



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

Ramon Leite Chaves Cabral

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA CENTRAL DE  
AULAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA EM  
CAMPINA GRANDE – PB.**

CAMPINA GRANDE/PB  
2014

**RAMON LEITE CHAVES CABRAL**

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA CENTRAL DE  
AULAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA EM  
CAMPINA GRANDE – PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora:  
Profa Dra Celeide Maria Belmont Sabino Meira

CAMPINA GRANDE/PB  
2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

C117d Cabral, Ramon Leite Chaves.

Determinação da eficiência energética da central de aulas da Universidade Estadual da Paraíba em Campina Grande – PB.

[manuscrito] / Ramon Leite Chaves Cabral. - 2013.

55 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2013.

"Orientação: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Eficiência Energética. 2. Etiquetagem predial. 3. Conforto ambiental. I. Título.

21. ed. CDD 621.374 5

RAMON LEITE CHAVES CABRAL

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA  
CENTRAL DE AULAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DA PARAÍBA EM CAMPINA GRANDE/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado a Coordenação do Curso de  
Engenharia Sanitária e Ambiental da  
Universidade Estadual da Paraíba como requisito  
parcial para a obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Sanitária e Ambiental.

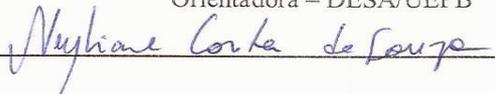
APROVADA EM 11/03/2014

**BANCA EXAMINADORA**



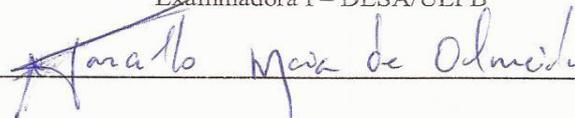
**Profª Drª Celeide Maria Belmont Sabino Meira**

Orientadora – DESA/UEPB



**Profª. Drª. Neyliane Costa de Souza**

Examinadora I – DESA/UEPB



**Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida**

Examinador II – DESA/UEPB

**Campina Grande-PB**

2014

A minha família, que contribuíram para a conquista desse objetivo, dando apoio, assistência e amparo. Principalmente aos meus pais, pelos exemplos e conselhos dados mostrando a importância dos estudos, para meu crescimento não só profissional, mas como ser humano.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida e condições que me trouxeram até os caminhos que estou trilhando.

Agradeço aos meus pais, Luiz Leite e Maria de Lourdes, por me darem uma educação de caráter e por tanto me incentivarem durante toda minha vida estudantil, servindo como exemplo no empenho e na busca para a realização de minhas conquistas, pois sem eles nada disso seria possível.

Aos meus irmãos que contribuíram de alguma forma sempre me incentivando e aconselhando a tomar as melhores decisões e que sempre acreditaram no meu sucesso.

A Rahillyanne que esteve ao meu lado durante toda a minha graduação me ajudando a manter o foco e contribuindo para minha felicidade.

Aos meus familiares que sempre me incentivaram com palavras e desejaram meu sucesso.

Aos meus amigos de curso, em especial a André, Francisco, Tássio, Tamires e Isaura que percorreram juntamente comigo toda a graduação e foram responsáveis por me ajudarem a chegar onde estou.

Aos meus amigos de infância, Gefferson, Rodrigo, Wesley, Bruno e Guilherme que estão participando de mais uma vitória e sempre estiveram ao meu lado me incentivando e desejando meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus professores que pacientemente me ensinaram tudo o que sei e por causa deles estou pronto para enfrentar qualquer desafio profissional, em especial a minha orientadora, a professora Celeide Sabino que foi a responsável por me auxiliar no desenvolvimento desse projeto, usando de todo seu conhecimento para que eu pudesse concluir essa etapa da minha vida.

A Nilson que me ajudou com sua copiadora e todo seu aparato que contribuiu de maneira específica para que pudesse me desenvolver durante a graduação.

Finalmente sou grato a todos aqueles que passaram por minha vida e de alguma forma contribuíram para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”

*Nelson Mandela*

## RESUMO

A eficiência energética é utilizada para minimizar problemas ambientais, reduz o consumo e conseqüentemente os custos, sem perder em momento algum a eficiência e a qualidade dos serviços. Após a crise energética de 2001 surgiu à necessidade de elaboração de projetos arquitetônicos e tecnologias energeticamente eficientes para edificações, sem comprometer a qualidade de vida de seus usuários. Foram desenvolvidas normas de desempenho e eficiência energética, etiquetagem predial, que avaliam o nível de eficiência energético das edificações residenciais (RTQ-R) e comerciais, de serviços e públicas (RTQ-C). O objetivo geral foi estudar o nível de eficiência energética da Central de Aula da Universidade Estadual da Paraíba em Campina Grande/PB. Para desenvolver a pesquisa foi feito o levantamento de dados com base nos projetos arquitetônico e complementares, em seguida foram feitas visitas in loco para detectar possíveis divergências entre o projeto arquitetônico e o projeto executado pela Instituição e posteriormente foram levantados dados de áreas, aberturas, luminosidade e diagramas unifamiliares dos ambientes estudados, bem como os materiais empregados, para verificação do atendimento ao Regulamento Técnico de Qualidade de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos. Após a aplicação do método, a edificação em estudo atingiu o Nível de eficiência “C” - Equivalente numérico “3”, nível este muito abaixo do desejável. A elevação do nível de eficiência é de importância vital para redução dos custos com energia pela universidade. Deste modo, recomenda-se um estudo mais detalhado com implementação de modificações/complementações para elevar o nível de eficiência energética para nível “A”.

**PALAVRAS-CHAVES:** Eficiência Energética, RTQ-C, Etiquetagem Predial.

## **ABSTRACT**

Energy efficiency is used to minimize environmental problems, reduces consumption and therefore costs, at any time without losing the efficiency and quality of services. After the energy crisis of 2001 arose the need to prepare architectural design and energy efficient technologies for buildings, without compromising the quality of life of its members. Standards of performance and energy efficiency, building labeling, assessing the level of energy efficiency of residential buildings (RTQ-R) and commercial and public services (RTQ - C) were developed. The overall objective was to study the energy efficiency level of the Central Hall of the State University of Paraiba in Campina Grande/PB. To develop research data collection based on architectural projects and complementary then were made site visits to detect possible differences between the architectural design and project executed by the Institution and later data areas, openings, illumination were raised and single family diagrams of the studied environments, as well as the materials used for verifying compliance with the Technical Regulation on the Quality of Commercial Buildings, and Public Service. After application of the method, the building under study reached the level of efficiency "C" - numeric equivalent "3", a level much lower than desirable. Raising the level of efficiency is of vital importance to reduce energy costs by the university. Thus, a more detailed study of the implementation of changes/additions are recommended to raise the level of energy efficiency for "A" level.

**KEYWORDS:** Labeling Building, Energy Efficiency, RTQ-C, Levels of Efficiency.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade das construções Residenciais

RTQ-R – Requisitos Técnicos da Qualidade das construções Comerciais, de Serviço e Públicos.

IEA – Agência Internacional de Energia.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

IRC – Índice de Reprodução de Cor.

LFC – Lâmpada Fluorescente Compacta.

PNE – Plano Nacional de Energia.

CONPET – Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural.

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

RAC-C – Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

ENEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

DPI<sub>L</sub> – Densidade de Potência de Iluminação Limite.

EqNum – Equivalente Numérico.

DPI<sub>I</sub> – Densidade de Potência de Iluminação Instalada.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Cronograma dos passos para legislação da Etiquetagem no Brasil de edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.....	20
Figura 2.2 – Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos.....	21
Figura 2.3 – Fatores de Iluminação.....	22
Figura 2.4 – Aparência da Cor.....	29
Figura 2.5 – Lâmpada Incandescente.....	30
Figura 2.6 – Lâmpada de Halogênio.....	31
Figura 2.7 – Esquema de funcionamento de uma lâmpada fluorescente.....	32
Figura 2.8 – Lâmpada de vapor de mercúrio.....	32
Figura 2.9 – Lâmpada fluorescente compacta.....	33
Figura 2.10 –Tipos de lâmpada fluorescentes compactas.....	33
Figura 2.11 –LED.....	36
Figura 3.1 – Localização do edifício da Central Integrada de Aulas, Campus I da UEPB.....	38
Figura 3.2 – Perspectiva da Central Integrada de Aulas localizada no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).....	39
Figura 3.3 – Planta baixa do pavimento térreo da Central de Aulas da UEPB.....	39
Figura 4.1 – Pavimento Elétrico da Central de Aulas da UEPB: Lado direito (a) e Lado esquerdo (b).....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Grandezas, Símbolos e Unidades.....	27
Tabela 2.2 – Temperatura da Cor.....	28
Tabela 2.3 – Nível do índice de reprodução de cor.....	29
Tabela 2.4 – Eficiência Luminosa das lâmpadas fluorescente compactas.....	34
Tabela 2.5 – Comparação entre Lâmpadas Incandescentes e Fluorescentes.....	35
Tabela 2.6 – Características Técnica das lâmpadas.....	35
Tabela 2.7 – Características econômica das lâmpadas.....	35
Tabela 4.1 – Pré-Requisitos para obtenção de eficiência energética.....	41
Tabela 4.2 – Limite Máximo Aceitável de Densidade de Potência de Iluminação (DPI <sub>L</sub> ) para o Nível de Eficiência Pretendido – Método da Área do Edifício.....	46
Tabela 4.3 – Limite Máximo Aceitável de Densidade de Potência de Iluminação (DPI <sub>L</sub> ) para o Nível de Eficiência Pretendido – Método das Atividade do Edifício, Parte 1.....	48
Tabela 4.4 – Limite Máximo Aceitável de Densidade de Potência de Iluminação (DPI <sub>L</sub> ) para o Nível de Eficiência Pretendido – Método das Atividade do Edifício, Parte 2.....	49
Tabela 4.5 – Limite Máximo Aceitável de Densidade de Potência de Iluminação (DPI <sub>L</sub> ) para o Nível de Eficiência Pretendido – Método das Atividade do Edifício, Parte 3.....	50
Tabela 4.6 – Equivalente Numérico.....	50
Tabela 4.7 – Consumo de energia mensal da Central de Aulas.....	51

## SUMÁRIO

<b>1.0</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1	Objetivo Geral.....	14
1.2	Objetivos Específicos.....	14
<b>2.0</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1	Conforto Ambiental e Eficiência Energética.....	15
2.2	Política para Eficiência Energética de Edificações.....	16
2.3	Normas e Regulamentação Brasileira de Eficiência Energética.....	18
2.4	Regulamentação para Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.....	20
2.5	Iluminação.....	24
2.5.1	<i>Iluminação Natural.....</i>	<i>25</i>
2.5.2	<i>Iluminação Artificial.....</i>	<i>26</i>
2.5.3	<i>Fatores Importantes para Iluminação.....</i>	<i>26</i>
2.5.4	<i>Principais Características de uma Lâmpada.....</i>	<i>28</i>
2.5.5	<i>Tipos de Lâmpadas.....</i>	<i>29</i>
<b>3.0</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
3.1	Descrição da edificação .....	39
3.2	Metodologia utilizada.....	40
<b>4.0</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
4.1	Procedimentos para a Determinação da Eficiência Energética.....	43
4.2	Método da Área do Edifício.....	44
4.3	Método das Atividades do Edifício.....	46
4.4	Equivalente Numérico (EqNum).....	50
<b>5.0</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

Eficiência energética é uma atividade que procura otimizar o uso das fontes de energia. A utilização racional de energia, às vezes chamada simplesmente de eficiência energética, consiste em usar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. Os equipamentos em nossa casa, escritório, o nosso carro, a iluminação das ruas e até as centrais que produzem e distribuem a energia, quer seja eletricidade, gás natural ou outra, consomem de alguma forma uma fonte de energia. A utilização abusiva das fontes de energia de origem de combustíveis fósseis, como o petróleo (37%), o carvão (27%), o gás natural e o urânio contribuem exponencialmente para a liberação de dióxido de carbono para a atmosfera trazendo conseqüências desastrosas para o Planeta, como as chuvas ácidas, o aquecimento global e a redução da camada de ozônio.

Edifícios energeticamente eficientes, processos industriais e de transporte poderiam reduzir as necessidades energéticas do mundo em 2050 por um terço, e será essencial no controlo das emissões globais de gases com efeito de estufa, de acordo com a Agência Internacional de Energia. A adoção de soluções ou medidas eficientemente energéticas em edifícios pode passar como, por exemplo, por colocar um isolamento térmico de modo a se consumir menos energia para aquecimento e arrefecimento mantendo a mesma temperatura, instalar lâmpadas econômicas, em vez de lâmpadas incandescentes para atingir o mesmo nível de iluminação. Redes de sensores sem fio são muitas vezes utilizados para visualizar o uso de energia em cada ponto para melhorar a eficiência (FERREIRA, LOPES JÚNIOR, 2008).

A utilização das energias renováveis como fonte de energia para consumo das necessidades energéticas quer de climatização como de aquecimento de águas quentes sanitárias e de piscinas é uma das formas mais eficientes de reduzir o consumo de energias de combustíveis fósseis. A instalação de painéis solares térmicos na cobertura dos edifícios pode representar uma redução de 60% no consumo de energia para aquecimento de águas sanitárias.

A eficiência energética e as energias renováveis são os "dois pilares" da política energética sustentável. Como todo país em desenvolvimento, o Brasil tem uma grande demanda reprimida de energia - mas os índices nacionais de perda e desperdício de eletricidade também são altos. O total desperdiçado, segundo o PROCEL, chega a 40 milhões de kW, ou a US\$ 2,8 bilhões, por ano. Os consumidores - indústrias, residências e comércio - desperdiçam 22 milhões de kW; as concessionárias de energia, por sua vez, com perdas técnicas e problemas na distribuição, são responsáveis pelos 18 milhões de kW restantes. Portanto, além de promover a substituição de insumos esgotáveis (combustíveis fósseis) e a redução da intensidade do uso de energia, qualquer política energética deve estimular a eficiência e o combate ao desperdício por meio de instrumentos de regulação - como a especificação de códigos com consumo máximo de energia em construções ou padrão de desempenho e melhorias em equipamentos para garantir a incorporação de novas tecnologias, mais eficientes, pelos fabricantes (PROCEL, 2013).

### **1.1 Objetivo Geral**

Estudar o nível de eficiência energética da Central de Aula da Universidade Estadual da Paraíba em Campina Grande/PB.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Verificar a aplicabilidade dos Requisitos Técnicos da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais – RTQ-C.
- Estudar a metodologia do RTQ-C na utilização da Central de Aula da Universidade Estadual da Paraíba em Campina Grande/PB.
- Avaliar o sistema de iluminação da Central de Aula da Universidade Estadual da Paraíba em Campina Grande/PB.

## **2.0 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Conforto Ambiental e Eficiência Energética**

A arquitetura exerce influência na percepção, na execução de atividades, nas relações humanas e, principalmente, no conforto ambiental. O conforto ambiental influencia, não apenas em aspectos relacionadas à visão e percepção, mas o que diz respeito aos processos fisiológicos, devido à variação da luz natural ao longo do dia. Um ambiente preenchido por luz natural estimula não apenas nossa percepção com relação à eficiência funcional, mas às nossas necessidades biológicas. Nossa saúde, mental e física, é influenciada pela temperatura de cor proporcionada pelas variações da luz. (MARTAU, 2009)

Segundo Fernandes (2010), os padrões mínimos de conforto ambiental incluem o conforto térmico, luminoso e acústico e, condicionam a qualidade ambiental do edifício, com conceitos e índices que se manifestam cada vez mais em normas e legislações, entretanto, necessitam ainda do conhecimento de quais condições devem ser atingidas para o alcance deste conforto. Os aspectos relacionados ao conforto ambiental são condicionados pela morfologia de um edifício, que deve favorecer o aproveitamento da luz natural, reduzindo o consumo energético e considerando os aspectos de maior impacto para a eficiência energética do mesmo.

Amorim (2007) descreve a utilização do diagrama morfológico para a análise de projetos existentes ou como instrumento de projeto, compilando dados de uma visão de maior escala, como o espaço urbano, até uma visão de menor escala, considerando o edifício e seu ambiente. O desempenho energético é condicionado por aspectos ambientais e ocorre por meio da forma e implantação da edificação. Um edifício com ambientes muito profundos reduz o aproveitamento da iluminação natural no caso de edificações térreas e, no caso de edifícios com pátio interno, o aproveitamento da luz natural ocorrem de maneira mais eficiente nos ambientes devido ao átrio.

A arquitetura contemporânea se depara com uma exigência que a insere em um importante papel em busca da sustentabilidade, sua eficiência energética. Sua responsabilidade deve estar pautada na busca de parâmetros relacionados com sua capacidade de responder as demandas, mantendo o equilíbrio não apenas com o meio em que está inserida, mas ser coerente a uma visão sistêmica e global referente à utilização consciente dos recursos naturais e equilíbrio do meio ambiente. (LAMBERTS et al. 2007).

## **2.2 Política para Eficiência Energética de Edificações**

O Brasil possui desde 1985 programas de eficiência energética, reconhecidos internacionalmente, como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional de Racionalização de uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Mesmo antes destes, ainda em 1975, o Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE) organizou, em colaboração com o Ministério das Minas e Energia, um seminário sobre conservação de energia, tratando-se, portanto de uma iniciativa pioneira no país (CABRAL, 2006).

O PROCEL foi criado pela Portaria interministerial nº 1.877, de 1985, tendo o objetivo de “racionalizar o uso de energia elétrica e, como decorrência de maior eficiência, proporcionar um mesmo produto ou serviço com menor consumo, eliminando desperdícios e assegurando redução global de custos e de investimentos em novas instalações do sistema elétrico”. De fato, estima-se que o custo médio do programa de conservação seria de 25% a 30% mais barato do que o custo marginal da expansão da matriz energética (CABRAL, 2006).

Em 1993, o PROCEL foi uma das linhas mestras da Campanha Nacional Contra o Desperdício de Energia lançada pelo Ministério das Minas e Energia, tendo um dos seus projetos de maior êxito a concessão anual do Selo PROCEL de Economia de Energia. A ideia era estimular a fabricação de equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes e competitivos.

A primeira iniciativa no âmbito de legislações para promover a eficiência energética no país surgiu como consequência da crise de energia de 2001, quando foi sancionada a Lei Nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia” (BRASIL, 2001a).

Em seguida, o Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001b) regulamentou a Lei estabelecendo “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”. Apontou também a necessidade de “indicadores técnicos e regulamentação específica” para níveis de eficiência energética no país. O Decreto criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e, especificamente para edificações, o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT- MME) para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil visando ao uso racional da energia elétrica (BRASIL, 2001b).

Em 2003 foi lançado o Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica) que desenvolve e apoia projetos na área de conservação de energia em edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, sendo estabelecidas seis vertentes de ação: arquitetura bioclimática, indicadores referenciais para edificações, certificação de materiais e equipamentos, regulamentação e legislação, remoção de barreiras à conservação da energia e, por fim, educação. Essas atividades incluem pesquisas e apoio à produção de novas tecnologias, materiais e sistemas construtivos, além de estimular o desenvolvimento de equipamentos eficientes, utilizados em edificações. Para tanto, são desenvolvidas bases de dados climáticos e estudos de posse e hábitos de uso de eletrodomésticos, em âmbito regional; estimuladas a produção de bibliografias e ferramentas de avaliação das condições de conforto e consumo de energia de diferentes tipologias arquitetônicas, nas oito regiões bioclimáticas brasileiras, com o objetivo de apoiar estudos e ampliar o nível de conhecimento técnico do setor. Junto às universidades, são realizados projetos de capacitação de laboratórios e oferecidas bolsas de pesquisa (BRASIL, 2011c).

Em junho de 2004 foi assinado o Convênio entre a Eletrobrás e a Universidade Federal de Santa Catarina, convênio ECV 007/2004 PROCEL / UFSC,

para desenvolvimento da base técnica para esta regulamentação. A partir dos estudos desenvolvidos verificou-se que as várias soluções eficientes de projeto (envoltória) em conjunto com o uso de equipamentos eficientes podem levar estas soluções para diferentes níveis de classificação de eficiência do edifício. Diante desse quadro, o GT optou por desenvolver uma regulamentação para etiquetagem de edifícios, em vez de uma norma de prescrições mínimas, pois pode trazer um diferencial de mercado para edificações mais eficientes.

No final de 2005 foi criada a Secretaria Técnica de Edificações (ST Edificações), responsável pelas questões técnicas que envolvem os indicadores de eficiência energética, sendo coordenada pelo Programa PROCEL<sup>1</sup> e contando com a participação de IMAM, IAB, CBIC, Caixa Econômica e UFSC.

Em 2006, o INMETRO foi incluído no processo através da criação da Comissão Técnica de Edificações, onde é discutido e definido o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e em setembro do mesmo ano, na quarta reunião do GT-MME, a versão experimental do texto da regulamentação de etiquetagem de nível de eficiência de edifícios foi aprovada pelo CGIEE.

### **2.3 Normas e Regulamentação Brasileira de Eficiência Energética**

A regulamentação brasileira para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações quanto à eficiência energética, sendo o objetivo da regulamentação criar condições para a Etiquetagem Voluntária do nível de eficiência energética de edifícios.

A classificação das edificações pode ser realizada através de dois métodos: o Prescritivo e o de Simulação. O Método Prescritivo se caracteriza pela adoção de equações, tabelas e parâmetros limites, onde é obtida uma pontuação que indica o nível de eficiência parcial dos sistemas e total do edifício. O Método de Simulação

---

<sup>1</sup> Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica criado em 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, transformado em Programa de Governo sob a coordenação executiva da ELETROBRÁS.

utiliza um programa de simulação computacional, onde o desempenho do edifício é comparado ao desempenho de edifícios referenciais de acordo com o nível de eficiência. O nível de eficiência da edificação e/ou dos sistemas é indicado na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e a concessão da etiqueta de eficiência energética é realizada através do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por requisitos devem ser avaliadas, resultando numa classificação final que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Para isso, pesos são atribuídos para cada requisito, e de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação geral que também varia de A a E. Os pesos ficaram distribuídos da seguinte forma: 30% para o sistema de iluminação, 40% para o sistema de condicionamento de ar e 30% para a envoltória. Os equivalentes numéricos adotados (EqNum) para os níveis de eficiência de cada requisito são obtidos na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência

Nível de eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

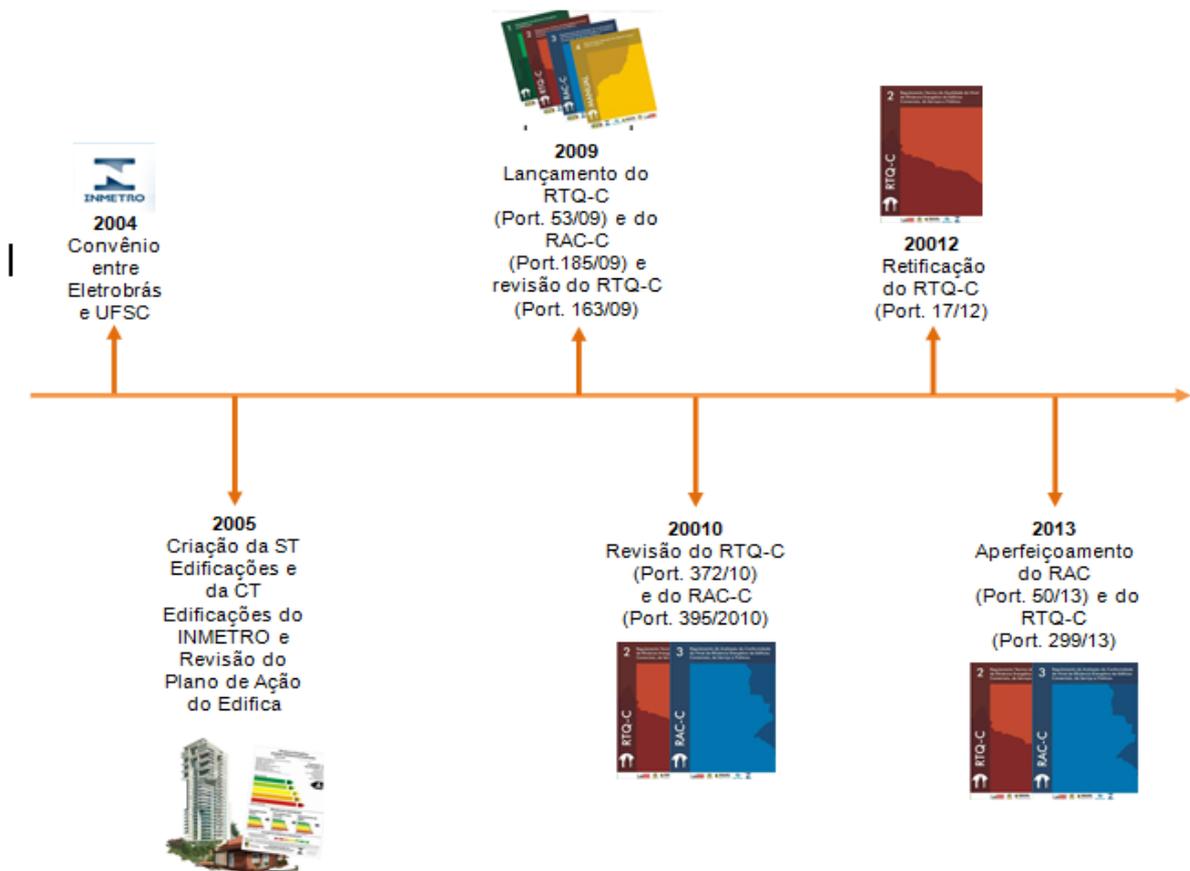
Iniciativas que aumentem a eficiência da edificação poderão receber um incentivo de até um ponto na classificação geral a critério do GT Edificações do INMETRO. Para tanto, estas iniciativas deverão ser justificadas e a economia gerada deve ser comprovada. Estas podem ser sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, sistemas ou fontes alternativas de energia, sistemas de cogeração e inovações tecnológicas que aumentem a eficiência energética da edificação (LAMBERTS, CARLO, 2010).

## 2.4 Regulamentação para Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

As metodologias para a classificação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais são o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e os Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C) que se encontram definidos nas portarias publicadas pelo INMETRO.

Como pode ser observado na Figura 2.1, o RTQ-C e o RAC-C foram lançados em 2009, através das Portarias Nº 53 de 27 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009a) e Nº185 de 22 de junho de 2009, respectivamente (BRASIL, 2009c).

Figura 2.1 – Cronograma dos passos para legislação da Etiquetagem no Brasil de edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.



Fonte: MEIRA, 2013.

O RTQ-C passou por quatro revisões: Portaria Nº 163 em 08 de julho de 2009 (BRASIL, 2009b), Portaria Nº 372 em 17 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010a), Portaria Nº 17 em 16 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012a) e Portaria Nº 299 em 19 de junho de 2013 e o RAC-C por duas revisões: Portaria Nº 395 em 11 de outubro de 2010 (BRASIL, 2010b) e Portaria Nº 50 em 01 de janeiro de 2013 (BRASIL, 2013a).

O RTQ-C aplica-se a edifícios condicionados, parcialmente condicionados e não condicionados. Edifícios de uso misto, tanto residencial e comercial, como residencial e de serviços ou residencial e público, devem ter suas parcelas não residenciais avaliadas separadamente.

Por meio da aplicação do procedimento descrito no RTQ-C é possível a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE (Figura 2.2), a qual especifica o nível de eficiência que alcança a edificação, classificando-a entre os níveis A (mais eficiente) e E (menos eficiente).

Figura 2.2 – Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.



Fonte: ELETROBRÁS, 2011

A ENCE poderá ser fornecida em três momentos: para o projeto da edificação, para a edificação pronta depois de obtido o “*habite-se*” e finalmente para edificação existente após reforma.

A obtenção da classificação geral da edificação somente será alcançada quando analisados todos os sistemas que compõem a edificação: envoltória, iluminação e ar condicionado; caso contrário, pode-se optar pela classificação parcial dos sistemas de iluminação, e/ou ar condicionado desde que a envoltória já tenha sido avaliada. Uma equação pondera estes sistemas através de pesos e ainda permite somar à pontuação final bonificações que podem ser adquiridas com uso de energia renovável, cogeração e racionalização do consumo de água. Tais iniciativas poderão receber até um ponto na classificação geral.

O texto do RTQ-C é estruturado em seis capítulos. No primeiro, traz definições, símbolos e unidades. No segundo, trata dos objetivos do regulamento; dos pré-requisitos gerais (circuitos elétricos, aquecimento de água e elevadores) e específicos (dos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar), dos procedimentos de avaliação e das bonificações. O terceiro aborda a envoltória, enfoca a transmitância térmica, cores e absorvância dos materiais, além de parâmetros para edifícios com iluminação zenital. Para cálculo de desempenho da envoltória, oferece equações para obtenção de um Indicador de Consumo (IC), que variam conforme o zoneamento bioclimático em que o país é dividido. No quarto capítulo, trata de iluminação artificial. Envolve a eficiência de sistemas e controles, condições para divisão de circuitos, aproveitamento da iluminação natural. Para a classificação do sistema de iluminação, inclui cálculos de Densidade de Potência de Iluminação e do nível de iluminância de projeto. No quinto capítulo trata de sistema de condicionamento do ar, determina a eficiência mínima e as características de equipamentos e sistemas condicionadores de ar de acordo com o nível de desempenho desejado. No capítulo seis, detalha a forma de avaliação de desempenho através de simulação computacional de edifícios condicionados artificialmente ou naturalmente ventilados.

A análise da eficiência energética da envoltória pode ocorrer pelo método prescritivo, com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), ou por

simulação computacional, método mais completo para qualquer análise do desempenho térmico e/ou energético do edifício.

A etiquetagem dos níveis de eficiência pode ocorrer de maneira completa ou parcial, um ou mais sistemas individuais, onde a edificação pode possuir um desses níveis ou o nível geral da edificação. A etiquetagem parcial e a completa alteram seu nível de eficiência através do cumprimento de pré-requisitos obrigatórios e por bonificação na pontuação, visando incentivar o uso de energia solar para aquecimento de água, uso racional de água, cogeração, dentre outros.

Segundo Oliveira et al.2011, a classificação do desempenho energético da envoltória, definida pela norma, determina o Indicador de Consumo da Envoltória, associando-o a outras variáveis arquitetônicas que produzem impacto sobre o consumo energético da edificação. A intensidade relacionada à forma do edifício e a sua localização geográfica é definida a partir do Zoneamento Bioclimático Brasileiro (BRASIL,2005). Os parâmetros para edificações de todas as zonas bioclimáticas são:

- Área de projeção do edifício (Ape) - m<sup>2</sup>
- Área total de piso (Atot) - m<sup>2</sup>
- Área da envoltória (Aenv) - m<sup>2</sup>
- Área de projeção da cobertura (Apcob) - m<sup>2</sup>
- Volume da edificação (Vtot) - m<sup>3</sup>
- Fator de forma (FF) - Área da envoltória / Volume total
- Fator de altura (FA) - Área de projeção da cobertura / Área total de piso
- Ângulo vertical de sombreamento (AVS) - Graus
- Ângulo horizontal de sombreamento (AHS) - Graus
- Porcentual de abertura total das fachadas (PAFT)
- Fator solar de elementos transparentes /translúcidos (FS)

Segundo Signor et al. (2001) a avaliação da envoltória se apresenta na maioria das análises sobre eficiência energética de edificações e grande parte das variáveis utilizadas nas equações são relacionadas à envoltória da edificação. Em qualquer edificação, as trocas de energia entre o exterior e o interior acontecem através da

envoltória do edifício constituída por paredes, pisos e coberturas em contato direto com o ambiente externo.

As principais variáveis da envoltória do edifício que influenciam no gasto energético estão relacionadas à forma, implantação, aberturas, proteções solares, os materiais, etc. Estas variáveis, por sua vez, irão impactar no conforto ambiental do edifício, considerando conforto térmico, luminoso e sonoro. Devem, portanto, ser trabalhadas de forma a otimizar, tanto o desempenho energético quanto o conforto ambiental do edifício (FERNANDES, 2010).

O conceito de eficiência energética envolve muitas variáveis de um edifício, principalmente relacionadas à sua envoltória, mas a orientação e implantação do projeto arquitetônico podem ser limitadas por diversos fatores, o ideal é que sejam considerados de maneira a registrar as condições e aspectos da edificação para a avaliação da eficiência energética pelo método escolhido (LAMBERTS et al. 2007).

A classificação será obrigatória nos próximos anos, mas a metodologia de elaboração de projetos atuais não considera a coleta destes dados para a etiquetagem dos edifícios, gerando a necessidade de reorganização dos elementos do projeto de acordo com a ferramenta utilizada para elaboração do mesmo. No caso do sistema mais utilizado atualmente para elaboração de projetos, as camadas do desenho devem ser criadas em função da coleta de dados, demandando mais tempo, já que os quantitativos dos projetos ocorrem manualmente e não consideram os parâmetros da etiquetagem.

## **2.5 Iluminação**

Desde a descoberta do fogo, o homem percebeu que tinha a sua inteira disposição não apenas uma fonte de calor, existia ali também uma fonte natural de luz. Ao longo da história inúmeros processos foram criados para que se obtivesse iluminação como as cadeias alimentadas com gordura animal, óleos e vegetais, os candeeiros a petróleo, as velas, até que finalmente Thomas Edison fez a descoberta da lâmpada incandescente em 1879 que permaneceu até os dias de hoje com apenas algumas melhorias. A lâmpada incandescente é a mais utilizada em todo o mundo, porém a maior fonte de desperdício energético em relação à iluminação,

pois converte apenas 5% de toda energia consumida em luz e o restante é convertido em calor. Sabe-se que o primeiro serviço que as operadoras de energia disponibilizaram foi a iluminação, porém até os dias de hoje é o serviço onde há o maior consumo de eletricidade e é uma das principais atividades emissoras de CO<sub>2</sub> relacionados ao setor energético. Assim, como os eletrodomésticos, as lâmpadas também possuem um sistema de etiquetagem onde o consumidor pode escolher de forma racional na perspectiva de iluminação qual o produto de maior eficiência variando de A, mais eficiente, até E, menos eficiente. Hoje em dia, 19% de toda energia utilizada no globo é consumida pela iluminação, claramente a redução da quantidade de energia usada para o seu consumo nos tornaria energeticamente mais eficiente, porém por conta de vivermos em uma sociedade moderna as luzes elétricas se tornam imprescindíveis para que possamos permanecer ativos dia e noite.

### ***2.5.1 Iluminação Natural***

A radiação emitida por cada metro quadrado da superfície solar corresponde 63 MW de energia o que equivale a 6.000 milhões de lumens, a atmosfera absorve cerca de 20% da luz emitida pelo sol e reflete para o espaço cerca de 25%, dos restantes 55%, uma parte atinge diretamente a superfície terrestre e outra parte é difundida pela atmosfera, resultando delas a luz do dia. A quantidade de luz recebida à superfície da terra varia com a localização geográfica, a latitude, a localização, junto à costa ou no interior, o clima e a qualidade do ar. São fatores que afetam a intensidade e a duração da luz do dia. Conseqüentemente a quantidade e a qualidade da luz diurna varia em qualquer lugar com a hora do dia, a estação do ano e as condições meteorológicas. Assim, a quantidade de luz que um edifício recebe depende do local onde este se encontra, da sua orientação, da presença ou ausência de obstáculos à sua volta e da refletividade das superfícies adjacentes. A luz do dia é uma combinação de luz direta do sol com a luz difusa do céu, que permite o reconhecimento imediato da forma e textura de tudo o que nos rodeia.

### **2.5.2 Iluminação Artificial**

Em edifícios de serviços onde a utilização de luminárias se faz necessária durante todo o dia faz com que o consumo de energia atinja 50% de todo o consumo desses locais devido a utilização de lâmpadas pouco eficientes ocasionando na perda da energia que ao invés de ser convertida em luz, é convertida em calor acarretando o aumento da temperatura no local causando desconforto térmico prejudicial no ambiente que reflete diretamente no consumo por parte dos recursos de climatização nesses edifícios que somados aos meses quentes fazem com que o desperdício energético seja maior, assim, pode-se concluir que a iluminação está diretamente ligada as questões térmicas dos ambientes, ou seja, quanto mais eficiente for um sistema de iluminação artificial, menor será a conversão de energia em calor e conseqüentemente será menor o consumo em sistemas de climatização. Mesmos com altos níveis de aproveitamento da iluminação natural, em algum período será necessário o uso da iluminação artificial, tanto por parte dos períodos noturnos ou por parte dos dias mais nublados fazendo com que a contribuição da iluminação natural fique abaixo dos níveis aceitáveis, é aí onde entra a questão do desenvolvimento de lâmpadas mais eficientes juntamente com os mais variados tipos de luminárias ajudam significativamente na redução dos recursos energéticos, pois além de servirem como suportes, as luminárias possuem componentes que tem o papel de proteger a lâmpada modificando o tipo de luz emitidas por elas, a exemplo dos difusores que evitam com que a luz seja emitida diretamente para os objetos e pessoas, e os refletores que servem como espelhos que refletem uma porção de luz que é emitida numa direção mais adequada.

### **2.5.3. Fatores Importantes para Iluminação**

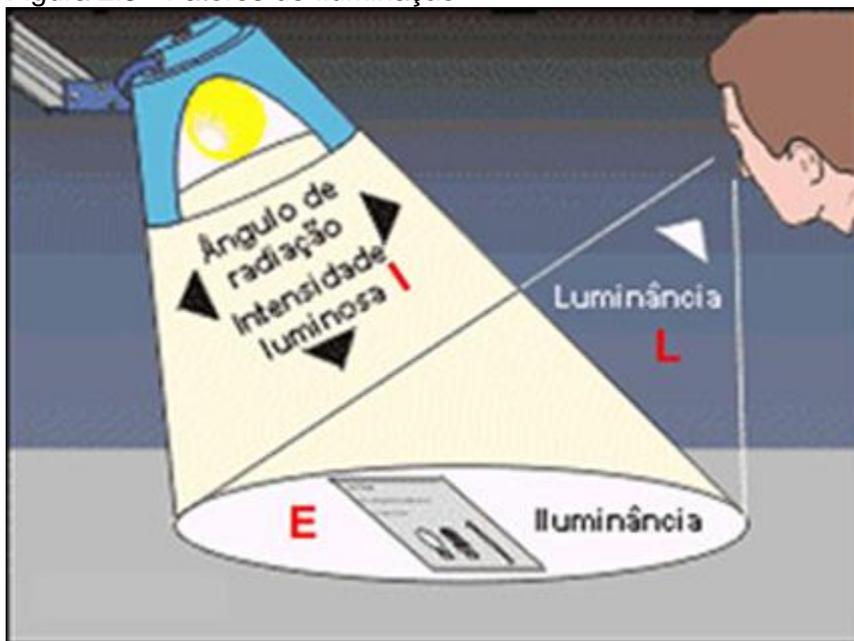
Para que a iluminação seja bem aproveitada, não basta que ela apenas tenha um baixo custo energético, existem alguns fatores que são de grande importância para que haja a melhor percepção visual possível como, o nível de iluminação, a luminância no campo de visão, ausência de reflexos indesejáveis mais conhecidos como encadeamento e a restituição de cor, por isso que a concepção dos sistemas

de iluminação precisa de um aprimorado conhecimento sobre os níveis de iluminação, das características dos níveis luminosos e da distribuição de luz no espaço, para isso se faz necessário conhecer e definir os níveis de grandeza (Tabela 2.1) que caracterizam o fluxo luminoso (Figura 2.3).

Tabela 2.1 – Grandezas, Símbolos e Unidades

Grandeza	Símbolo	Unidade (SI)
Energia Luminosa	$\text{Lm}\cdot\text{s}$	Lúmen segundo
Fluxo Luminoso	Lm	Lúmen
Intensidade Luminosa	$\text{Cd}=\text{lm}/\text{Sr}$	Candela
Iluminância	$\text{Lx}=\text{lm}/\text{m}^2$	Lux
Luminância	$\text{L}=\text{Cd}/\text{m}^2$	Candela/ $\text{m}^2$
Eficiência Luminosa	$\text{Lm}/\text{W}$	Lúmen/Watt

Figura 2.3 - Fatores de Iluminação



A seguir tem-se algumas definições de termos:

- **Fluxo Luminoso:** A potência de uma lâmpada é a quantidade de energia por ela consumida, onde apenas uma parte dessa energia é convertida em luz, ou seja, fluxo luminoso que pode ser dimensionado em Watts ou lúmen.

- **Intensidade Luminosa:** É caracterizado como o fluxo luminoso que é emitido em um uma direção em um ângulo sólido que emite uma radiação monocromática com intensidade energética de 1/683watt ou em Candela (Cd).
- **Iluminância:** É a relação existente entre a distância do emissor de luz e o objeto iluminado, onde a iluminância é a quantidade de fluxo luminoso que atinge a área de uma determinada superfície dimensionado pelo Lux ( lx) que corresponde a iluminação uniforme de uma superfície por um fluxo luminoso por metro quadrado.
- **Luminância:** É o brilho ou intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície, caracterizada pela relação existente entre a intensidade luminosa e a superfície aparente vista numa determinada direção, dimensionada por Luminância ( $L=Cd/m^2$ ).
- **Eficiência Luminosa:** Conhecida também por Rendimento Luminoso,é a relação existente entre o fluxo luminoso produzido e a potência elétrica consumida, ou seja, quanto maior o rendimento melhor será a lâmpada. Dimensionada por Lúmen por Watt (lm/W).

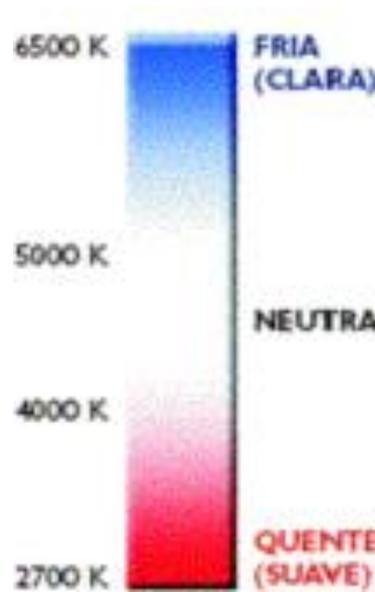
#### 2.5.4. Principais Características de uma Lâmpada

As lâmpadas possuem várias características, entre elas a Temperatura de Cor que é quem determina a aparência de luz emitida pela fonte luminosa medida em Kelvin (K), a cor da luz (Tabela 2.2 e Figura 2.4) depende da temperatura, quanto maior a temperatura mais clara será o tom de luz emitido pela fonte A referência feita as lâmpadas frias ou quentes não representa as características térmicas da lâmpada e sim a tonalidade na qual a mesma apresenta ao ambiente.

Tabela 2.2 – Temperatura da Cor

Temperatura de cor (K)	Classificação	Tonalidade
T <3 300	Quente	Branco Quente
3 300< T <5 300	Intermédia	Branco Neutro
T >5 300	Fria	Branco Frio

Figura 2.4 – Aparência da Cor



O Índice de Reprodução de Cor (IRC) visa quantificar de forma fiel as cores reproduzidas por uma fonte de luz e independe da sua temperatura de cor, ou seja, é a capacidade de uma fonte de luz em reproduzir as cores o mais perto da realidade, uma fonte de luz como o sol mostra todas as cores corretamente, e por isso tem um IRC = 100. Quanto menor for este valor, pior é a restituição de cores (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 –Nível do índice de reprodução de cor

<b>Nível</b>	<b>IRC</b>
<b>1 A</b>	90 – 100
<b>1 B</b>	80 – 89
<b>2 A</b>	70 – 79
<b>2 B</b>	60 – 69
<b>3</b>	40 – 59

### **2.5.5 Tipos de Lâmpadas**

#### **Lâmpadas Incandescentes**

Hoje em dia existem os mais variados tipos de lâmpadas que se adequem aos mais variados usos e localidades, porém existem aquelas que são mais

utilizadas por conta do seu baixo índice de consumo energético e também há aquelas que são utilizadas simplesmente pelo seu baixo custo de mercado.

As lâmpadas incandescentes (Figura 2.5) possuem características cromáticas bem próximas a restituição perfeita da cor, porém são capazes de produzir apenas luz quente (entre 2400K a 3100K) que equivale a luz natural captada ao pôr do sol e até uma hora depois proporcionando um fluxo de luz com uma cor confortável, além de serem baratas e de grande variedade no mercado. O tempo médio de vida de uma lâmpada incandescente é de aproximadamente 1000 horas sem que seja afetado pelo número de vezes na qual a mesma é acesa, porém tem um tempo de vida muito abaixo das alternativas existentes no mercado.

Figura 2.5 – Lâmpada Incandescente



Fonte:

As lâmpadas incandescentes possuem um feixe de luz difuso, ou seja, propaga a luz em todas as direções podendo ser acopladas em luminárias refletoras que impeçam que a dispersão da luz proporcionando sua distribuição mais dirigida de acordo com as necessidades exigidas. Um dos fatores que contribuem para seu amplo comércio é o fato de que esse tipo de lâmpada é encontrada em vários tamanhos e formatos, com baixo custo, por conta das características da luz emitida o que a faz ser bastante utilizada principalmente em residências mesmo possuindo uma baixa eficiência luminosa além de se situar entre 6 e 18 lm/W.

## Lâmpada de Halogênio

As lâmpadas de halogênio (Figura 2.6) que conseguem atingir temperaturas superiores a 3000K o que possibilitam um feixe de luz mais brilhante que reduz o volume da lâmpada aumentando sua durabilidade, oferecendo mais luz por uma até potência menor do que as incandescentes fazendo com que possuam uma vida útil prolongada que varia de 2000 horas a 4000 horas, são usadas geralmente em projetores para ambientes interiores e exteriores.

Figura 2.6 – Lâmpada de Halogênio

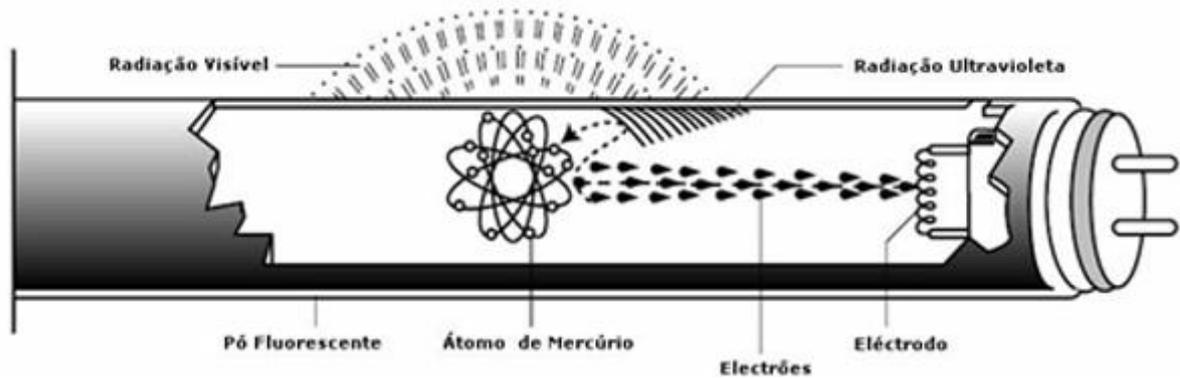


Fonte:

## Lâmpadas de Descarga

Outro tipo comumente encontrado são as lâmpadas de descarga onde ao sofrerem aquecimento recebem uma diferença de potencial no qual libera elétrons que formam um gás ou plasma que é capaz de conduzir eletricidade, a descarga elétrica necessária para garantir o funcionamento desse tipo de lâmpada é ativada por um arrancador e um balastro. As lâmpadas fluorescentes são um tipo de lâmpada de descarga, onde lhes são aplicadas uma tensão de rede e com a ajuda dos balastros eletrônicos faz com que a mesma trabalhe de uma maneira mais eficiente economizando assim mais energia e garantindo mais conforto e comodidade.

Figura 2.7 – Esquema de funcionamento de uma lâmpada fluorescente

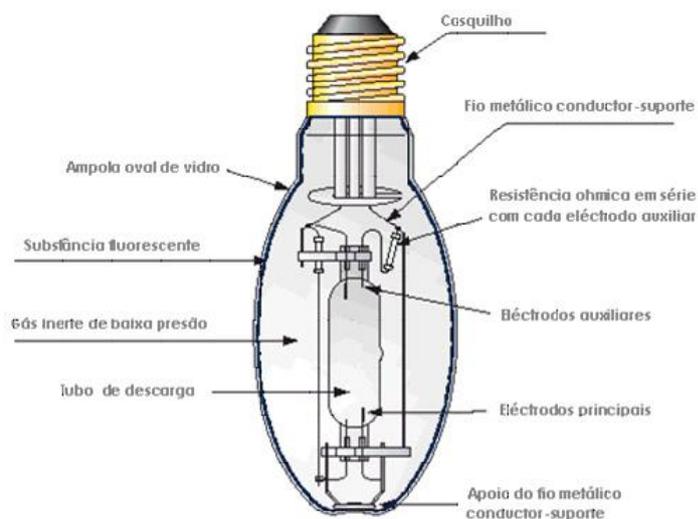


Fonte:

### Lâmpadas de vapor de mercúrio

As lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão têm uma luz caracterizada por falta de radiação vermelha as deixando com uma cor branca a azulada. Esse tipo apresenta uma eficiência luminosa que varia de 50 a 60 lm/W, considerada média, possui um vida útil de aproximadamente 9000 horas, mesmo assim possui um índice de restituição de cor baixo, sendo utilizada principalmente na iluminação de estradas, aeroportos e grandes espaços exteriores.

Figura 2.8 – Lâmpada de vapor de mercúrio

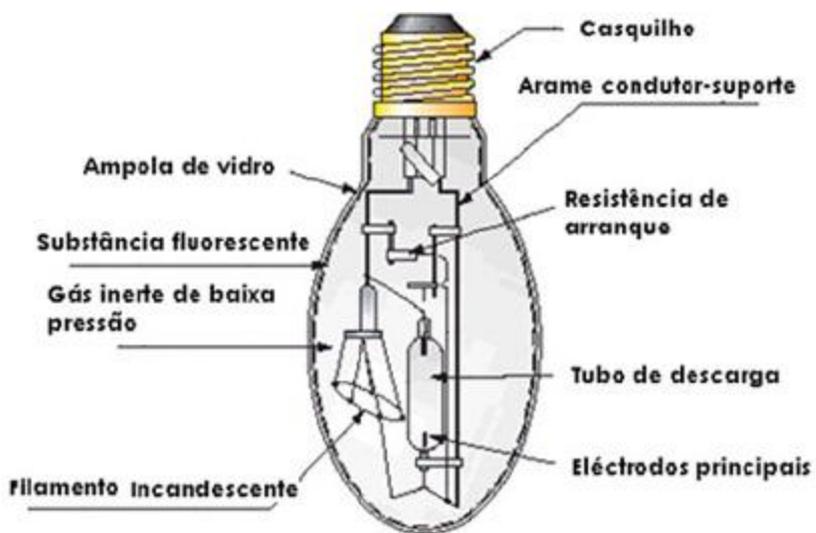


Fonte:

## Lâmpadas fluorescente compactas

Com a ajuda das novas tecnologias, com o passar do tempo as lâmpadas passaram por uma grande evolução, tanto que hoje tem-se uma enorme variedade com diversas formas e tamanhos, além de serem as mais eficientes possíveis as lâmpadas fluorescente compactas (Figura 2.9 e 2.10), funcionam em uma tensão de rede de 220v e são, via de regra, como alternativas de maior eficiência em relação as lâmpadas incandescentes, sendo utilizadas principalmente no interior dos ambientes.

Figura 2.9 – Lâmpada fluorescente compacta



Fonte:

Figura 2.10 – Tipos de lâmpada fluorescentes compactas.



Fonte:

A sua introdução no mercado tem vindo progressivamente a afirmar-se, constituindo uma alternativa, mais eficiente, relativamente às lâmpadas incandescentes, são mais econômicas, se considerarmos o seu período de vida útil, comparativamente com o das lâmpadas incandescentes. O fluxo luminoso das lâmpadas fluorescente compactas pretende igualar o das lâmpadas incandescentes, mas como a sua eficiência é quatro a cinco vezes maior a energia consumida é proporcionalmente mais baixa. A eficiência luminosa das fluorescentes compactas varia entre 35 a 80 lm/W, convertem cerca de 25% da energia que consomem em luz visível e por isso aquecem muito menos, sendo mais seguras quando em funcionamento. Outra vantagem quando comparadas com as lâmpadas incandescentes é o seu mais longo tempo de vida útil, entre as 5000 e as 25 000 horas. As lâmpadas fluorescentes compactas são lâmpadas fluorescentes miniaturizadas que se destinam a substituir as vulgares lâmpadas incandescentes. Relativamente àquelas, a sua duração varia em média oito vezes mais (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 – Eficiência Luminosa das lâmpadas fluorescente compactas.

Fonte de Luz	Eficiência Luminosa (lm/W)
Lâmpada com filamento de tungsténio de Edison	1,4
Lâmpada com filamento de tungsténio	15 – 20
Lâmpada de quartzo e halogéneo	20 – 25
LEDs de luz branca de alto brilho	40 – 85
Tubos fluorescentes e lâmpadas fluorescentes compactas	50 – 80
Lâmpada de vapor de mercúrio	50 – 60
Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão	100 – 140

As lâmpadas fluorescentes compactas são as opções mais eficientes para se substituir as lâmpadas incandescentes uma vez que seja feita de forma correta a troca de acordo com sua correspondência de potência (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 – Comparação entre Lâmpadas Incandescentes e Fluorescentes.

Lâmpadas Incandescentes	Lâmpadas Fluorescentes Compactas
40 W	9 W
60 W	11 W
75 W	15 W
100 W	20 W

Os mais variados tipos de lâmpadas possuem características econômicas e técnicas que variam de acordo com sua utilização (Tabela 2.6 e 2.7).

Tabela 2.6 – Características técnica das lâmpadas.

Características	Incandescentes		Fluorescentes	
	Clássica	Halogênio	Tubular	Compacta
Potência (W)	15 a 200	20 a 200	15 a 58	9 a 23
Eficiência luminosa (lm/W)	8 a 15	15 a 25	58 a 93	55 a 65
Duração (horas)	1000	2000	12000 a 18 000	6000 a 15 000
Índice de Restituição de Cor (IRC)	90 a 100	90 a 100	85 a 98	82 a 90

Tabela 2.7 – Características econômica das lâmpadas

Tipo de Lâmpada	Lúmens/W	Duração (horas)
100 W - Incandescente	14	1000
20 W (38 mm) - Fluorescente	36	9000
18 W (26 mm) - Fluorescente	50	9000
20 W - fluorescente compacta	60	8000
18 W - Sódio de baixa pressão	66	7000
250 W -sódio de alta pressão	96	12 000

Uma das tecnologias que faz com que se aumente a eficiência das lâmpadas é o uso do balastro eletrônico, além de aumentar a eficiência em termos de iluminação, o balastro, ajuda também na duplicação do tempo de vida o que reflete diretamente no consumo de energia, calor dissipado e nos custos de manutenção, proporciona uma maior quantidade de luz emitida pela sua fonte.

## LED

Dessa forma a utilização de novas tecnologias pode influenciar positivamente na economia de energia de um edifício. Em relação às novas tecnologias, pode-se destacar uma das mais inovadoras no setor de iluminação de qualquer tipo, o LED (Light Emitting Diode) é conhecida também como a luz no estado sólido, pois os emissores da fonte de luz do LED são semicondutores que emite uma luz visível que, virtualmente, não apresenta dissipação de calor e é muito resistente a choques físicos e vibrações, além de serem bastantes duráveis. Embora seja muito utilizado em vários tipos de aparelhos do uso cotidiano, o LED ainda pouco usado para iluminação no interior das edificações, mas espera-se que num futuro próximo esse tipo de fonte de luz substitua as fontes convencionais. O LED é um semicondutor que emite luz num determinado comprimento de onda quando percorrido pela corrente elétrica. Este efeito é uma forma de eletroluminescência. A cor da luz emitida depende da composição química da substância de que é feito o semicondutor e pode ter comprimentos de onda perto da banda do ultra-violeta, da luz visível ou dos infra-vermelhos. Os LED mais eficientes apresentam já eficiências de 50 lm/W, o que é quatro vezes mais do que as lâmpadas incandescentes (12 lm/W) e não muito distante das lâmpadas fluorescentes compactas. O objetivo da indústria visa atingir uma eficiência de 200 lm/W, a preços competitivos, até 2010. Os melhores LED de luz branca (LED de alto brilho ou HB-LED) têm um período de vida de 35 000 horas em funcionamento contínuo, enquanto uma lâmpada incandescente de 75 W dura aproximadamente 1000 horas e uma LFC dura entre 8 000 a 12 000 horas.

Figura 2.11 – LED



A tecnologia do LED possibilita uma redução significativa na redução no consumo energético, porém essa premissa vai de encontro com o alto custo de sua implantação, apesar disso o LED apresenta elevada eficiência luminosa em relação a produção de luz com a quantidade de energia utilizada para o mesmo, o retorno de cores do ambiente se dá em variadas tonalidades e combinações o que permite uma maior aproximação das condições naturais de iluminação, apresentam uma vida útil longa em relação as lâmpada incandescentes, o LED é composto por circuitos eletrônicos mais simples e não emitem calor, apresentam uma produção direta ou combinada de luz branca facilitando a iluminação do ambiente, assim podemos perceber que os impactos causados no meio são os menores possíveis, tanto por conta da sua variedade de cores existentes, por ocupar espaços reduzidos oferecendo as mesmas condições de iluminação e principalmente por conta da redução do consumo energético. Ao analisarmos o ciclo de vida da generalidade dos equipamentos dos eletrodomésticos que usualmente temos ao nosso dispor, verificamos que o maior impacto no ambiente é o que decorre da utilização dos recursos para a sua produção, do seu fabrico, do transporte e da deposição fim de vida. No caso das lâmpadas de baixa eficiência energética o maior impacto ambiental corresponde à fase de utilização, que pode corresponder até 95% do impacto global, dependendo do tipo de lâmpada que se utilizar.

### 3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido no edifício da Central Integrada de Aulas (CIA) localizado no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) em Campina Grande/PB (Figura 3.1). O projeto arquitetônico da edificação foi desenvolvido pelo Centro de Planejamento Oscar Niemeyer – CEPLAN/UnB (Figura 3.2), em agosto de 2009, e inauguração da edificação ocorreu no dia 06 de Agosto de 2012.

Figura 3.1 – Localização do edifício da Central Integrada de Aulas, Campus I da UEPB



Fonte:

Atualmente funciona na edificação o centro de Educação (CEDUC), como os cursos de História, Geografia, Pedagogia, Filosofia e Letras e o Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) como os cursos de Comunicação Social, Serviço Social, Administração e Ciências Contábeis soma mais de cinco mil alunos.

Figura 3.2 – Perspectiva da Central Integrada de Aulas (CIA) localizada no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



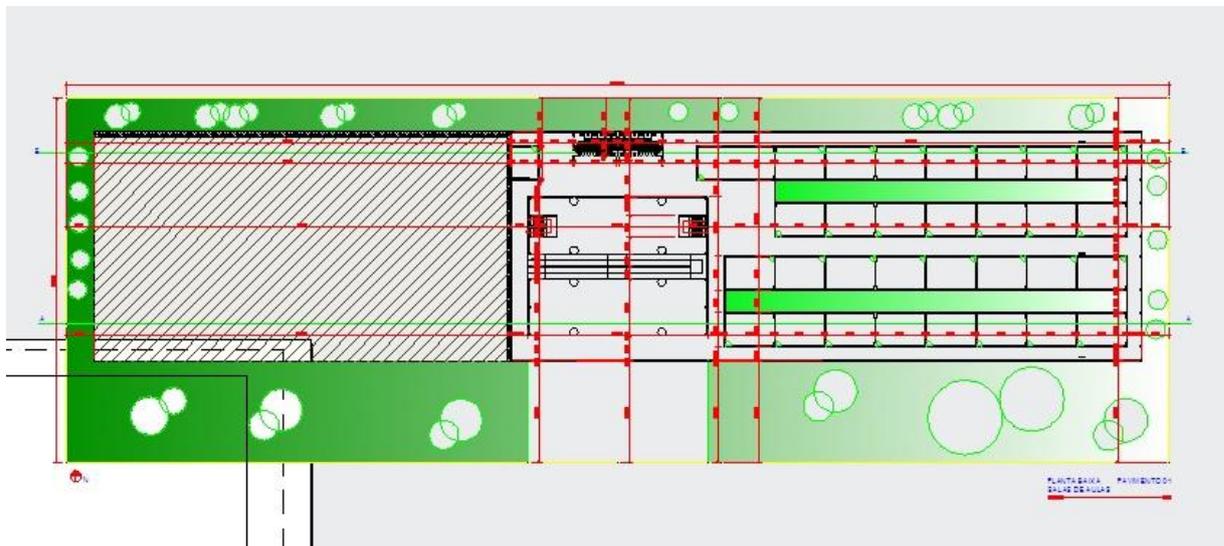
Fonte:UEPB

### 3.1 Descrição da edificação

O desenvolvimento do projeto arquitetônico foi em módulos, característica da arquitetura modernista, cujo objetivo foi agilizar a execução do mesmo. O edifício em estudo é composto por quatro pavimentos, sendo um térreo e três pavimentos tipo.

No pavimento térreo (Figura 3.3) está localizado, um hall de acesso com área de convivência e espaço para exposições.

Figura 3.3 – Planta baixa do pavimento térreo da Central de Aulas da UEPB.



Em cada um dos pavimentos tipo estão localizadas as coordenações, departamentos, sala de professor, salas de aula, laboratórios, auditório e biblioteca setorial. Totalizando cerca de 200 salas de aula, 3 bibliotecas e 3 auditórios.

A envoltória da edificação é composta por proteção solar horizontal e vertical em concreto aparente exercendo funções de controle da luz natural e ventilação da edificação, contribuindo para o conforto térmico do local. As paredes de vedação são em alvenaria de ½ vez revestida com reboco, massa acrílica e pintura branca.

### **3.2 Metodologia utilizada**

Inicialmente foi feita uma pesquisa na Prefeitura da UEPB para levantamento das plantas de arquitetura e demais projetos complementares, que foi disponibilizadas em AutoCad. Em seguida foram feitas várias visitas in loco para detectar possíveis divergências entre o projeto arquitetônico e o projeto executado pela Instituição.

Foram levantados dados de áreas, aberturas, luminosidade, os diagramas unifamiliares e plantas elétricas dos ambientes estudados, bem como os materiais empregados na envoltória, para verificação do atendimento ao Regulamento Técnico de Qualidade de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos.

## 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o edifício não foi construído dentro das bases especificadas, ou seja, com uma prévia obtenção do consumo desejado já em planta, não foi possível a obtenção da Densidade de Potência de Iluminação Instalada ( $DPL_i$ ) que seria um dos dados mais importantes para a avaliação da eficiência energética, assim sendo foi consultado o consumo durante um período de um ano, entre Outubro de 2012 a Outubro de 2013, de posse dos dados foram feitas as análises das atividades e caracterizadas de acordo com o descrito no Manual do RTQ-C e RAC-C. Para tanto, os objetivos específicos são: medições *in loco* da temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e iluminação dos ambientes analisados, análise de conforto ambiental pelo método de Fanger e por carta bioclimática de Givoni; análise da iluminância dos pontos medidos; avaliação da envoltória e do sistema de iluminação pelo método prescritivo do RTQ-C.

Para obter um sistema de eficiência energética de alto nível sabe-se que devem ser atendidos o maior número possível de pré-requisitos, a Tabela 4.1 apresenta os resultado dos cálculos dos pré-requisitos necessários para que cada nível atenda um valor específico de eficiência.

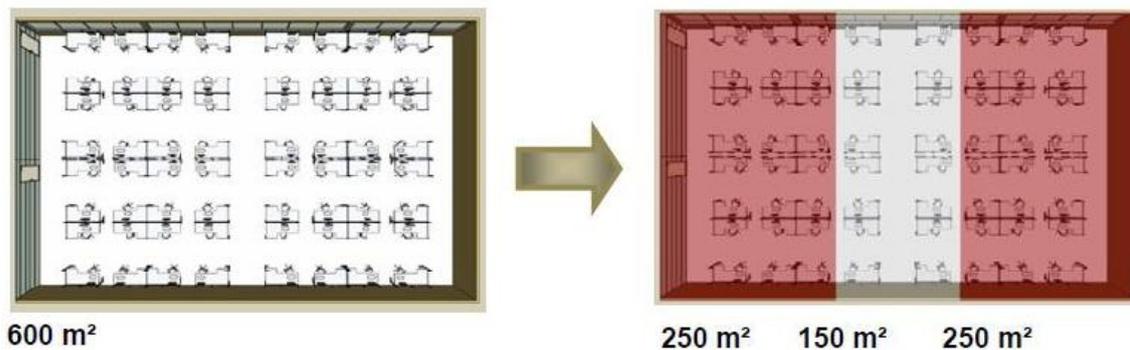
Tabela 4.1 - Pré-Requisitos para obtenção de eficiência energética

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
<b>Divisão De Circuitos</b>	X	X	X
<b>Contribuição de Luz Natural</b>	X	X	
<b>Desligamento Automático do Sistema de Iluminação</b>	X		

Um sistema de iluminação deve ser classificado com base no que está descrito nas normas e sempre deve atender o maior número possível de especificações respeitando os limites da potência instalada e os critérios de controle

de iluminação, dessa forma cada edifício é avaliado e classificado e dessa forma lhe é atribuído o nível de eficiência e posteriormente uma etiqueta.

- Nível A – O sistema de iluminação deve atender às especificações descritas nos itens 9.1, 9.2 e 9.3;



- Nível B – O sistema de iluminação deve atender às especificações descritas nos itens 9.1 e 9.2;
- Nível C – O sistema de iluminação deve atender às especificações descritas no item 9.1.

Cada Ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir no mínimo um dispositivo de controle manual para acionar independentemente a iluminação interna que seja de fácil acesso e localizada onde possa ser visto o controle de toda iluminação, caso não se possa ver a área abrangida deve-se conter um mapa informando qual a abrangência do controle manual. Por segurança dos locais públicos os funcionários poderão ter o controle manual em seu local de acesso.

Para áreas superiores a 250m<sup>2</sup> cada dispositivo deve controlar:

- 250m<sup>2</sup> para ambientes ≤ 1000m<sup>2</sup>
- 1000m<sup>2</sup> para ambientes > 1000m<sup>2</sup>

## **Contribuição da Luz Natural**

Ambientes com aberturas voltadas para ambientes externos, átrios não cobertos ou coberturas translúcidas e que contenham uma fileira de luminárias paralelas às aberturas devem possuir controle manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima a abertura para o melhor aproveitamento da luz natural.

## **Desligamento Automático do Sistema de Iluminação**

Ambientes com áreas superiores a 250m<sup>2</sup> deveram possuir um sistema de desligamento automático

- Em um horário pré-determinado com uma programação independente para áreas  $\leq 2500\text{m}^2$ ;
- Sensor de presença que desligue a iluminação em 30min depois da saída dos ocupantes;
- Um sinal ou controle que indique que a área está desocupada.
- Exceções – Locais de funcionamento 24h, tratamento ou repouso de pacientes, onde falta iluminação e ofereça risco aos usuários

### **4.1 Procedimentos para a Determinação da Eficiência Energética**

A determinação dos níveis de eficiência foi feita estabelecendo o limite da potência de iluminação por m<sup>2</sup> do edifício através de dois métodos.

- Método da Área do Edifício
- Método das Atividades do Edifício

Foram excluídos desses cálculos os sistemas complementares a iluminação geral com controle independente nos seguintes casos:

- 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 bem cultural tombado, de acordo com o IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional ou outros órgãos municipais ou estaduais de competência análoga;
- Iluminação totalmente voltada à propaganda ou à 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.

## 4.2 Método da Área do Edifício

Para avaliar de forma conjunta todos os ambientes do edifício atribuindo um único valor limite para avaliar o sistema sendo utilizado somente para edifícios com até três atividades principais ou para atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício. Essa avaliação é feita da seguinte forma:

- Identificar a atividade principal do edifício, de acordo com a Figura 12, e a densidade de potência de iluminação limite ( $DPI_L - W/m^2$ ) para cada nível de eficiência;

Obs.: Para edifícios com atividades não listadas deve-se escolher uma atividade equivalente.

- Determinar a área iluminada do edifício
- Multiplicar a área iluminada pela  $DPI_L$ , para encontrar a potência limite do edifício;
- Quando o edifício for caracterizado por até três atividades principais determina-se a densidade de potência de iluminação limite ( $DPI_L$ ) 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;

Obs.: a verificação do nível de eficiência será feita através da potência total instalada no edifício, e não por atividade.

- Comparar 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 deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes;
- Se existirem ambientes que não 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 potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.

Figura 4.2 – Limite Máximo Aceitável de Densidade de Potência de Iluminação (DPI<sub>L</sub>) para o Nível de Eficiência Pretendido – Método da Área do Edifício.

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (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

### 4.3. Método das Atividades do Edifício

Esse método avalia de separadamente os ambientes do edifício e deve ser utilizado nos edifícios em que o Método da Área do Edifício não é aplicável e é feita da seguinte forma:

- Identificar adequadamente as atividades encontradas no edifício, de acordo com a bibliografia (Figuras 15, 16 e 17);
- Consultar a densidade de potência de iluminação limite (DPIL – W/m<sup>2</sup>) para cada nível de eficiência para cada uma das atividades, (Figuras 15, 16 e 17)

Obs.: Para atividades não listadas deve-se escolher uma atividade equivalente.

- Multiplicar a área iluminada de cada atividade pela DPIL, para encontrar a potência limite para cada atividade. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites das atividades;
- Calcular a potência instalada no edifício e compará-la com a potência limite do edifício, identificando o EqNum (equivalente numérico) do sistema de iluminação;
- Se existirem ambientes que não 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 potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.

Obs.: Opcionalmente, ambientes que possuam o índice de ambiente (K) menor que o definido (nas Figuras 15, 16 e 17), ou Room Cavity Ratio (RCR) maior que os descritos (Figuras 15, 16 e 17) podem ter um aumento em 20% na densidade de potência de iluminação limite (DPIL). Este aumento de potência poderá ser utilizado apenas por este ambiente, que deve ser avaliado individualmente, não sendo computado na potência limite para o edifício.

$$K = \frac{A_t + A_{pt}}{A_p}$$

K: Índice Ambiental (Adimensional)

A<sub>t</sub>: área do Teto (m<sup>2</sup>)

A<sub>pt</sub>: Área do Plano de Trabalho

A<sub>p</sub>: Área da Parede Entre o Plano Iluminante e Plano de Trabalho (m<sup>2</sup>)

$$RCR = \frac{2,5 \times H_p \times P}{A}$$

RCR: Rom Cavity Ratio (adimensional)

H<sub>p</sub>: Altura da Parede – considerada a altura entre o plano iluminante e o plano de trabalho (m<sup>2</sup>)

P: Perímetro do Ambiente (m<sup>2</sup>)  
 A: Área do Ambiente (m<sup>2</sup>)

OBS: Quando existirem ambientes que utilizem este recurso (K/RCR), o EqNum será encontrado através da ponderação dos equivalentes numéricos destes ambientes e do edifício por suas potências.

Figura 4.3 – Limite Máximo Aceitável de Densidade de Potência de Iluminação (DPI<sub>L</sub>) para o Nível de Eficiência Pretendido – Método das Atividades do Edifício, Parte 2.

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI <sub>L</sub> Nível A (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Nível B (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Nível C (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Nível D (W/m <sup>2</sup> )
	K	RCR				
<b>Armazém, Atacado</b>						
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
<b>Átrio - por metro de altura</b>						
até 12,20 m de altura	-		0,30 <sup>1</sup>	0,36 <sup>1</sup>	0,42 <sup>1</sup>	0,48 <sup>1</sup>
acima de 12,20 m de altura	-		0,20 <sup>1</sup>	0,24 <sup>1</sup>	0,28 <sup>1</sup>	0,32 <sup>1</sup>
<b>Auditórios e Anfiteatros</b>						
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
<b>Banco/Escritório - Área de atividades bancárias</b>	0,80	6	14,90	17,88	20,86	23,84
<b>Banheiros</b>	0,60	8	5,00	6,00	7,00	8,00
<b>Biblioteca</b>						
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
<b>Casa de Máquinas</b>	0,80	6	6,00	7,20	8,40	9,60
<b>Centro de Convenções - Espaço de exposições</b>	1,20	6	15,60	18,72	21,84	24,96
<b>Circulação</b>	<2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
<b>Comércio</b>						
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
<b>Cozinhas</b>	0,80	6	10,70	12,84	14,98	17,12
<b>Depósitos</b>	0,80	6	5,00	6,00	7,0	8,00
<b>Dormitórios – Alojamentos</b>	0,60	8	4,10	4,92	5,74	6,56
<b>Escadas</b>	0,60	10	7,40	8,88	10,36	11,84
<b>Escritório</b>	0,60	8	11,90	14,28	16,66	19,04
<b>Escritório – Planta livre</b>	1,20	4	10,50	12,60	14,70	16,80
<b>Garagem</b>	1,20	4	2,00	2,40	2,80	3,20

Figura 4.4 – Limite Máximo Aceitável de Densidade de Potência de Iluminação ( $DPI_L$ ) para o Nível de Eficiência Pretendido – Método das Atividades do Edifício, Parte 3.

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				
<b>Ginásio/Academia</b>						
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 <sup>2</sup>	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Quadra de esportes – classe 3 <sup>3</sup>	1,20	4	12,90	15,48	18,06	20,64
Quadra de esportes – classe 2 <sup>4</sup>	1,20	4	20,70	24,84	28,98	33,12
Quadra de esportes – classe 1 <sup>5</sup>	1,20	4	32,40	38,88	45,36	51,84
<b>Hall de Entrada- Vestíbulo</b>						
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
<b>Hospital</b>						
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
<b>Igreja, templo</b>						
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
<b>Laboratórios</b>						
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
<b>Lavanderia</b>						
	1,20	4	6,50	7,80	9,10	10,40
<b>Museu</b>						
Restauração	0,80	6	11,00	13,20	15,40	17,60
Sala de exibição	0,80	6	11,30	13,56	15,82	18,08

Figura 4.5 – Limite Máximo Aceitável de Densidade de Potência de Iluminação ( $DPI_L$ ) para o Nível de Eficiência Pretendido – Método das Atividades do Edifício, Parte 4.

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/Café	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

#### 4.4 Equivalente Numérico (EqNum)

Para que seja feita a classificação geral do índice de eficiência energética de um edifício as avaliações parciais recebem uma classificação onde um número de pontos corresponde à determinada eficiência que lhe é atribuída um número de acordo com a Tabela 4.6:

Tabela 4.6 – Equivalente Numérico

<b>A</b>	<b>1</b>
<b>B</b>	<b>2</b>
<b>C</b>	<b>3</b>
<b>D</b>	<b>4</b>
<b>E</b>	<b>5</b>

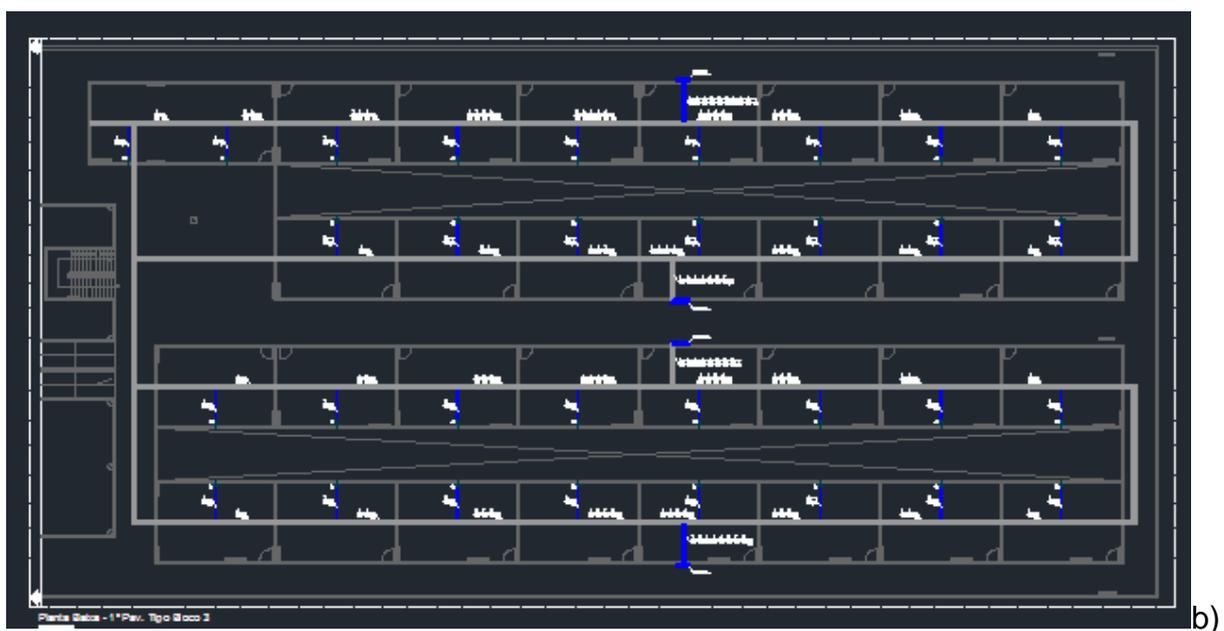
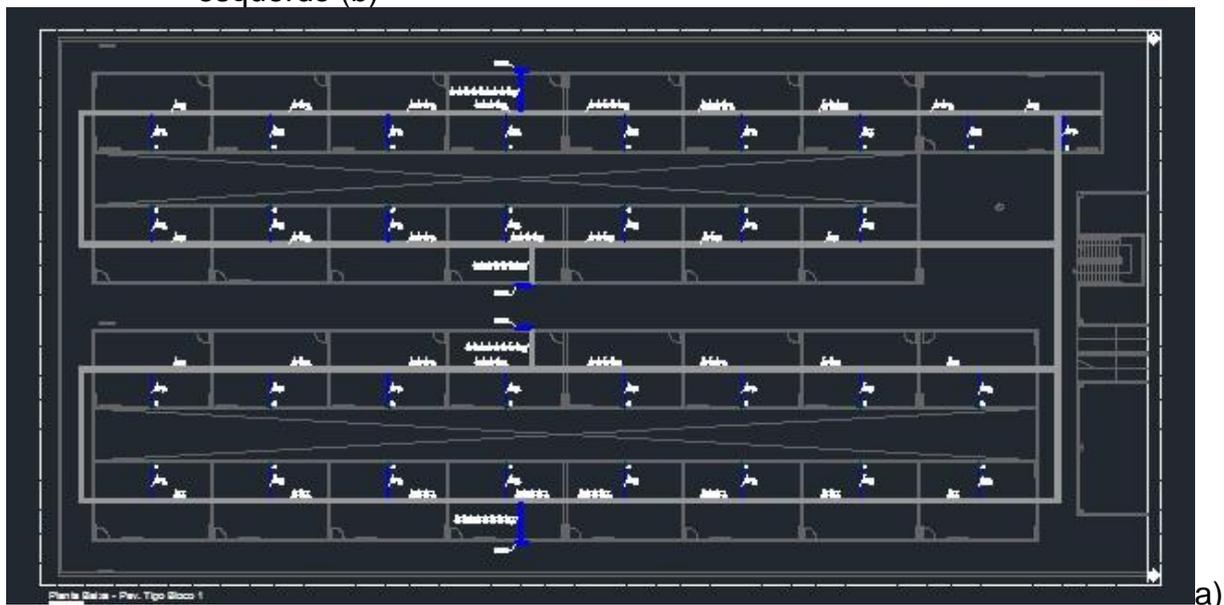
No caso de edifícios que possuem áreas não condicionadas, para as áreas de permanência prolongada, tais como lojas, escritórios, áreas de trabalho, é obrigatório comprovar por simulação que o ambiente interno proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas. Edifícios totalmente ventilados naturalmente podem receber a ENCE Geral, desde que se comprove que os ambientes atendem às temperaturas de conforto.

Para a análise de todo o sistema de iluminação foram considerados como objeto de estudo os três pavimentos onde se encontram as atividades principais, no caso, as salas de aula, os escritórios e as bibliotecas por serem os locais que de uso freqüente e na maior parte do tempo. Como foi dito anteriormente por conta de não ser um edificio projetado para uma etiquetagem prévia não se pode obter um dos dados mais importantes para o projeto que é a  $DPI_i$ , mesmo assim não foi considerado um problema devido o fato de terem-se os dados do consumo mensal durante o período de um ano:

Tabela 4.7 – Consumo de energia mensal da Central de Aulas

<b>Meses</b>	<b>Consumo (kW/mês)</b>
<b>Out/2012</b>	106,6
<b>Nov/2012</b>	108,9
<b>Dez/2012</b>	108,9
<b>Jan/2013</b>	24,6
<b>Fev/2013</b>	95,9
<b>Mar/2013</b>	23,0
<b>Abr/2013</b>	15,6
<b>Mai/2013</b>	100,9
<b>Jun/2013</b>	107,4
<b>Jul/2013</b>	107,4
<b>Ago/2013</b>	110,7
<b>Set/2013</b>	105,8
<b>Out/2013</b>	110,7

Figura 4.1 – Pavimento Elétrico da Central de Aulas da UEPB: Lado direito (a) e Lado esquerdo (b)



Uma vez que a falta de um dado relevante é prejudicial à continuação de uma pesquisa, procuram-se outros métodos que possam obter os mesmos resultados e que não se diferencie do proposto na metodologia de uma forma que não impacte de forma negativa no resultado final, dessa maneira foi usa do outro método para avaliar a eficiência energética do edifício e assim etiquetá-lo da maneira correta, por não termos a  $DPI_1$  do prédio em questão usou-se o maior valor

do consumo mensal encontrado em um intervalo de tempo de um ano e dividiu-se pela área total dos pavimentos analisados:

$$N_E = C \div A_T$$

$N_E$  – Nível de Eficiência

$A_T$  –Área Total

C – Consumo

Dessa forma se chegou ao seguinte resultado:

$$N_E = 110,7\text{kW} \div 24021,9\text{m}^2 = 4,6\text{W/m}^2$$

Como o resultado final é a soma dos três pavimentos onde se concentram as atividades, podemos chegar à conclusão que o nível de eficiência energético é de:

$$N_E = 4,6\text{W/m}^2 \times 3 = 13,8\text{W/m}^2$$

Dessa forma podemos concluir que de acordo com a tabela o nível de eficiência obtido é o Nível C, por estar enquadrado como uma Universidade e seu EqNum é o 3 na escala de equivalências numéricas.

## 5.0 CONCLUSÃO

A caracterização da eficiência energética da Central de Aulas é importante para a comunidade estudantil, para a instituição e para o meio ambiente, uma vez que avalia todo o sistema de iluminação, com a finalidade de reduzir os gastos com eletricidade e adequar dentro dos padrões do Programa PROCEL Edifica todo o edifício.

Deve-se fazer o máximo possível para que seja atingido o melhor nível de eficiência energética, mas que esteja sempre dentro das realidades estruturais do empreendimento.

A edificação em estudo atingiu o Nível C de eficiência, sendo necessário algumas modificações de caráter estrutural podem ser aplicadas de modo a melhorar o nível de eficiência.

## BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, C. N. D. **Diagrama Morfológico: instrumento de análise e projeto ambiental com uso de luz natural**. Paranoá – Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, nº 3. Programa de Pesquisa e Pós Graduação, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001a.
- BRASIL. **Decreto n. 4.059, 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. Brasília, DF, 2001b.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Educação e da Cultura. **Consumo Sustentável: Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/IDEC, 2005.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 53, de 27 de fevereiro de 2009**. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009a.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 163, de 08 de junho de 2009**. Aprova a revisão do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009b.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 185, de 22 de junho de 2009**. Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009c.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010**. Aprova a revisão dos Requisitos Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ). Rio de Janeiro, 2010a.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 395, de 11 de outubro de 2010**. Aprova a revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 449, de 25 de novembro de 2010.** Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2010c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 17, de 16 de janeiro de 2012.** Aprova retificações nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2012a.

CABRAL. L. M. M. (Coord.). **Procel: 20 anos.** Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2006.

FERNANDES, J. T. **Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações.** In: Texto adaptado do capítulo “Conforto e Eficiência Energética” (Claudia Amorim e Júlia Fernandes) do livro Tecnologia e Sustentabilidade para a Humanização dos Edifícios de Saúde, UnB, 2010.

FERREIRA, F. C. C.; LOPES JÚNIOR, L. P. **A Proposta de uma casa auto-sustentável com uso de tecnologias eco-eficientes.** Brasília: Editora Senado, 2008.

LAMBERTS, R. **Eficiência Energética e Mudanças Climáticas.** Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LAMBERTS, R; CARLO, J. C. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem de eficiência energética de edifícios – parte 1: método presuntivo. **Ambiente construído.** Porto Alegre, v.10, n.2, p.7-26, 2010.

SIGNOR, R.; WESTPHAL, F.; LAMBERTS, R (2001). **Regression analysis of electric energy consumption and architectural variables of conditioned commercial buildings in 14 Brazilian cities.** In: Seventh International IBPSA Conference, Building Simulation 2001, Proceedings... Rio de Janeiro: IBPSA, 2001. pp.1373-1379