona Bioclimática 2

Fonte: NBR 15220 (2005)

5.2.2 Transmitância térmica

Foi calculada a transmitância térmica da edificação de acordo com o tipo de material que compõe a envoltória da mesma. Visto que os materiais distinguem-se ao longo da cobertura e fachada, realiza-se uma média ponderada pelas áreas ocupadas por cada material. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando os valores nas figuras extraídas da NBR 15220-2 que trata do desempenho térmico de edificações.

Depois de realizado o cálculo verificou-se de acordo com os limites de cada nível de classificação existente no regulamento técnico.

5.2.3 Cores e absorvância da superfície

Da mesma forma que na transmitância térmica é calculado a absorvância referente a cada material que compõe cobertura ou fachada da edificação, realizando uma média ponderada pelas áreas.

Analisou-se a Tabela 1 na qual a tabela da NBR 15220 apresenta os valores de absorvâncias e emissividades referentes a diversos materiais.

Devido à existência de uma câmara de ar entre a fachada de vidro e a parede interna utilizou-se equação 01 para obter a absorvância da fachada:

$$\alpha = FS_{\text{vidro}} \times \alpha_{\text{parede}} \quad (1)$$

5.2.4 Indicador de Consumo da envoltória (ICenv)

Calculou-se o Indicador de Consumo da Envoltória (ICenv) por meio de variáveis do projeto:

Ape: Área de projeção do edifício (m²);

Atot: Área total construída (m²);

Aenv: Área da envoltória (m²);

Apcob: Área de projeção da cobertura (m²);

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento

FF: Fator de Forma, (Aenv/ Vtot);

FA: Fator Altura, (Apcob/ Atot);

FS: Fator Solar;

PAFT: Percentual de Abertura na Fachada total: média do percentual de aberturas existentes

Vtot: Volume total da edificação (m³).

O edifício situa-se na Zona bioclimática 2, e possui área > 500m²:

Portanto utilizou-se a Equação 2:

$$IC_{env} = -14,14 * FA - 113,94 * FF + 50,82 * PAFt + 4,86 * FS - 0,32 * AVS + 0,26 * AHS - \frac{35,75}{FF} - 0,54 PAFt * AHS + 277,98 \quad (2)$$

Em seguida calculou-se o limite máximo do indicador de consumo para aquela volumetria, $IC_{máxD}$, utilizando Equação 2, parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 3:

Tabela 3 – Parâmetros do $IC_{máxD}$

PAFt	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

Fonte: RTQ-C (2013)

Assim pode-se calcular o limite mínimo $IC_{mín}$ conforme A equação 2, com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 4:

Tabela 4 – Parâmetros do $IC_{mín}$

PAFt	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Fonte: RTQ-C (2013)

Como os limites $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$ representam o intervalo dentro do qual a edificação proposta deve se inserir, este é dividido em quatro partes (i), sendo que cada parte se refere a um nível de classificação numa escala de desempenho que varia de A a E.

Com a Equação 3 calcula-se o valor de (i) utilizando a tabela 5 para identificar o nível de eficiência da envoltória.

$$i = \frac{IC_{\text{máxD}} - IC_{\text{mín}}}{4} \quad (3)$$

Tabela 5 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim. Mín	-	ICMáxD- 3i+0,01	ICMáxD- 2i+0,01	ICMáxD- i+0,01	ICMáxD+0,01
Lim. Máx	ICMáxD-3i	ICMáxD-2i	ICMáxD-i	ICMáxD	-

Fonte: RTQ-C (2013)

5.2.5 Sistemas de iluminação

Para os sistemas de iluminação, utiliza-se o método da área do edifício para calcular a densidade de potência instalada da iluminação interna de acordo com o nível proposto no RTQ- C em que:

- Identificou-se as atividades principais do edifício de acordo com a Tabela 2, e a densidade de potência de iluminação limite (DPIL – W/m²) para cada nível de eficiência;
- Determinou-se a área iluminada do edifício;
- Multiplica-se a área iluminada pela DPIL, para encontrar a potência limite do edifício;
- Comparou-se a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação;
- Após determinar o nível de eficiência alcançado pelo edifício verifica-se o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes;

Para analisar os sistemas de condicionamento de ar, classificou-se os equipamentos de condicionamento de ar através do nível de eficiência que o INMETRO atribui a cada modelo.

5.2.6 Determinação da eficiência energética geral

Para determinar a eficiência energética geral, utilizou-se a Equação 4:

$$Pt = 0,30\left\{\left(EqNumenv * \frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV\right)\right\} + 0,30 * (EqNumDPI) + 0,40 \left\{\left(EqNumCA * \frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV\right)\right\} + b \quad (4)$$

Em que:

- EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;
- EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
- EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente
- APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
- ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;
- AC: área útil dos ambientes condicionados;
- AU: área útil;
- b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE

A estrutura é composta por um bloco retangular, com grandes vãos livres internos, que compõe a Biblioteca Municipal e os escritórios administrativos no primeiro pavimento. O segundo pavimento possui uma área bastante reduzida e compreende apenas a parte de pesquisa da Biblioteca, sendo esta também aberta ao público. A estrutura tem fachada com predominância de superfícies transparentes, com janelas em quase todo o seu entorno nas fachadas norte e sul. As fachadas leste e oeste são compostas por apenas parede de vedação revestidas com material cerâmico, conforme Figuras 15 e 16. Um fator importante a ser destacado é que a fachada principal (sul) recebe uma incidência solar reduzida pela existência de inúmeras árvores que compõe uma “cinta verde” ao longo de toda a sua extensão. O ambiente da biblioteca necessita de sistema de climatização, sendo este restrito às salas administrativas.

Para o cálculo das variáveis necessárias na determinação da eficiência energética utilizou-se da confiabilidade e precisão de projetos arquitetônicos e também de medições locais necessárias para conferência e atualização de informações essenciais.

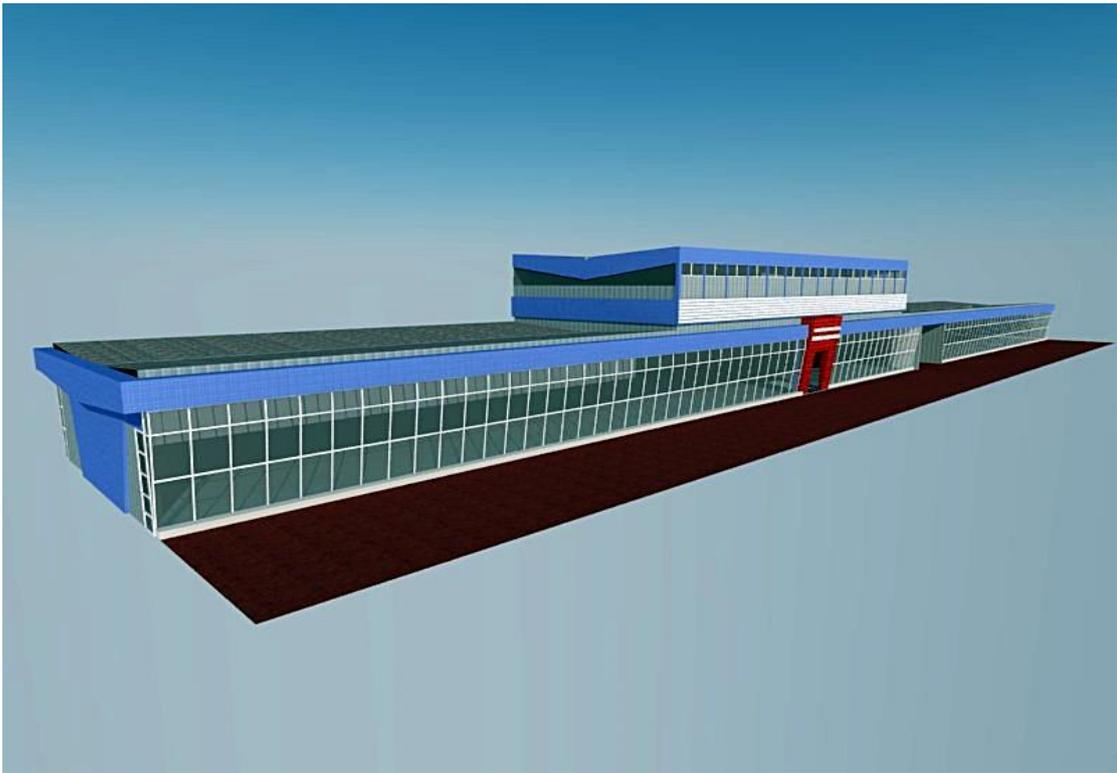


Figura 15 – Fachada Principal da Biblioteca Municipal do Arquivo 3D

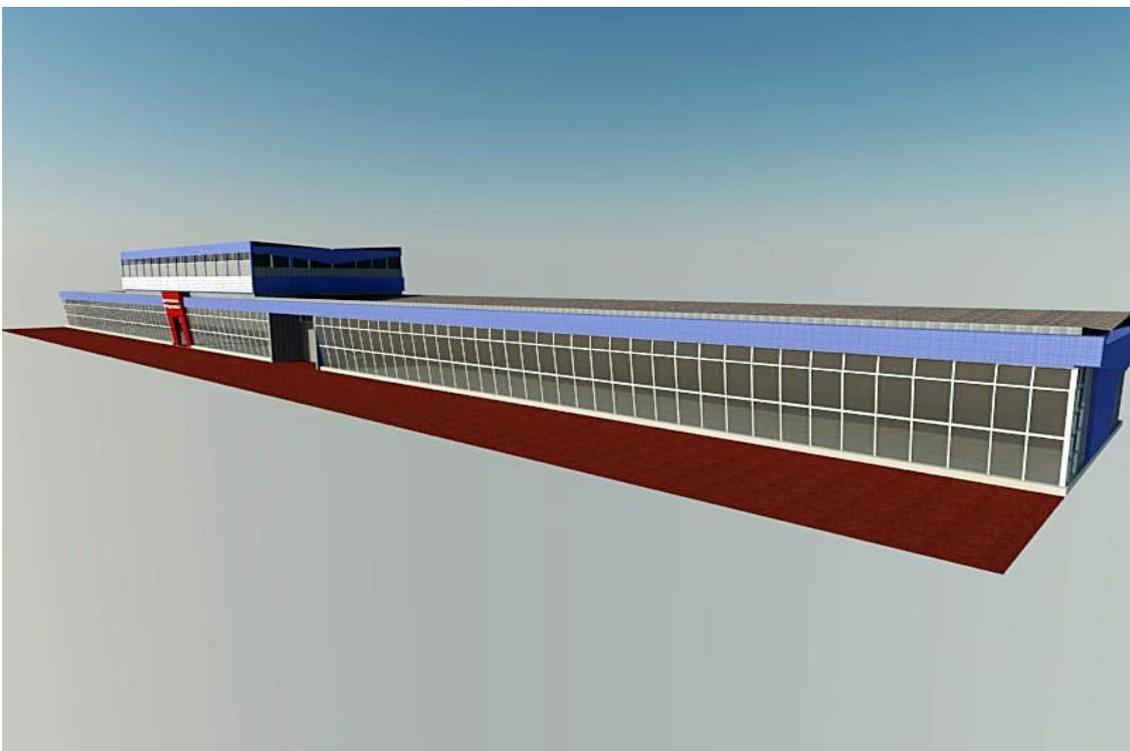


Figura 16 – Fachada Principal da Biblioteca Municipal do Arquivo 3D (2)

6.2 ENVOLTÓRIA

Para realizar a análise da envoltória verificou-se: transmitância térmica, cores e absorvância de superfícies, fato de altura (FA), fator de forma (FF), percentual de abertura da fachada (PAF) e ângulos de sombreamento.

6.2.1 Transmitância térmica

As transmitâncias térmicas foram calculadas utilizando a norma NBR 15220- parte 2, que dispõe das propriedades térmicas de materiais da qual utilizados para obtenção das variáveis de cálculo, conforme Quadro 1:

Descrição	Resultados
<p>- Cobertura do edifício: Telha de fibrocimento com espessura de 0,7 cm</p> <p>- Paredes de tijolos de 6 furos circulares assentados na maior dimensão.</p> <p>Considera-se no cálculo o acréscimo de argamassa e revestimento cerâmico para determinar a transmitância térmica da parede.</p>	<p>$U_{cob} = 1,75 \text{ W.m}^{-2}\text{K}$</p> <p>$U_{par} = 1,88 \text{ W.m}^{-2}\text{K}$</p>

Quadro 1– Resultados para transmitância térmica

6.2.2 Cores e absorvância térmica

Considerando que há poucas informações no RTQ-C, utilizou-se a NBR 15220 (ABNT, 2005b), já que não há um banco de dados que contemple a variedade e sistemas construtivos brasileiros. De preferência a absorvância deveria ser obtida através de medições em laboratório para obter dados mais específicos para cada componente da envoltória, porém a demanda de análises deste tipo inviabiliza a aplicação de um manual já definido. Além de ensaios laboratoriais, a logística de transporte de todos os materiais seria uma alternativa não econômica.

Destaca-se também a falta de informação proveniente de fabricantes de materiais para revestimento que não apresentam os dados necessários de absorvância dentre as suas especificações técnicas.

Em consequência da indisponibilidade de alguns dados específicos, o trabalho apresenta aproximações nos valores de absorvância durante a metodologia utilizada para poder seguir o procedimento do Manual RTQ-C. Verifica-se no Quadro 2 os valores obtidos para cores e absorvância.

Descrição	Resultados
- Cobertura de telha fibrocimento - Fachadas transparentes:	$\alpha = 0,30$ (Reboco claro) $\alpha = 0,25$ (Vidro Incolor)

Quadro 2– Valores obtidos para cores e absorvância

Os itens transmitância e absorvância serão utilizados para atender os pré-requisitos de classificação.

6.2.3 Procedimento de cálculo da Envoltória

Para determinar as variáveis de cálculo necessárias para análise da envoltória necessitou-se da medição das áreas de cada envoltória que compõe a edificação, conforme Quadro 3.

FACHADA	ÁREA DA ENVOLTÓRIA
Norte	696,21 m ²
Sul	827,52 m ²
Leste	120,05 m ²
Oeste	132,39 m ²
TOTAL	1776,17 m²

Quadro 3 – Áreas correspondentes das envoltórias

Descrição	Resultados
Área de projeção da cobertura (Apcob)	1343,95 m ²
Área de projeção do edifício (Ape)	1343,95 m ²
Área Útil (AU)	1592,73 m ²
Área Total (ATot)	1638,89 m ²
Volume Total edificação	6981,84 m ³
Fator de altura (FA)	0,820
Fator de forma (FF)	0,254

Quadro 4 – Resultados das variáveis de envoltória

6.2.3.1 Percentual de Abertura das fachadas (PAFT)

Para análise do percentual de abertura de fachada total verifica-se no quadro 5 em que o Percentual de Abertura das Fachadas (PAFT) é de 0,26.

Fachada	Área envoltória (m²)	Area aberturas (m²)	PAFT
Norte	696,21	160,09	22,99 %
Sul	827,52	390,96	47,24%
Leste	120,05	16,24	13,53%
Oeste	132,39	16,52	12,47%
TOTAL	1776,17	583,81	32,86%

Quadro 5 – Percentual de abertura de fachada total (PAFT)

6.2.3.2 Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)

Este ângulo de sombreamento foi obtido através da inclinação das aberturas das fachadas Norte e Sul, compostas por fachada transparente de vidro incolor e inclinado, sendo que o valor resultante para AVS é igual a 6,34°.

6.2.4 Indicador de Consumo (ICenv)

O indicador de consumo para o edifício em análise com Ape > 500 m² e situado na zona bioclimática 2. Verifica-se indicadores máximo, mínimo, intervalo necessários para determinar a eficiência conforme Quadro 6:

Índices	Resultados
ICmax	130,15
Cmín	103,46
Intervalo	6,67
ICenv	114,25

Quadro 6 – Índices de consumo da envoltória

Desse modo com a tabela 6 proposta no RTQ-C que determina os limites para os índices de consumo máximos e mínimos de cada nível de eficiência e considerando o valor obtido para ICenv é possível afirmar que a edificação atende ao nível B.

Tabela 6 – Limites máximos e mínimos de Indicadores de consumo da envoltória

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	110,15	116,82	123,49	130,16
Lim Máx	110,14	116,81	123,48	130,15	-

Conclui-se que a edificação analisada está atendendo aos requisitos de classificação segundo o RTQ-C para o nível B, porém nota-se que o revestimento cerâmico ultrapassa o limite definido. A preocupação do trabalho em investigar os pontos críticos da estrutura prejudiciais ao indicador de consumo energético da mesma traz a relevância da adoção de propostas de intervenção. Estas seriam importantes para readequar o edifício às condições climáticas atuais, atendendo simultaneamente aos requisitos de avaliação energética e à proporção de um conforto maior para os usuários. De acordo com a NBR 15220 (2003), para a zona bioclimática na qual está inserida a Biblioteca Municipal pode-se adotar estratégias de condicionamento térmico passivo fundamentais para as melhorias necessárias, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7– Estratégias de condicionamento térmico passivo

ESTAÇÃO	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	-Ventilação cruzada
Inverno	- Aquecimento Solar da edificação - Vedações internas pesadas (inércia térmica)

6.3 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Quanto à divisão dos circuitos o Manual RTQ-C exige que cada ambiente possua um sistema de controle manual de acionamento do sistema de iluminação independente, visível e de fácil acesso aos usuários. A edificação possui controles de acionamento adequados e de acordo com os pré-requisitos definidos, pois cada dispositivo de controle não ultrapassa aos 250 m² de área iluminada.

Para reduzir a necessidade de uso da iluminação artificial quando há luz natural suficiente para prover a iluminação adequada no plano de trabalho, o RTQ-C determina que as luminárias próximas às janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema.

O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m² deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. A preocupação do RTQ-C é a de garantir ambientes que quando desocupados parem de consumir energia desnecessária.

Pelo fato da edificação possuir menos de três atividades principais, utilizou-se o Método das Áreas do edifício para análise dos sistemas de iluminação que avaliou de forma conjunta os ambientes biblioteca e escritório da edificação atribuindo um valor limite para cada avaliação. Utilizando as informações descritas na Tabela 2 obteve-se os limites aceitáveis de Densidade de Potência de Iluminação de cada atividade.

Os componentes de iluminação artificial encontrados são:

- Lâmpada Fluorescente 40 W (Compacta)
- Lâmpada Fluorescente 18 W (Pequena)

Para calcular a Potência Instalada verificou-se o total de lâmpadas e qual sua especificação. Desta forma obteve-se os valores descritos na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 – Valores de Potência de iluminação instalada na edificação

Atividade	Área (m²)	Lâmpadas 40W	Lâmpadas 18W	Potência Instalada
Biblioteca Pav. Inferior	678,53	6800 W	2880 W	9680 W
Biblioteca Pav.Superior	378,20	4240 W	1008 W	5248 W
Escritórios	527,49	7200 W	612 W	7812 W

Com os valores de densidade de potência de iluminação limite para cada ambiente e suas respectivas áreas obtêm-se a Potência Limite das atividades para cada nível de classificação de acordo com o manual. Verificou-se na Tabela 9 valores limites de cada nível.

Potência Limite é igual à Área x DPIL

Tabela 9 – Potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido – Método da área da edificação

Atividade	Área (m²)	Pot.Lim (A)	Pot.Lim.(B)	Pot.Lim.(C)	Pot.Lim.(D)
Biblioteca Pav. Inferior	678,53	8617,3 W	9906,5 W	11195,7 W	12484,95 W

Biblioteca Pav.Superior	378,20	4803,1 W	5521,7 W	6240,3 W	6958,8 W
Escritórios	527,49	5116,6 W	5907,8 W	6646,4 W	7434,6 W

Pode-se afirmar que para os sistemas de iluminação os ambientes atingiram o nível de classificação:

- 1) Biblioteca Pavimento Inferior: NÍVEL B
- 2) Biblioteca Pavimento Superior: NÍVEL B e Escritórios Administrativos: NÍVEL D

6.4 SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR

No procedimento de determinação da eficiência do sistema de condicionamento de ar verificou-se a existência de equipamentos de refrigeração, comparando as especificações de cada unidade com a tabela fornecida pelo PBE/INMETRO para determinar a classificação dos mesmos.

A Tabela 10 a seguir fornece a potência, eficiência de cada componente. É importante destacar que devido à existência de mais de uma unidade para cada atividade principal, realizou-se de acordo com o Manual RTQ-C um cálculo de equivalência conforme a classificação individual. Para cada nível existe um equivalente numérico, sendo assim Nível A=4, Nível B=3 e assim sucessivamente.

Tabela 10 – Especificações de cada unidade do sistema de condicionamento de ar

Fabricante	Modelo	Tipo da Unidade	Potência (BTU/h)	Eficiência da Unidade	Equivalente Numérico
Gree-Brasil	GWCO9MA	Split - Teto	9000	A	4
Gree-Brasil	GWCANMA	Split-Teto	9000	A	4
RHEEM	RB1HW28HP2BS	Split - Teto	55000	D	2
KOMEKO	KOP60FCG1	Split - Teto	60000	D	2

Para determinação da eficiência do sistema de condicionamento de ar faz-se a ponderação das unidades pelas potências correspondentes que resultou em 133000 BTU/h.

Para cada potência há um coeficiente de ponderação que pode ser verificado na Tabela 11.

Tabela 11 – Coeficientes de ponderação de cada unidade do sistema de condicionamento de ar

Unidade	Potência	Coeficiente de Ponderação
GWCO9MA	9000	0,067
GWCO9MA	9000	0,067
RB1HW28HP2BS	55000	0,413
KOP60FCG1	60000	0,451
Total	133000	1,00

Em seguida multiplicou-se o coeficiente de ponderação pelo equivalente numérico de cada unidade, resultando na tabela 12.

Tabela 12 – Resultado Ponderado para cada unidade do sistema de condicionamento de ar

Unidade	Equivalente	Coeficiente de Ponderação	Resultado Ponderado
GWCO9MA	4	0,067	0,268
GWCO9MA	4	0,067	0,268
RB1HW28HP2BS	2	0,413	0,826
KOP60FCG1	2	0,451	0,902
TOTAL	-	1,00	2,26

O resultado ponderado obtido foi de 2,26. Desta forma conclui-se que o ambiente atinge um nível de classificação D para sistemas de condicionamento de ar.

6.5 CLASSIFICAÇÃO GERAL

Com os pesos de cada item de avaliação em que:

- Envoltória é igual a 30%.
- Sistema de Iluminação é igual a 30%.
- Sistema de Condicionamento de Ar é igual a 40%.

Para determinação da classificação final, utiliza-se de equivalentes numéricos para cada nível atingido de avaliação conforme Figura 17.

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Figura 17 – Equivalentes numéricos dos níveis de classificação
 Fonte: RTQ-C (20013)

Os níveis atingidos para cada item foram de:

- Envoltória: NÍVEL B
- Sistema de iluminação: NÍVEL B
- Sistema de condicionamento de ar: NÍVEL D

Utilizou-se a Equação 4 para determinar o valor de Pt igual a 3,46. Assim para a análise final verificou na Figura 18 em que o nível atingido pela edificação no geral foi NÍVEL C, e, portanto trata-se de um ambiente não eficiente de acordo com os parâmetros do regulamento.

CLASSIFICAÇÃO FINAL	PT
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Figura 18 – Classificação Geral
 Fonte: RTQ-C (20013)

Entretanto, verifica-se que independente de um nível ser classificado como B e outro C, para esse ambiente poderia ser realizado uma série de intervenções pontuais na parte do material que compõe a cobertura (telhado de fibrocimento) e uma reforma do material que compõe as envoltórias das fachadas da superfície cerâmica. A aplicação de pequenas ações implica na melhoria dos itens avaliados separadamente.

7 CONCLUSÃO

O panorama da construção civil nacional ressalta que a importância da introdução de medidas favoráveis ao controle e regulamentação do consumo de energia elétrica nas edificações é uma prática cada vez mais necessária.

A evidência dos impactos causados no setor construtivo é perceptível nas estatísticas fornecidas por órgãos e instituições preocupadas com a manutenção do bem estar populacional na área urbana e rural.

Nesse contexto surge a tendência por edificações sustentáveis, concebidas para fazer o uso racional de recursos naturais, utilizar materiais ecologicamente corretos visando não impactar o meio ambiente de forma negativa.

É preciso também verificar as edificações existentes, seja de caráter público ou residencial para padronizar e implementar o conceito de eficiência energética, que vem tomando proporções cada vez mais significativa no mercado.

Com este estudo, foi possível aplicar um procedimento de análise de eficiência energética para uma edificação pública e referência importante para o município. Apesar de em primeiro momento parecer um ambiente agradável e bem projetado, constatou-se um resultado insatisfatório a ponto de vista de eficiência energética, evidenciado por indicadores de consumo altos quanto aos sistemas de condicionamento de ar e iluminação. Também se ressalta que a utilização de material principalmente na envoltória torna-se um fator preponderante no resultado final, pois a edificação comporta-se como um sistema integrado e sujeito a fatores de incidência solar constante.

O resultado final indica que medidas de intervenção são necessárias na edificação analisada relevando a substituição de materiais ecologicamente

prejudiciais e instituição da prática por projetos dedicados a explorar o uso eficiente dos recursos naturais em conformidade com a utilização da estrutura.

8 REFERÊNCIAS

A Busca da Articulação entre Ações de Incentivo. **Revista Eficiência Energética**. Programa de Eficiência energética/ Agência Nacional de Energia Elétrica. 1.ed.Agosto,2013.Disponível em: http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/revista_pee_ago_01.pdf. Acesso em: 19.dez.2014

AGOPYAN, V. **Prefácio da versão em língua portuguesa. Agenda 21 para a construção sustentável**. Tradução do Relatório CIB – Publicação 237. 131p INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION. Tradução de I. Gonçalves; T. Whitaker; ed. de G. Weinstock, D.M. Weinstock. São Paulo: s.d. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

Biblioteca Municipal “Professor Egydio Martello”. Prefeitura do Município de Campo Mourão / FUNDACAM. Campo Mourão,2015. Disponível em: <http://campomourao.pr.gov.br/fundacam/biblioteca.php>

BRASIL. Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **Diária Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 out. 2001. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/lei10295.pdf>. Acesso em: 05.dez.2014

BRASIL. Decreto nº 4059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 dez. 2001. Disponível em:

<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/decreto4059.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2014.

BRASIL. Lei nº 9991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24.jul. 2000. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19991.htm. Acesso em: 05 dez. 2014.

BRASIL. Lei nº 10847, de 15 de março de 2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 mar. 2004. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.847.htm. Acesso em: 05.dez.2014

BRASIL. Decreto nº 5184, de 16 de agosto de 2004. Cria a Empresa de Pesquisa Energética – EPE, aprova seu Estatuto Social e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 ago. 2004.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5184.HTM. Acesso em: 05 dez. 2001.

CAMARGO, Luiz Fernando S.Xavier. **Eficiência Energética e Sustentabilidade em Edificações: Um estudo de caso na Biblioteca da UNESP de Guaratinguetá.**

2013.73 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Disponível em:

<<http://athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/capelo/2014-08-06/000733205.pdf>>.

Acesso em 5.dez.2014

CORREIA, Vanor. Eficiência energética. **Petrobrás Magazine**: Petrobrás, 2009. Disponível em:

<http://www.hotsitespetrobras.com.br/petrobrasmagazine/Edicoes/Edicao55/pt/EficienciaEnergetica/EficienciaEnergetica.html#ContainerGeral>. Acesso em: 20.dez.2014

HAYDT, Gustavo. Eficiência energética em edificações dá samba no Brasil?

Ambiente e Energia. São Paulo, dez.2012. Disponível em:

<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2012/12/eficiencia-energetica-em-edificacoes-da-samba-no-brasil/21404> . Acesso em: 01.fev.2015

LAMBERTS, Roberto et al. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3.ed. Rio de Janeiro-RJ. Procel/Eletróbrás, 2012. Disponível em:

<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf> Acesso em: 02.fev.2015

LAUTERT, Ricardo. João Andante em Campo Mourão. Do Meu Interior, Campo Mourão, 2014. Disponível em: <http://www.domeuinterior.com.br/joao-andante-em-campo-mourao/>. Acesso em: 19 set. 1998.

LEITE, Vinicius F. **Certificação Ambiental na Construção Civil: Sistemas LEED e AQUA**. 2011. 50 f. Monografia (Trabalho Integralizador multidisciplinar) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg2/76.pdf> > Acesso em: 08 abr.2015.

MANUAL PARA APLICAÇÃO DO REGULAMENTO TÉCNICO DE QUALIDADE PARA NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICAS. **Procelinfo – Selo Procel nas Edificações**, v.2. 2013. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>

MAZZAROTTO, Ana Carolina E.Kolb. **Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba**. 2011. 261f.Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba,2011.

PAULA, Rubens Gonçalves; Paulo Eduardo. Projeto Arquitetônico. Reciclagem – Antigo Terminal Rodoviário, 2003, Cópia de projeto da Biblioteca Municipal Prof. Egidio Martello, 2003. Campo Mourão-PR.

SACHT, Helenice Maria. **Módulos de fachada para reabilitação ecoeficiente de edifícios**. 2013.490f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho Escola de Engenharia. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28769/1/Tese%20Nice%20Sacht%20Part1.pdf>>. Acesso em: 18 dez.2014

Selo Procel em Edificações. **Procelinfo – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>>

SILVA, Tiago José et al.Fachada Dupla para Clima do Sul da Europa. **Scribd**, maio 2014.Disponível em: http://pt.scribd.com/doc/222486605/Artigo-Tecnico-ToRRE-H#force_seo. Acesso em: 06.dez.2014

SUSTENTABILIDADE NAS EDIFICAÇÕES:CONTEXTO INTERNACIONAL E ALGUMAS REFERÊNCIAS BRASILEIRAS NA ÁREA. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: http://www.labee.ufsc.br/antigo/sustentabilidade/04_certificacao_ambiental_edificacoes.html Acesso em: 02.fev.2015

VALENTE, Josie P. **Certificações na Construção Civil: Comparativo entre LEED e HQE**. 2009. 65 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso Superior

de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:
<<http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000221.pdf>.> Acesso
em: 08 abr.2015

Working Group I Technical Support Unit. **Intergovernmental Panel on Climate
Change (IPCC)**. Setembro, 2013. Disponível em:
https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf