



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB**  
**CAMPUS VIII – PROFESSORA MARIA DA PENHA – ARARUNA/PB**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MANOEL LEANDRO ARAUJO E FARIAS**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO NOVO BLOCO DO CAMPUS VIII**  
**DA UEPB – ARARUNA-PB**

**ARARUNA - PB**

**2017**

**MANOEL LEANDRO ARAUJO E FARIAS**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO NOVO BLOCO DO CAMPUS VIII  
DA UEPB – ARARUNA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Eficiência Energética.

**Orientador:** Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos.

**Coorientador:** Prof. Dr. Cláudio Pereira da Costa.

**ARARUNA - PB**

**2017**

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.

F224a Farias, Manoel Leandro Araujo e  
Análise da eficiência energética do novo bloco do Campus  
VIII da UEPB – Araruna-PB [manuscrito] / Manoel Leandro  
Araujo e Farias. - 2017.  
48 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
ENGENHARIA CIVIL) - Universidade Estadual da Paraíba,  
Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação: Prof.Dr. Laércio Leal dos Santos, Departamento  
de Engenharia Civil".

"Co-Orientação: Prof. Me. Cláudio Pereira da Costa,  
Departamento de Engenharia Elétrica e Computação".

1. Envoltória. 2. Eficiência Energética. 3. RTQ-C. I. Título.

21. ed. CDD 720.472

MANOEL LEANDRO ARAUJO E FARIAS

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO NOVO BLOCO DO CAMPUS VIII  
DA UEPB – ARARUNA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Eficiência Energética.

Aprovada em: 20/07/2017

**BANCA EXAMINADORA**

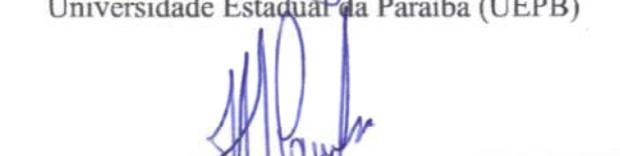


Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Prof. Dr. Joao Hugo Baracuy da Cunha Campos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus, por intercessão da Santa Maria Mãe de Deus, Nossa Senhora Aparecida, todos os Santos e Anjos. Amém. A minha família, minha namorada, meus amigos, professores e a todos, sem exceção, que contribuíram com essa vitória, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por intercessão da Santa Maria Mãe de Deus, Nossa Senhora Aparecida, todos os Santos e Anjos, por toda a coragem, fé, bênçãos e graças alcançadas. Amém.

Aos meus pais Francisco Farias da Nóbrega e Maria de Fátima Araújo Cavalcante e Farias, por todos os ensinamentos e apoio nessa caminhada.

A minha irmã Fernanda Araújo e Farias, por todo companheirismo e força ao longo desses anos.

As minhas tias Vanuzia Araújo da Silva e Clara Valdete Araújo da Silva, por toda confiança depositada em mim.

A minha namorada Thayse Gonzaga Gomes, por todo o auxílio e confiança nessa jornada.

Aos meus amigos de Pombal, Araruna e graduação, por todos os momentos de amizade e apoio.

A dona Gercilda, por todo o afeto e ajuda prestada.

Aos meus professores, em especial Laercio Leal dos Santos e Cláudio Pereira da Costa, por terem me recebido como orientador e coorientador, respectivamente.

Aos professores Daniel Baracuy da Cunha Campos e Joao Hugo Baracuy da Cunha Campos, por terem aceitados participar da banca examinadora.

Aos demais professores, por todos os ensinamentos e conselhos dados nesses cinco anos de graduação.

Aos funcionários do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos familiares e a todos, sem exceção, que participaram e contribuíram com essa vitória.

“DEUS CONOSCO”

Mateus 1:23

## RESUMO

Nos últimos anos, a preocupação com os recursos energéticos tem se tornado muito comum, devido principalmente aos altos custos de produção, má distribuição e ao uso exacerbado por parte dos usuários, como também por parte das edificações públicas que arcam com gastos exorbitantes, tendo em vista o seu funcionamento durante todo o dia e as vezes durante os turnos noturnos. Diante dessa problemática, técnicas de engenharia e arquitetura bioclimática vêm sendo estudadas com o objetivo de especificar as falhas nos processos de construção que possam estar propiciando tais consumos elevados, bem como buscar meios para minimiza-los. Nessa situação, em 2009 foi desenvolvido pelo INMETRO o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), que contém as diretrizes que devem ser seguidas para a elaboração de projetos com classificação nível “A” de eficiência energética. Diante disso, essa proposta de trabalho tem como objetivo analisar o desempenho energético da envoltória do novo bloco do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba por meio do método prescritivo descrito no RTQ-C. O estudo foi dividido em duas etapas. A primeira etapa foi a determinação do índice de consumo da envoltória ( $IC_{env}$ ), no qual o foi calculado com dados colhidos *in loco* e com o auxílio dos softwares Excel e AutoCAD na observação de projetos e memoriais. Nessa fase obteve-se uma classificação nível “A” de eficiência, o que mostra o bom conforto térmico proporcionado pela envoltória. Entretanto, na segunda e decisiva etapa, foi-se realizado o comparativo entre pré-requisitos prescritos no RTQ-C – transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital – e os encontrados na edificação. Nessa fase obteve-se classificação nível “D” de eficiência devido, principalmente, a presença da película fumê nos vidros das esquadrias o que impossibilita consideravelmente a incidência de luz solar no interior da edificação, diminuindo demasiadamente o Fator Solar (FS). Como resultado, pode-se dizer que, como os pré-requisitos possuem soberania na classificação final, o novo bloco do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) possui classificação da envoltória nível “D”, necessitando, assim, implementar técnicas eficientes no intuito de elevar o nível ao mais próximo do “A”.

**Palavras-Chave:** Envoltória. Eficiência Energética. RTQ-C.

## ABSTRACT

In the last years, the concern about energy resources has become very common, mainly due to high production costs, poor distribution and exacerbated use by users, as well as by public buildings that carry exorbitant expenditures, taking into account its operation all day and sometimes during night shifts. Faced with this problem, engineering techniques and bioclimatic architecture have been studied with the aim of specifying the failures in the construction processes that may be conducive to such high consumption, as well as seek means to minimize them. In this situation, in 2009 was developed by INMETRO, the Technical Regulation of the Quality for the Energy Efficiency Level of Commercial, Services and Public Buildings (TRQ-C), which contains the guidelines that must be followed for the elaboration of projects with level "A" classification of energy efficiency. Therefore, this work proposal aims to analyze the energetic performance of the envelopment of the new block of Campus VIII of the State University of Paraíba by means of the prescriptive method described in TRQ-C. The study was divided into two stages. The first step was the determination of the envelope consumption index ( $IC_{env}$ ), in which it was calculated with data collected *in loco* and with the aid of Excel and AutoCAD softwares in the observation of projects and memorials. In this phase an efficiency level classification "A" was obtained, which shows the good thermal comfort provided by the envelope. However, in the second and decisive stage, a comparison was made between the prerequisites prescribed in the TRQ-C - thermal transmittance of the roof and exterior walls, color and surface abstraction and zenith lighting - and those found in the edification. In this phase, the "D" level of efficiency was obtained due mainly to the presence of the smoked pellicle in the windows' frames, which makes it impossible for the solar light to be considerably reduced in the interior of the building, reducing too much Solar Factor (SF). As a result, it can be said that since the prerequisites have sovereignty in the final classification, the new block of Campus VIII of the State University of Paraíba (UEPB) has a classification of the "D" level envelope, thus requiring efficient techniques in order to raise the level to the nearest "A".

**Keywords:** Envelopment. Energetic Efficiency. TRQ-C.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Caracterização geopolítica, econômica e demográfica do Brasil .....	17
Figura 2 - Oferta interna de energia mundial (a) e no Brasil (b).....	18
Figura 3 - Estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil.....	19
Figura 4 - Consumo final de energia por setor .....	20
Figura 5 - Principais Políticas de Eficiência Energética no Brasil .....	21
Figura 6 - Pesos dos requisitos para avaliação do nível de eficiência em edificações .....	26
Figura 7 - ENCE geral de projeto e edificação construída .....	28
Figura 8 - ENCE parciais de projeto .....	29
Figura 9 - Localização da edificação estudada.....	30
Figura 10 - Fachada Leste .....	31
Figura 11 - Fachada Oeste .....	31
Figura 12 - Fachada Norte .....	32
Figura 13 - Fachada Sul.....	32
Figura 14 - Zoneamento bioclimático brasileiro .....	33
Figura 15 - Fluxograma com os passos para escolha da equação de IC.....	34
Figura 16 - ENCE da envoltória da edificação.....	42

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Resultado do índice de consumo da envoltória.....	41
Quadro 2 - Resultado da avaliação dos pré-requisitos da envoltória .....	41
Tabela 1 - Regulamentação da “Lei de Eficiência Energética”.....	24
Tabela 2 - Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência .....	27
Tabela 3 - Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral .....	29
Tabela 4 - Parâmetros de índice de consumo máximo ( $IC_{máxD}$ ).....	35
Tabela 5 - Parâmetros de índice de consumo mínimo ( $IC_{mín}$ ).....	35
Tabela 6 - Limites dos intervalos dos índices de eficiência .....	36
Tabela 7 - Síntese dos pré-requisitos da envoltória.....	36
Tabela 8 - Transmitância térmica máxima da cobertura .....	37
Tabela 9 - Transmitância térmica máxima das paredes exteriores.....	37
Tabela 10 - Transmitância térmica e capacidade térmica.....	38
Tabela 11 - Absortância ( $\alpha$ ).....	39
Tabela 12 - Cálculo do $IC_{env}$ .....	40
Tabela 13 - Índice de consumo máximo ( $IC_{máxD}$ ) .....	40
Tabela 14 - Índice de consumo mínimo ( $IC_{mín}$ ) .....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$A_{abertura}$	Área de abertura
AHS	Abertura Horizontal de Sombreamento
AVS	Abertura Vertical de Sombreamento
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
$A_{env}$	Área da Envoltória
$A_{pcob}$	Área de Projeção da Cobertura
$A_{pe}$	Área de Projeção da Edificação
$A_{tot}$	Área Total
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EqNum	Equivalente Numérico
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
FA	Fator de Altura
FF	Fator de Forma
FS	Fator Solar
GWh	Gigawatt-Hora
$IC_{env}$	Índice de Consumo da Envoltória
$IC_{máxD}$	Índice de Consumo Máximo
$IC_{mín}$	Índice de Consumo Mínimo
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MME	Ministério de Minas e Energia
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
PB	Paraíba
$PAF_T$	Percentual de Abertura na Fachada total
PAZ	Percentual de Abertura Zenital
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PNE	Plano Nacional de Energia
PIB	Produto Interno Bruto

PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
CONPET	Programa Nacional para Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural
ROL	Receita Operacional Líquida
RAC-C	Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
TWh	Terawatt-hora
$U_{cob}$	Transmitância térmica da cobertura
$U_{par}$	Transmitância térmica das paredes externas
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFPR	Universidade Federal do Paraná
$V_{tot}$	Volume Total
ZB	Zona Bioclimática

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
2.1. OBJETIVO GERAL .....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	16
3.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	16
3.2. ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	17
3.3. POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL .....	20
3.3.1. Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).....	21
3.3.2. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) .....	22
3.3.3. Programa Nacional para Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET).....	22
3.3.4. Lei 9.991/2000.....	23
3.3.5. Lei 10.295/2001 (“Lei de Eficiência Energética”) .....	23
3.3.6. Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) .....	24
3.3.7. Portaria Interministerial nº 1.007/2010 (MME, MCTI, MDIC) .....	25
3.3.8. Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) .....	25
3.4. RTQ-C E RAC-C.....	25
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	30
4.1. EDIFICAÇÃO ESTUDADA.....	30
4.2. CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA.....	33
4.2.1. Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores.....	37
4.2.2. Cores e absorvância de superfícies.....	37
4.2.3. Iluminação zenital.....	37
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
5.1. DADOS DA EDIFICAÇÃO.....	38
5.2. ETIQUETAGEM PARCIAL DA ENVOLTÓRIA .....	39
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	43
<b>7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	43
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	44

## 1. INTRODUÇÃO

A energia é um recurso indispensável para o sustento e desenvolvimento da sociedade. Dentre os diversos tipos de energia, a elétrica é a mais utilizada no mundo devido a sua facilidade de geração e transmissão. A mesma, é produzida através de métodos diversos que na maioria dos casos utilizam matéria-prima não renovável, além de processos que agredem o meio ambiente.

Os avanços tecnológicos em geração, transmissão e uso final de energia, permitiram que ela chegasse aos mais isolados locais do planeta, entretanto cerca de um terço da população mundial não tem acesso a esse recurso, e uma parcela considerável é atendida de forma bastante precária. No panorama nacional a situação é menos crítica, porém muito preocupante. Apesar da grande extensão territorial do país e da abundância de recursos energéticos, há uma enorme diversidade regional e forte concentração de pessoas e atividades econômicas em regiões com sérios problemas de suprimento energético. Como indicado pelo último censo demográfico, mais de 80% da população brasileira vive na zona urbana. A grande maioria desse contingente vive na periferia dos grandes centros urbanos, onde as condições de infraestrutura são altamente deficitárias (ANEEL, 2009).

No Brasil, a energia elétrica é produzida principalmente nas usinas hidroelétricas, sendo utilizado o grande potencial energético da água, existindo ainda as usinas eólicas, termoelétricas, solares e nucleares, na qual a energia é produzida em menor escala. A energia produzida através de águas, do sol e do vento são consideradas energias limpas, por produzirem baixa quantidade de poluentes, além de serem renováveis (DIAS e DA SILVA, 2010).

A crise econômica de meados da década de 1970 levou o mundo ao questionamento quanto à escassez dos recursos naturais e a necessidade de utilização racional da energia buscando eliminar os desperdícios, com o máximo desempenho e o menor custo possível. A partir dessa época deu-se o desenvolvimento de diversas iniciativas na busca pela redução do consumo energético e consequente investimento em programas de energia renovável (ROAF, et al., 2009).

Diante disso, no Brasil, para definir estratégias e conscientizar a sociedade quanto ao uso eficiente e responsável de energia elétrica, em 1985 o Governo Federal, por intermédio do Ministério de Minas e Energia, criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, cuja Secretaria Executiva é exercida pela Eletrobrás. Já em 1993, em colaboração com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO), foi lançado o selo PROCEL

que ganhou expressividade a partir do racionamento de 2001, como consequência da crise energética no país (ANEEL, 2009).

Dentre os programas de eficiência energética brasileiros, o PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem, coordenado pelo INMETRO, é o mais destacado. Nele consta informações quanto ao desempenho energético de equipamentos e edificações, com ênfase em eletricidade, que ajudam ao consumidor na hora de escolher os produtos com maior eficiência e desempenho energético. Os produtos são estudados e ensaios em laboratórios – indicados pela PROCEL – e etiquetados com letras de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente) (INMETRO, 1984).

A manutenção de um ambiente confortável, mediante controle efetivo do calor e da ventilação é a principal condição para se ter um edifício eficiente em termos de consumo de energia. Ao projetar uma edificação, o projetista tem várias opções que podem influenciar a eficiência energética daquela: paredes, telhado, janelas, portas, entre outras.

A certificação energética de edifícios é uma tendência mundial, já adotada por diversos países e em desenvolvimento por outros. No Brasil, em fevereiro de 2009, foi lançado o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), estabelecendo os parâmetros para a definição do nível de eficiência de um edifício e posterior fornecimento da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Analisar o desempenho energético da envoltória do novo bloco do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba por meio do método prescritivo descrito no RTQ-C.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar o desempenho termoenergético da envoltória por meio do método prescritivo do RTQ-C;
- Realizar a etiquetagem parcial da envoltória do novo bloco do Campus VIII - UEPB;
- Avaliar a influência dos parâmetros arquitetônicos no nível de eficiência energética da edificação em análise.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A energia é um elemento indispensável para o sustento e desenvolvimento da sociedade moderna. A realização de qualquer atividade só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Dentre as diversas formas de energia, interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc.

O processo de globalização e a instauração de uma economia altamente competitiva vêm exigindo das empresas e da população maior eficiência em suas atividades. O uso eficiente da energia elétrica não significa apenas uma redução nas despesas, mas também redução nos impactos ambientais. Além disso, a eficiência energética muitas vezes está ligada a melhoria na qualidade do ambiente de trabalho e do processo produtivo (DIAS E DA SILVA, 2010).

No geral, eficiência energética consiste em obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia. Essa eficiência parte desde a conscientização dos consumidores em optar pela utilização de produtos usuais com melhor eficiência, tais como lâmpadas, geladeiras, aparelhos de ar condicionado, televisores, entre outros, se estendendo para edifícios residenciais, comerciais, de serviços e públicos.

Em suma, o conceito de eficiência energética vai além do que a própria definição sugere, ou seja, a eficiência não está atrelada unicamente ao fato de se substituir aparelhos que consomem muita energia elétrica por aqueles que consomem menos, mas sim na conscientização de preservação do meio em que vivemos para que possamos ter um futuro garantido em que todos possam usufruir de uma qualidade de vida aceitável (DIAS E DA SILVA, 2010).

### 3.2. ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

As premissas demográficas, macroeconômicas e setoriais (Figura 1) assim como aquelas relativas à eficiência energética e à autoprodução, têm papel fundamental na determinação da dinâmica do consumo de energia elétrica, com implicação direta no comportamento de vários indicadores de mercado. No setor residencial, o número de ligações à rede elétrica depende de variáveis demográficas, como a população, o número de domicílios e o número de habitantes por domicílio; o consumo médio por consumidor apresenta correlação com a renda, com o PIB e com o PIB per capita. Essas mesmas variáveis são também importantes na explicação de outros setores de consumo, como é o caso da classe comercial (comércio e serviços) e das demais classes de consumo (EPE, 2015a).

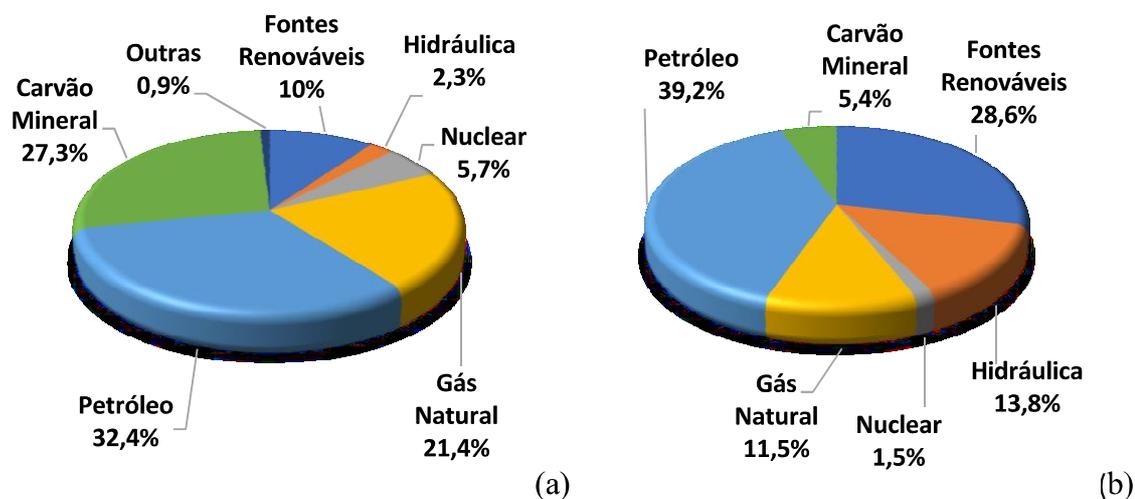
**Figura 1** - Caracterização geopolítica, econômica e demográfica do Brasil



Fonte: EPE, 2013b.

O Brasil possui uma matriz energética eficiente e sustentável. A energia ofertada à sociedade para produzir bens e serviços é umas das mais limpas do mundo, já que 42,4% da oferta interna de energia tem sua origem em fontes renováveis (EPE, 2013a).

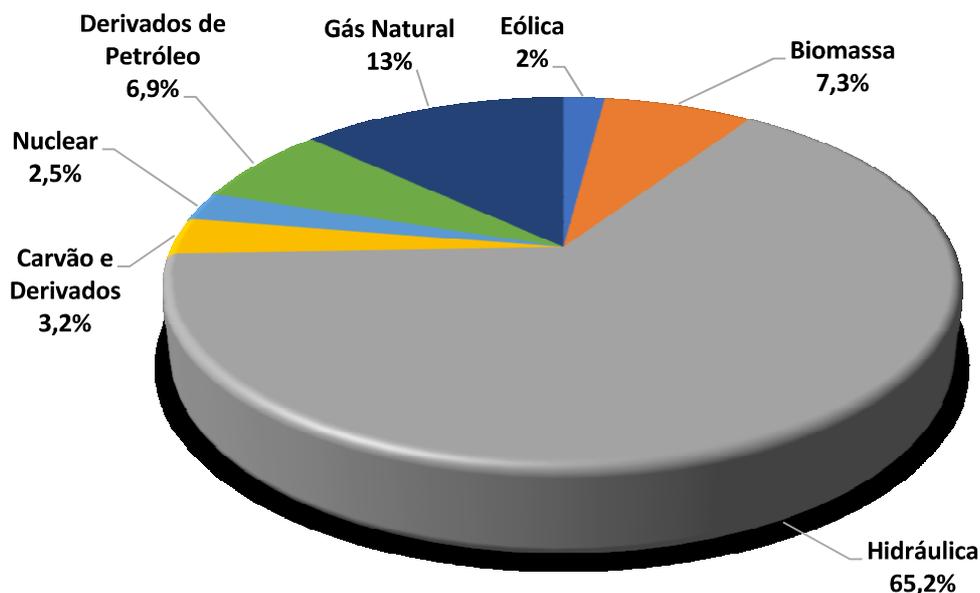
**Figura 2** - Oferta interna de energia mundial (a) e no Brasil (b)



Fonte: EPE, 2013a.

Se comparando os dois gráficos da Figura 2, observa-se uma considerável discrepância entre a geração de energia pelo setor hidráulico, pelo fato do Brasil possuir um enorme potencial hídrico, como também pelas fontes renováveis. Observa-se também que a oferta de petróleo é a que mais destacada tanto em relação a energia mundial (32,4%) quanto no Brasil (39,2%).

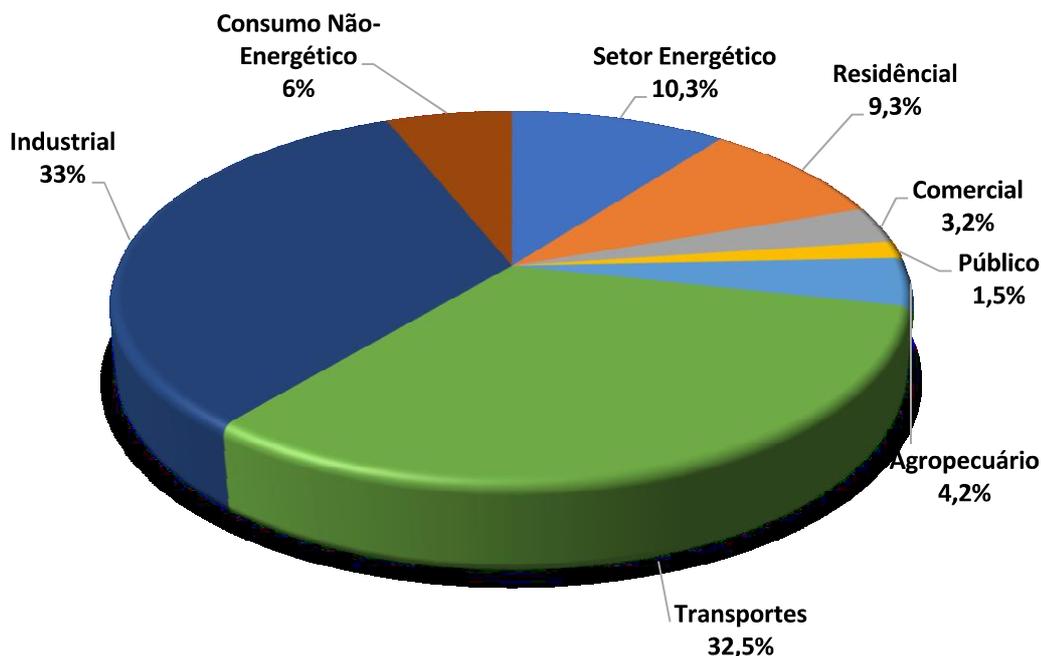
O Brasil dispõe também de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 65,2% da oferta interna (Figura 3). As fontes renováveis representam 74,6% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável (EPE, 2015b).

**Figura 3** - Estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil

Fonte: EPE, 2015b.

A geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 590,5 TWh em 2014, resultado 3,4% superior ao de 2013. As centrais elétricas de serviço público, com 84,1% da geração total, permanecem como principais contribuintes. A principal fonte de geração de energia elétrica é a hidrúlica, embora tal fonte tenha apresentado uma redução de 4,5% na comparação com o ano anterior (EPE, 2015b).

Do lado do consumo (Figura 4), o setor residencial apresentou crescimento de 5,7%. O setor industrial registrou uma queda de 2,0% no consumo eletricidade em relação ao ano anterior. Os demais setores – público, agropecuário, comercial e transportes – quando analisados em bloco apresentaram variação positiva de 7,0% em relação ao ano anterior. O setor energético cresceu 4,8% (EPE, 2015b).

**Figura 4** - Consumo final de energia por setor

Fonte: EPE, 2015b.

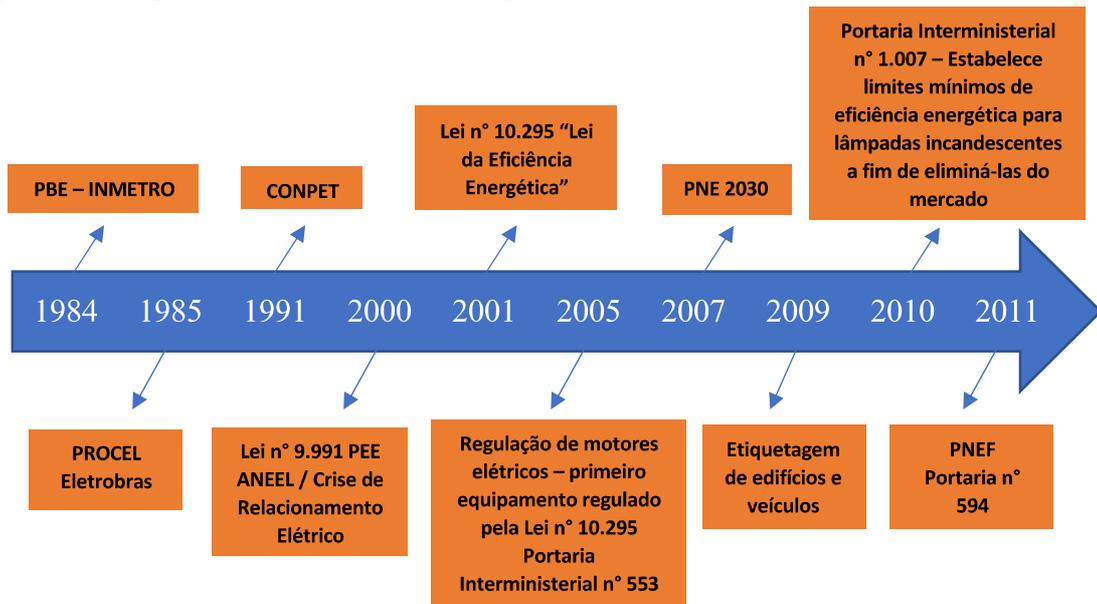
O consumo de energia elétrica vem em uma significativa crescente desde da década de 1990. Isso ocorre devido ao aumento no consumo das famílias (eletrodomésticos), o crescimento de indústrias, entre outros serviços (EPE, 2014). Além disso, o aquecimento no subsector de turismo, do que é indicativo o crescimento de 6,5% no fluxo de passageiros nos aeroportos brasileiros (INFRAERO, 2013), também repercute no consumo de energia nos seguimentos de transporte, alojamento e alimentação, que também vem crescendo anualmente.

### 3.3. POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

Para superar as barreiras relacionadas à promoção da eficiência energética em um país, é necessária a adoção de um conjunto de medidas por parte dos diversos agentes envolvidos. Para alcançarem a efetividade pretendida, estas necessitam ser orientadas dentro de um contexto mais amplo de política nacional de eficiência energética. A seleção de quais medidas comporão este conjunto, mais especificamente, quais ações e mecanismos deverão ser priorizados, consiste na primeira e fundamental etapa para que sejam mapeados e, posteriormente, realizados todos os esforços necessários para o alcance de metas de eficiência energética. (EPE, 2014).

No Brasil, a iniciativa veio especialmente na década de 1980, mais precisamente no ano de 1984, com a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Com o passar dos anos, novos programas e leis foram criados, sempre com o intuito de aproveitar ao máximo, e de forma sustentável, a energia disponível no país (Figura 5).

**Figura 5** - Principais Políticas de Eficiência Energética no Brasil



Fonte: ADAPTAÇÃO EPE, 2013b.

### 3.3.1. Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

Coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é um programa de etiquetagem que explicita todas as informações sobre eficiência, ruído e outros parâmetros em equipamentos disponíveis no mercado nacional, com o objetivo de conscientizar o consumidor para a escolha mais proveitosa energeticamente. A classificação dos equipamentos, edifícios e veículos é realizada através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que os julga, por letras que vão de “A” (mais eficiente) até “E” (menos eficiente) (INMETRO, 1984).

### 3.3.2. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)

O objetivo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais (EPE, 2014).

Criado pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio em 1985, o programa atua nas áreas:

- Educação;
- Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (Procel Info);
- Selo Procel;
- Edificações;
- Prédios Públicos;
- Gestão Energética Municipal, Indústria, Saneamento Ambiental;
- Iluminação Pública e Semáforos.

De acordo com publicação disponibilizada no site do Procel, em 2012 foram economizados 9.097 GWh (cerca de 2% da demanda elétrica no Brasil em 2012) devido às ações conduzidas pelo Programa (EPE, 2014).

### 3.3.3. Programa Nacional para Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET)

Criado pelo Governo Federal em 1991 por um decreto presidencial, o Programa Nacional para Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET) tem como objetivo a promoção de uma cultura que minimiza ao máximo o desperdício e utilização de recursos não renováveis no Brasil.

O CONPET estimula a eficiência no uso da energia em diversos setores, com ênfase nas residências, nas indústrias e nos transportes, além de desenvolver ações de educação ambiental. Assim, os objetivos do CONPET contemplam: racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e do gás natural; reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera; promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico; e fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência energética no uso final da energia (EPE, 2014).

### 3.3.4. Lei 9.991/2000

A Lei 9.991 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 (BRASIL, 2000).

De acordo com esta lei, as distribuidoras devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética: 0,5% até 2015, sendo 60% destes voltados para a parcela da população classificada como “baixa renda” (EPE, 2014).

### 3.3.5. Lei 10.295/2001 (“Lei de Eficiência Energética”)

A Lei 10.295 de 17 de outubro de 2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, visando a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente (BRASIL, 2001). Tal lei estabelece o máximo consumo de energia e o mínimo de eficiência que um produto ou equipamento comercializados no Brasil deve possuir.

No tocante à regulamentação de equipamentos, cabe ao CGIEE (Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética) estabelecer o cronograma de trabalho visando implementar a aplicação da lei nº 10.295/2001, elaborar regulamentação específica para cada tipo de aparelho e máquina consumidora de energia, bem como estabelecer o programa de metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados para cada equipamento regulamentado, entre outras (MME, 2014). A tabela a seguir (Tabela 1) mostra alguns equipamentos já cadastrados e regulamentados através das Portarias Interministeriais.

**Tabela 1** - Regulamentação da “Lei de Eficiência Energética”

<b>LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA</b>	<b>EQUIPAMENTOS CONTEMPLADOS</b>
Portarias Interministeriais nº 553/2005 e nº 238/2009	Motores Elétricos Trifásicos de Indução Rotor Gaiola de Esquilo
Portarias Interministeriais nº 132/2006 e nº 1008/2010	Lâmpadas Fluorescentes Compactas
Portarias Interministeriais nº 362/2007 e nº 326/2011	Refrigeradores e Congeladores
Portarias Interministeriais nº 363/2007 e nº 325/2011	Fornos e Fogões a Gás
Portarias Interministeriais nº 364/2007, nº 323/2011 e nº 324/2011	Condicionadores de Ar
Portaria Interministerial nº 298/2008	Aquecedores de Água e Gás
Portaria Interministerial nº 959/2010	Reatores Eletromagnéticos para Lâmpadas a Vapor de Sódio de Alta Pressão e a Vapor Metálico (halogenetos)
Portaria Interministerial nº 1007/2010	Lâmpadas Incandescentes

**Fonte:** ADAPTAÇÃO BRASIL (2005, 2006, 2007a, 2007b, 2007c, 2008, 2009, 2010a, 2010b, 2010c, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d).

### 3.3.6. Plano Nacional de Energia 2030 (PNE)

O Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) foi o primeiro documento oficial de planejamento energético instituído pelo governo brasileiro, com o objetivo de traçar metas de eficiência energética a longo prazo para o país.

Especificamente no tocante à energia elétrica, o PNE 2030 estabelece metas adicionais de eficiência energética, através de ações adicionais denominadas “progresso induzido” de eficiência energética. Estas ações visam contribuir para sobrepujar as diversas barreiras (econômicas, políticas, tecnológicas, entre outras) que retardam a penetração de medidas de eficiência energética na sociedade (EPE, 2014).

### 3.3.7. Portaria Interministerial n° 1.007/2010 (MME, MCTI, MDIC)

A Portaria Interministerial n° 1.007/2010 estabelece níveis mínimos de eficiência energética em lâmpadas incandescentes, em função da sua potência. Tem o objetivo de eliminar do mercado todas as lâmpadas que não atendem tais requisitos e promover, o máximo possível, a utilização consciente e eficiente de energia.

### 3.3.8. Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf)

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) foi publicado em 2011, tendo com o objetivo de promover ações estruturadas para atingimento de metas de eficiência energética no longo prazo. Este conjunto de ações contempla, por sua vez, a identificação dos instrumentos de ação e captação de recursos correlatos ao tema e, por essa natureza, sua implementação envolve o esforço coordenado de diversos setores da sociedade tais como representantes de governos em todas as esferas (municipal, estadual e federal), empresas e sociedade como um todo (EPE, 2014).

Vale salientar que, embora o enfoque principal seja o ramo de eletricidade (aproximadamente 10% de redução do consumo em 2030), o conjunto de diretrizes e premissas propostas no PNEf engloba também o uso de combustíveis e, conseqüentemente, o setor de transportes (MME, 2014).

## 3.4. RTQ-C E RAC-C

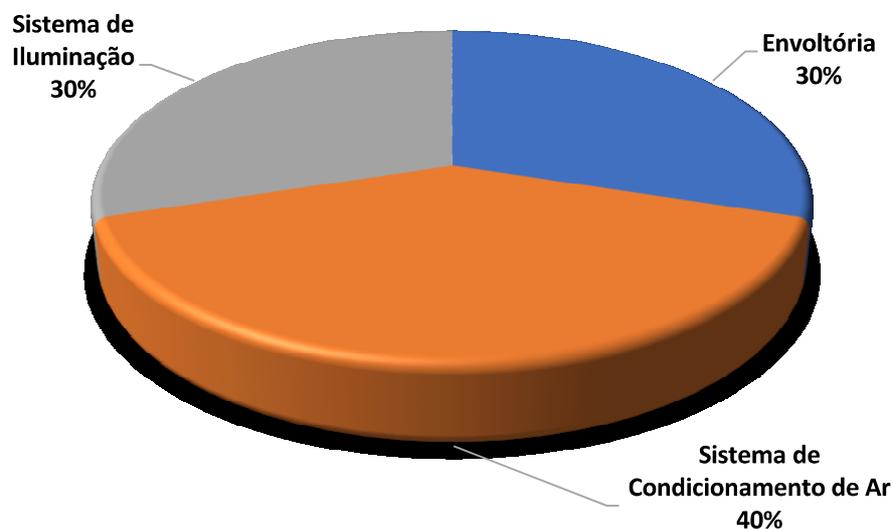
Os métodos utilizados para análise do desempenho energético em edificações comerciais, de serviços e públicas são: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C).

O RTQ-C e o RAC-C foram lançados em 2009, através das Portarias n° 53 de 27 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009a) e n° 185 de 22 de junho de 2009, respectivamente (BRASIL, 2009c). O RTQ-C passou por quatro revisões: Portaria n° 163 em 08 de junho de 2009 (BRASIL, 2009b), Portaria n° 372 em 17 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010a), Portaria n° 17 em 16 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012a) e Portaria n° 299 em 19 de junho de 2013

(BRASIL, 2013c). Já o RAC-C passou por duas revisões: Portaria n° 395 em 11 de outubro de 2010 (BRASIL, 2010b) e Portaria n° 50 em 01 de fevereiro de 2013 (BRASIL, 2013d).

O RTQ-C visa a etiquetagem de edificações condicionadas, parcialmente condicionada e não condicionadas, com área útil de 500 m<sup>2</sup> ou mais, no Brasil. Utiliza como base três requisitos principais: eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, eficiência do sistema do condicionamento de ar e desempenho térmico da envoltória da edificação (Figura 6).

**Figura 6** - Pesos dos requisitos para avaliação do nível de eficiência em edificações



Fonte: MANUAL RTQ-C, 2013

Os três itens, mais a bonificação, formam uma equação geral (Equação 1) que classifica a edificação quanto ao seu nível de eficiência energética de acordo com letras que variam de eficiência “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente) (Tabela 2). Vale ressaltar que também é possível obter a classificação parcial da edificação estudada, nesse caso, analisa-se somente um dos três requisitos, deixando os demais em aberto.

$$PT = 0,30 \left\{ \left( A * \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * B \right) \right\} + 0,30 * (C) + 0,40 * \left\{ \left( D * \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * B \right) \right\} + b_0^1 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

- PT: Pontuação total da edificação;
- A = EqNumEnv: Equivalente numérico da envoltória;

- C = EqNumDPI: Equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
- D = EqNumCA: Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- B = 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;
- AC: Área útil dos ambientes condicionados;
- AU: Área útil;
- b: Pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

**Tabela 2** - Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência

<b>NÍVEL DE EFICIÊNCIA</b>	<b>EqNum</b>
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

**Fonte:** MANUAL RTQ-C, 2013.

A envoltória é a “pele” da edificação (fachada, cobertura e aberturas). A classificação é realizada através da determinação de todas as características físicas da edificação. Vale salientar, que A envoltória é avaliada de maneira diferenciada de acordo com a Zona Bioclimática, pois seu desempenho varia conforme o clima onde o edifício está inserido.

A eficiência da iluminação é determinada calculando a densidade de potência instalada pela iluminação interna, de acordo com as diferentes atividades exercidas pelos usuários de cada ambiente. Quanto menor a potência utilizada, menor é a energia consumida e mais eficiente é o sistema, desde que garantidas as condições adequadas de iluminação (MANUAL RTQ-C, 2013). Tal pode ser avaliado com o auxílio de dois métodos: métodos das atividades e método das áreas.

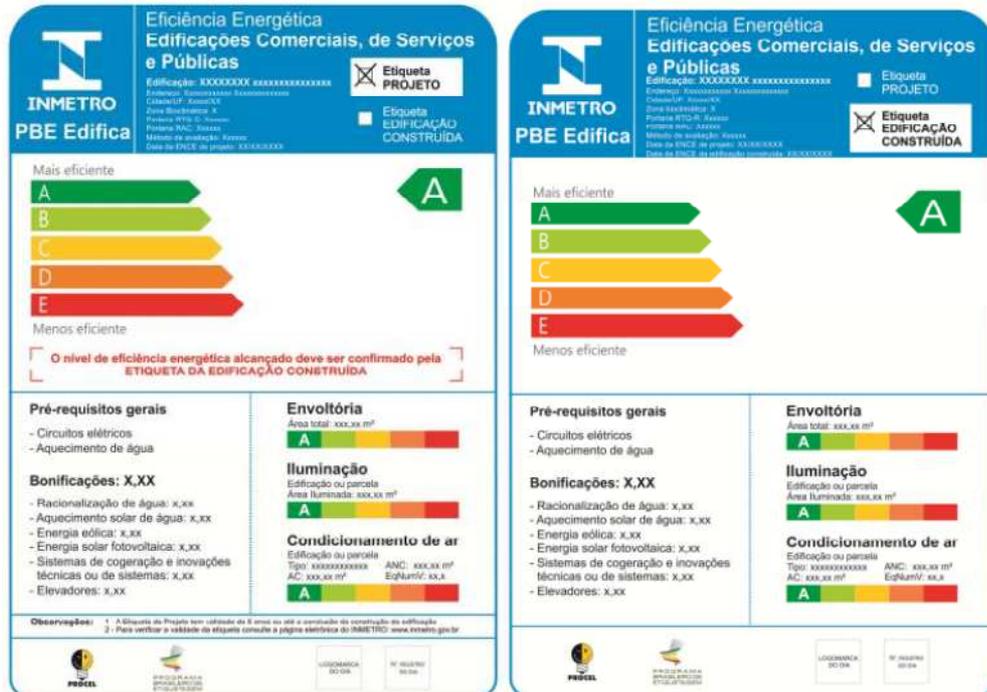
O sistema de condicionamento de ar é o requisito mais complicado de ser estudado, pois a classificação pode ser dividida em duas partes: a classe já registrada no INMETRO e a classe não registrada no INMETRO. Desse modo, é necessária uma verificação mais completa e precisa, não podendo ser realizada apenas com uma consulta na etiqueta.

As bonificações são iniciativas que proporcionam uma maior eficiência. Receberam bonificações as edificações que economizam por meio de:

- Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água;
- Sistemas ou fontes renováveis de energia;
- Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas;
- Edifícios com elevadores que atingirem o nível A.

Através da aplicação de todo procedimento descrito no RTQ-C e com o auxílio do método descrito no RAC-C, é possível obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), podendo ela ser geral ou parcial (Figuras 7 e 8). O regulamento apresenta dois métodos para a avaliação do nível final de eficiência da edificação: Método Prescritivo ou através do Método de Simulação (Tabela 3).

Figura 7 - ENCE geral de projeto e edificação construída



Fonte: MANUAL RTQ-C, 2013

Figura 8 - ENCE parciais de projeto



Fonte: MANUAL RTQ-C, 2013

O Método Prescrito define a eficiência geral da edificação através de equações, que levam em consideração a Zona Bioclimática em que se encontra a edificação, fornecidas pelo RTQ-C. Para cada requisito é atribuído um peso, sendo que para a envoltória o peso é de 30%, para o sistema de iluminação também 30% e para o sistema de condicionamento de ar 40%. Já o Método de Simulação permite que o usuário compare o edifício real com um edifício de referência, o qual deve ser modelado de acordo com os pré-requisitos fornecidos pelo RTQ-C para o nível de eficiência pretendido. Através da simulação, compara-se o consumo final de cada edifício (real e de referência) sendo que: o consumo do edifício real deve ser menor ou igual ao do edifício de referência para que o mesmo alcance o nível de eficiência pretendido (MELO, et al., 2011).

Tabela 3 - Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral

ENVOLTÓRIA	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	VENTILAÇÃO NATURAL
Método Prescrito	Método Prescrito	Método Prescrito	Método de Simulação
Método de Simulação	Método de Simulação	Método de Simulação	Método de Simulação
Método de Simulação	Método Prescrito	Método Prescrito	Método de Simulação

Fonte: MANUAL RTQ-C, 2013

## 4. METODOLOGIA

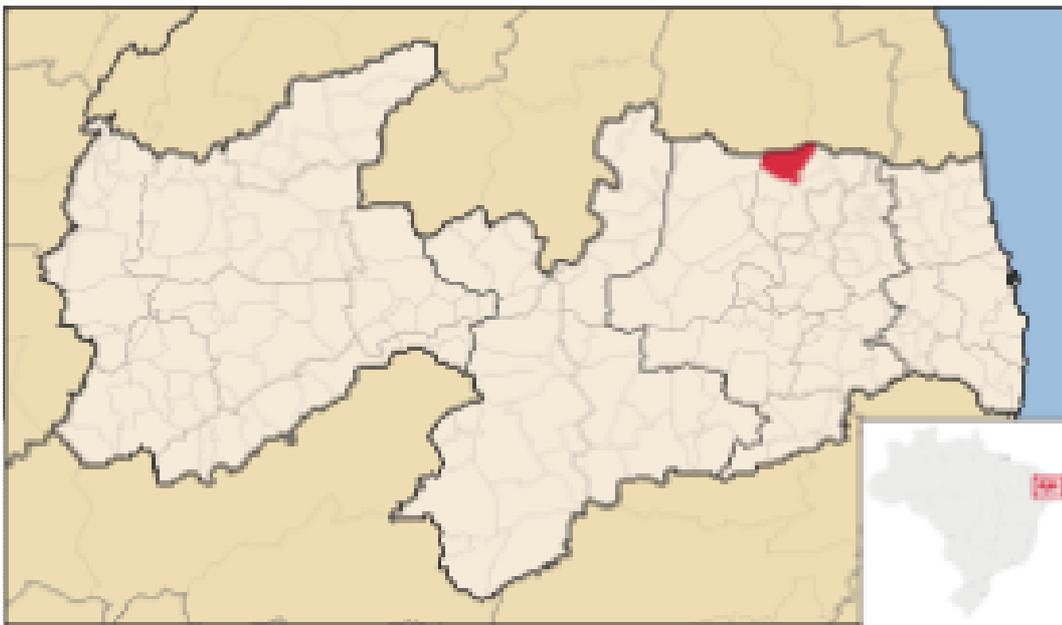
O presente estudo foi realizado no novo bloco do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado na cidade de Araruna/PB. Trata-se de uma análise do nível de eficiência energética da envoltória da edificação, realizado conforme prescreve o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

A obtenção dos dados foi feita com base em informações colhidas *in loco* e com o auxílio do software AutoCAD na observação de projetos e memoriais. O método utilizado para obtenção da classificação do nível de eficiência energética foi o prescritivo, conforme apresentado no RTQ-C.

### 4.1. EDIFICAÇÃO ESTUDADA

A edificação estudada possui uma área de 1.372,23 m<sup>2</sup> e está localizada na Av. Cel. Pedro Targino, s/n – Centro, no município de Araruna, estado da Paraíba - Brasil (Figuras 9, 10, 11, 12, 13).

**Figura 9** - Localização da edificação estudada



**Fonte:** Google Imagens

**Figura 10** - Fachada Leste



**Fonte:** Arquivo pessoal

**Figura 11** - Fachada Oeste



**Fonte:** Arquivo pessoal

**Figura 12** - Fachada Norte



**Fonte:** Arquivo pessoal

**Figura 13** - Fachada Sul

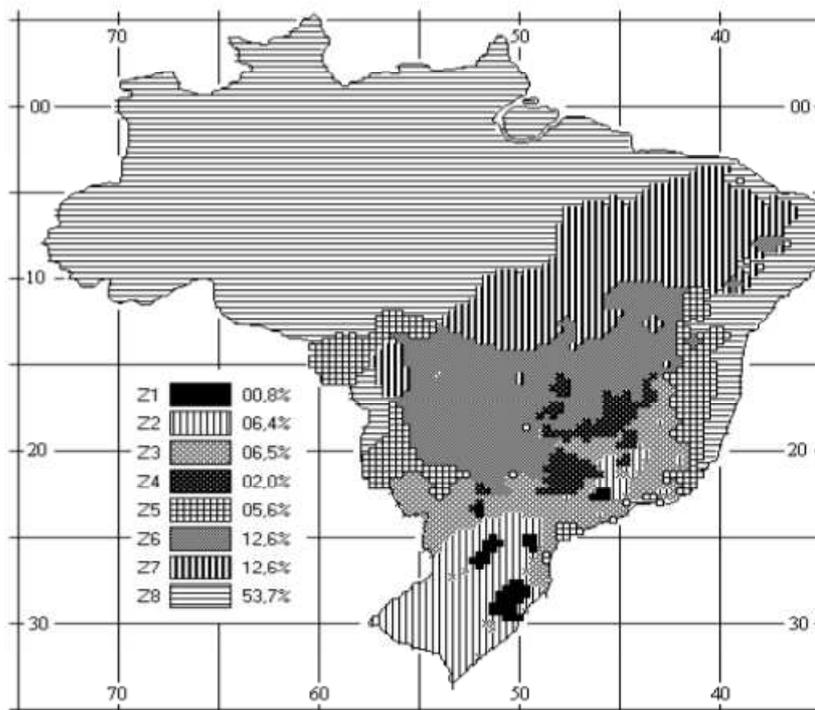


**Fonte:** Arquivo pessoal

## 4.2. CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA

A classificação da envoltória é dada pelo Índice de Consumo ( $IC_{env}$ ). O cálculo desse indicador explicita como a envoltória vai influenciar o consumo de energia da edificação. Para o cálculo, devido a heterogeneidade do clima no Brasil, o RTQ-C adota a divisão estabelecida pela NBR 15220-3, que divide o Brasil em oito zonas bioclimáticas, conforme mostra a figura abaixo (Figura 14).

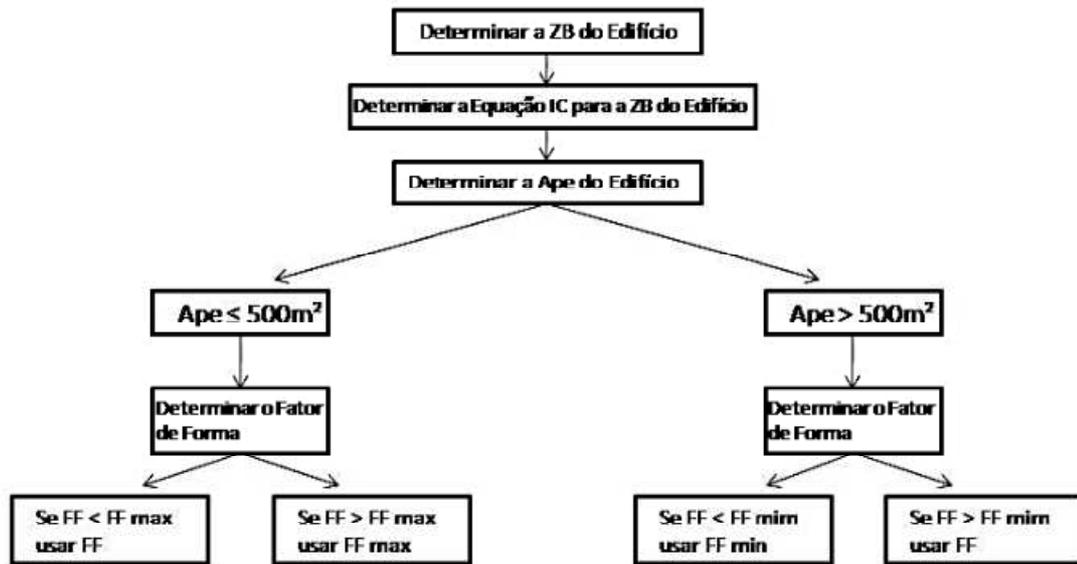
**Figura 14** - Zoneamento bioclimático brasileiro



**Fonte:** ABNT, 2003

Para cada zona bioclimática existem duas equações conforme a área de projeção da edificação ( $A_{pe}$ ), sendo maior ou menor e igual que  $500 \text{ m}^2$ .

**Figura 15** - Fluxograma com os passos para escolha da equação de IC



Fonte: MANUAL RTQ-C, 2013

Após a observação da zona bioclimática da edificação e escolhida a equação correspondente a área, o cálculo do índice de consumo que é feito através das seguintes variáveis:

- Área de projeção da edificação ( $A_{pe}$ ): Área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos ( $m^2$ );
- Área total de piso ( $A_{tot}$ ): Soma das áreas de piso dos ambientes fechados da construção, medidas externamente ( $m^2$ );
- Área da envoltória ( $A_{env}$ ): Soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas ( $m^2$ );
- Ângulo Vertical de Sombreamento, entre 0 e 45° (AVS): Ângulo formado entre dois planos que contêm a base da abertura (graus);
- Ângulo Horizontal de Sombreamento, entre 0 e 45° (AHS): Ângulo formado entre dois planos verticais (graus);
- Fator de Forma (FF): Razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação ( $A_{env}/V_{tot}$ );
- Fator altura (FA): Razão entre a área de projeção da cobertura e a área construída ( $A_{pcob}/A_{tot}$ );

- Fator Solar (FS): Razão entre o ganho de calor que entra num ambiente de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Comumente obtido através dos catálogos dos fabricantes;
- Percentual de Abertura na Fachada total (PAF<sub>T</sub>): Razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área de fachada de edificação;
- Volume total da edificação (V<sub>tot</sub>): Volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício – fachadas e cobertura (m<sup>3</sup>).

Após o cálculo de todas as variáveis em questão, o RTQ-C estabelece alguns parâmetros que devem ser seguidos:

- 1) Calcula-se o índice de consumo (IC<sub>env</sub>) com base nos dados colhidos no projeto da edificação;
- 2) Calcula-se os limites máximo e mínimo do índice de consumo para volumetria em questão (IC<sub>máxD</sub> e IC<sub>mín</sub>).

**Tabela 4** - Parâmetros de índice de consumo máximo (IC<sub>máxD</sub>)

PAFT	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

Fonte: INMETRO, 2010a

**Tabela 5** - Parâmetros de índice de consumo mínimo (IC<sub>mín</sub>)

PAFT	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Fonte: INMETRO, 2010a

Os limites IC<sub>máxD</sub> e IC<sub>mín</sub> formam um intervalo (i) em que a edificação proposta deve se inserir. O intervalo é dividido em 4 partes, nas quais define o intervalo de mudança de nível de eficiência, variando de “A” a “E”. O intervalo é calculado pela seguinte fórmula (Equação 2):

$$i = (IC_{máxD} - IC_{mín})/4 \quad (\text{Eq. 2})$$

3) Com o valor de  $i$  calculado, preenche-se a seguinte tabela (Tabela 6).

**Tabela 6** - Limites dos intervalos dos índices de eficiência

<b>EFICIÊNCIA</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Limite mínimo	-	$IC_{\text{máxD}} - 3i + 0,01$	$IC_{\text{máxD}} - 2i + 0,01$	$IC_{\text{máxD}} - i + 0,01$	$IC_{\text{máxD}} + 0,01$
Limite máximo	$IC_{\text{máxD}} - 3i$	$IC_{\text{máxD}} - 2i$	$IC_{\text{máxD}} - i$	$IC_{\text{máxD}}$	-

Fonte: INMETRO, 2010a

4) Com o valor de  $IC_{\text{env}}$  calculado e com a Tabela 6 preenchida, se determina o nível de eficiência energética da edificação em questão.

Vale salientar que a envoltória deve estar de acordo com os pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência, que quanto mais elevado, mais restritivos (Tabela 7). São os pré-requisitos: transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital. Estes variam conforme o sistema construtivo e os materiais utilizados.

**Tabela 7** - Síntese dos pré-requisitos da envoltória

<b>NÍVEL DE EFICIÊNCIA</b>	<b>TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DA COBERTURA E PAREDES EXTERIORES</b>	<b>CORES E ABSORTÂNCIA DE SUPERFÍCIES</b>	<b>ILUMINAÇÃO ZENITAL</b>
A	X	X	X
B	X	X	-
C e D	X	-	-

Fonte: INMETRO, 2010a

#### 4.2.1. Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores

De acordo com o RTQ-C, o primeiro pré-requisito é transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores. Os valores máximos para tal fator são explicitados, respectivamente, nas tabelas a seguir (Tabelas 8 e 9).

**Tabela 8** - Transmitância térmica máxima da cobertura

ZB	U <sub>cob</sub> A (W/m <sup>2</sup> K)		U <sub>cob</sub> B (W/m <sup>2</sup> K)		U <sub>cob</sub> C e D (W/m <sup>2</sup> K)	
	Ambientes condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes condicionados	Ambientes não condicionados
1 a 2	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	
3 a 8	1,0	2,0	1,5	2,0		

Fonte: INMETRO, 2010a

**Tabela 9** - Transmitância térmica máxima das paredes exteriores

ZB	U <sub>par</sub> A (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>par</sub> B (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>par</sub> C e D (W/m <sup>2</sup> K)
1 a 2	1,0	2,0	3,7
3 a 6		3,7	
7 a 8		2,7 W/m <sup>2</sup> K, para C <sub>T</sub> < 80 kJ/m <sup>2</sup> K 3,7 W/m <sup>2</sup> K, para C <sub>T</sub> > 80 kJ/m <sup>2</sup> K	

Fonte: INMETRO, 2010a

#### 4.2.2. Cores e absorvância de superfícies

O segundo pré-requisito são as cores e absorvância de superfícies. Nesse caso, exige-se a utilização de materiais no revestimento externo de absorvância solar baixa ( $\alpha \leq 0,50$  do espectro solar) para as zonas 2 a 8. A zona bioclimática 1 é excluída para permitir absorvâncias elevadas que podem aumentar ganhos térmicos por radiação no inverno.

Recomenda-se consultar a NBR 15220 ou o fabricante de tintas para obter a especificação da absorvância solar.

#### 4.2.3. Iluminação zenital

O último pré-requisito é a iluminação zenital. Aberturas zenitais proporcionam a entrada de luz nos ambientes internos, possibilitando, assim, a redução no consumo de energia elétrica.

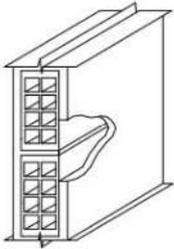
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. DADOS DA EDIFICAÇÃO

Para a etiquetagem parcial da envoltória, inicialmente, foram colhidos dados físicos da edificação:

- Estrutural: Concreto armado;
- Vedação: Alvenaria de tijolo cerâmico do tipo oito furos com dimensões 9,0x19,0x19,0 cm, rebocadas em ambos os lados com 2,5 cm de espessura;
- Cobertura: Telha de fibrocimento com forro de laje mista;
- Revestimento: Revestimento externo em tijolo aparente e pintura branco gelo. Revestimento interno em pintura branco gelo;
- Aberturas: Janelas de alumínio e vidro monolítico incolor com película fumê. Fator Solar (FS) de 0,43<sup>1</sup>. Não possui abertura zenital.

**Tabela 10** - Transmitância térmica e capacidade térmica

COMPONENTE	DESCRIÇÃO	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)]
	Parede de tijolos 8 furos quadrados assentados na menor dimensão. Dimensão do tijolo: 9,0x19,0x19,0cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0cm Espessura da argamassa de reboco: 2,5cm Espessura total da parede: 15,0cm	2,49	158
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de laje mista. Espessura da telha 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm	1,93	106

Fonte: ADAPTAÇÃO ABNT, 2003

<sup>1</sup>O Fator Solar (FS) foi adotado do Manual Técnico Build With Light, disponível no endereço eletrônico: [http://www.sa.pt.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web\\_assets/gi\\_002781.pdf](http://www.sa.pt.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web_assets/gi_002781.pdf)

**Tabela 11** - Absortância ( $\alpha$ )

<b>MATERIAL</b>	<b>ABSORTÂNCIA (<math>\alpha</math>)</b>
Parede exterior: Tijolo aparente e pintura branco gelo	0,581
Cobertura: Telha fibrocimento	0,593 <sup>2</sup>

**Fonte:** ADAPTAÇÃO ABNT, 2003

## 5.2. ETIQUETAGEM PARCIAL DA ENVOLTÓRIA

Para a realização da etiquetagem parcial da envoltória, primeiramente calculou-se o índice de consumo da envoltória ( $IC_{env}$ ). Para isso, observou-se, primeiramente, a zona bioclimática em que está inserida a edificação, que, no caso, é a ZB 8.

Para tal zona, existem duas equações (Eq. 3 e 4) conforme a área de projeção da edificação ( $A_{pe}$ ).

$$IC_{env} = 454,47.FA - 1641,37.FF + 33,47.PAF_T + 7,06.FS + 0,31.AVS - 0,29.AHS - 1,27.PAF_T.AVS + 0,33.PAF_T.FS.AHS + 718 (A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2 - FF_{\text{máximo}} = 0,48) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$IC_{env} = - 160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 290,25.FF.PAF_T + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,58 (A_{pe} > 500 \text{ m}^2 - FF_{\text{mínimo}} = 0,17) \quad (\text{Eq. 4})$$

---

<sup>2</sup>O valor da absortância ( $\alpha$ ) foi adotado do artigo “AVALIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA SUPERFICIAL DE TELHAS DE FIBROCIMENTO UTILIZADAS NAS COBERTURAS DE EDIFICAÇÕES DO CAMPUS DA UFSC”, disponível no endereço eletrônico: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2012/docs/1073.pdf>

A partir disso, como a edificação possui  $A_{pe} = 1372,23 \text{ m}^2 > 500 \text{ m}^2$ , utilizou-se a equação 4 e foram determinadas, com o auxílio do software Excel, todas as variáveis para o cálculo do  $IC_{env}$ . Desse modo, sabendo que a soma das áreas de abertura ( $A_{abertura}$ ) é de  $385,71 \text{ m}^2$ , temos a seguinte tabela com os resultados:

**Tabela 12 - Cálculo do  $IC_{env}$**

VARIÁVEIS	VALOR	UNIDADE
$A_{pcob}$	1372,23	$\text{m}^2$
$A_{total}$	1372,23	$\text{m}^2$
$A_{env}$	4490,67	$\text{m}^2$
AVS	21	° (graus)
AHS	21	° (graus)
FF	0,23	adimensional
FA	0,25	adimensional
FS	0,43	adimensional
$PAF_T$	0,09	adimensional
$V_{tot}$	19221,22	$\text{m}^3$
<b><math>IC_{env} = 132,65</math></b>		

Calculou-se também o índice de consumo máximo ( $IC_{máxD}$ ) e mínimo ( $IC_{mín}$ ). Assim, temos as seguintes tabelas com os resultados.

**Tabela 13 - Índice de consumo máximo ( $IC_{máxD}$ )**

VARIÁVEIS	VALOR	UNIDADE
$A_{pcob}$	1372,23	$\text{m}^2$
$A_{total}$	1372,23	$\text{m}^2$
$A_{env}$	4490,67	$\text{m}^2$
AVS	0	° (graus)
AHS	0	° (graus)
FF	0,23	adimensional
FA	0,25	adimensional
FS	0,61	adimensional
$PAF_T$	0,60	adimensional
$V_{tot}$	19221,22	$\text{m}^3$
<b><math>IC_{máxD} = 168,70</math></b>		

**Tabela 14 - Índice de consumo mínimo ( $IC_{mín}$ )**

VARIÁVEIS	VALOR	UNIDADE
$A_{pcob}$	1372,23	$\text{m}^2$
$A_{total}$	1372,23	$\text{m}^2$
$A_{env}$	4490,67	$\text{m}^2$
AVS	0	° (graus)
AHS	0	° (graus)
FF	0,23	adimensional
FA	0,25	adimensional
FS	0,87	adimensional
$PAF_T$	0,05	adimensional
$V_{tot}$	19221,22	$\text{m}^3$
<b><math>IC_{mín} = 142,74</math></b>		

Tais limites determinam o intervalo  $i$ , sendo o mesmo dado pela Equação 1:

$$i = (IC_{máxD} - IC_{mín})/4 = (168,70 - 142,74)/4 = 6,49$$

Com o valor de  $i$  calculado, pode-se preencher a Tabela 6 e, com o auxílio do software Excel, determinou-se o índice de consumo da envoltória. Assim, temos:

**Quadro 1** - Resultado do índice de consumo da envoltória

EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E	$IC_{env} = 132,65$ <b>A</b>
<b>Limite mínimo</b>	-	149,24	155,73	162,22	168,71	
<b>Limite máximo</b>	149,23	155,72	162,21	168,70	-	

Com os resultados do Quadro 1, vimos que, pelo índice de consumo, a envoltória se classifica com nível de eficiência “A”. Entretanto, não se pode tomar uma conclusão devido aos pré-requisitos que devem ser seguidos, sendo eles: transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies, iluminação zenital.

Assim, todos os pré-requisitos foram calculados e comparados com os limites exigidos pelo RTQ-C. O comparativo é explicitado na tabela a seguir (Quadro 2).

**Quadro 2** - Resultado da avaliação dos pré-requisitos da envoltória

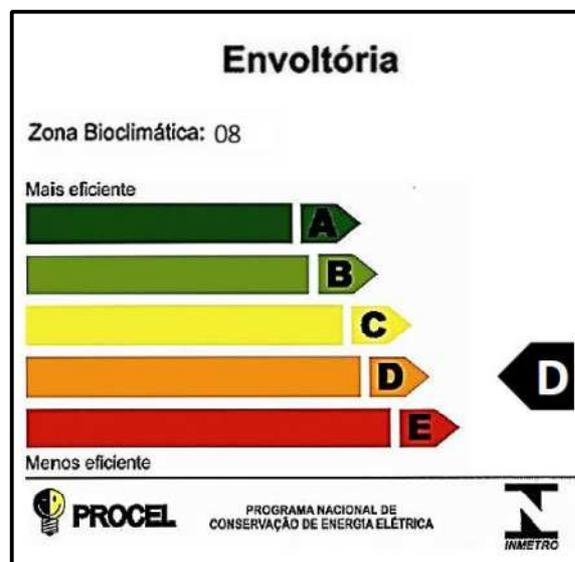
PRÉ-REQUISITOS	A	B	C	D	VALORES CALCULADOS	EFICIÊNCIA	<b>D</b>
Transmitância térmica das paredes exteriores ( $C_T > 80 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ )	3,7 W/m <sup>2</sup> K	3,7 W/m <sup>2</sup> K	3,7 W/m <sup>2</sup> K	3,7 W/m <sup>2</sup> K	2,49	A	
Transmitância térmica da cobertura (Ambientes não condicionados)	2,0 W/m <sup>2</sup> K	2,0 W/m <sup>2</sup> K	2,0 W/m <sup>2</sup> K	2,0 W/m <sup>2</sup> K	1,93	A	
Cores e absorvância de superfícies (Parede)	$\alpha < 0,5$	$\alpha < 0,5$	-	-	0,581	C	
Cores e absorvância de superfícies (Cobertura)	$\alpha < 0,5$	$\alpha < 0,5$	-	-	0,593	C	
PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%	-	-	
FS	0,87	0,67	0,52	0,3	0,43	D	

Observa-se que o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) é nulo, devido a não existência de aberturas na cobertura.

Vale salientar que o fator determinante do nível de eficiência da edificação são os pré-requisitos. Logo, mesmo o  $IC_{env}$  sendo classificado como “A”, o que vai determinar a classificação final são os pré-requisitos.

Finalmente, com os resultados do Quadro 2 e levando-se em consideração que o nível de eficiência é o mais baixo encontrado, temos que a edificação estudada se classifica com nível de eficiência “D” (Figura 16), possuindo, com base nas informações da Tabela 2, um equivalente numérico (EqNum) 2.

**Figura 16** - ENCE da envoltória da edificação



Fonte: ADAPTAÇÃO MANUAL RTQ-C, 2013

Diante dos resultados encontrados, vimos que o fator determinante para o nível de eficiência da edificação encontrado foram as esquadrias, e conseqüentemente, o Fator Solar (FS). Tal pré-requisito, devido, principalmente, a existência de uma película fumê nos vidros que reduziu consideravelmente a incidência da luz natural no interior da edificação, obteve nível “D”, sendo o mais baixo entre os demais.

Se comparados a outros estudos da área, como no caso do edifício de Engenharia Elétrica da UFPR elaborado por JUNIOR E HENRIQUES (2009), em que a edificação, mesmo sendo considerada antiga, foi classificada com nível de eficiência “B”, vimos que o novo bloco do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), sendo uma edificação construída recentemente, obteve um nível de eficiência energética insatisfatório.

Desse modo, o novo bloco do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), por ser uma edificação inaugurada recentemente, deveria apresentar um nível de eficiência bem superior ao resultado encontrado. Vale salientar que a edificação apresentou

classificação “A” e “C” nos pré-requisitos transmitância térmica e cores e absorvância, respectivamente, o que mostra que edificação, mesmo sendo avaliada com o nível de eficiência “D”, apresenta características energéticas favoráveis.

## **6. CONCLUSÃO**

Conforme prescreve o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), pode-se concluir que a edificação estudada obteve um índice de consumo da envoltória com nível de eficiência “A”, o que mostra que a envoltória apresenta um bom desempenho térmico. Entretanto, como o RTQ-C estabelece, o que determina a classificação da edificação são os pré-requisitos: transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital.

Como vimos, a edificação possui características favoráveis, como por exemplo nos pré-requisitos transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies, em que obtiveram classificação “A” e “C”, respectivamente. Porém, como explicitado anteriormente, todas as janelas da edificação possuem película fumê, o que dificulta consideravelmente a incidência da luz solar no interior da edificação, diminuindo substancialmente o Fator Solar (FS). Desse modo, o novo bloco do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) foi classificado com nível de eficiência da envoltória “D” e, conseqüentemente, equivalente numérico (EqNum) 2, sendo o nível mais baixo entre os pré-requisitos. Assim, faz-se necessário implementar técnicas eficientes no intuito de elevar o nível da edificação ao mais próximo do “A”.

## **7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestão para trabalhos futuros, temos a avaliação dos demais requisitos previstos no RTQ-C: eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, eficiência do sistema de condicionamento de ar. Além disso, a realização de um estudo de modificação e implantação de técnicas eficientes, com base nas normas vigentes, no edifício, no intuito de elevar o nível de eficiência para classe “A”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM - PBE**. Rio de Janeiro, 1984.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº1.877 – MME & MIC**, 1985.

BRASIL. Lei nº 9.991. **Regulamenta a Obrigatoriedade dos Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento e em Eficiência Energética. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos**. 179º da Independência e 112º da República; Brasília, 24 de julho de 2000.

BRASIL. Lei nº 10.295. **Lei de Eficiência Energética. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos**. 180º da Independência e 113º da República; Brasília, 17 de outubro de 2001.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº553 – MME, MCT & MDIC**, 2005.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº132 – MME, MCT & MDIC**, 2006.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº362 – MME, MCT & MDIC**, 2007a.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº363 – MME, MCT & MDIC**, 2007b.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº364 – MME, MCT & MDIC**, 2007c.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº298 – MME, MCT & MDIC**, 2008.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº238 – MME, MCT & MDIC**, 2009.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 53**. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 27 de fevereiro de 2009a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 163**. Aprova a Revisão do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 08 de junho de 2009b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 185**. Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 22 de junho 2009c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 372**. Aprova a Revisão do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 17 de setembro de 2010a.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº959 – MME, MCT & MDIC**, 2010a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 395**. Aprova Revisão do Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 11 de outubro de 2010b.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº1007 – MME, MCT & MDIC**, 2010b.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº1008 – MME, MCT & MDIC**, 2010c.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº323 – MME, MCT & MDIC**, 2011a.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº324 – MME, MCT & MDIC**, 2011b.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº325 – MME, MCT & MDIC**, 2011c.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº326 – MME, MCT & MDIC**, 2011d.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 17**. Aprova a Revisão do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 16 de janeiro de 2012a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 299**. Aprova a Revisão do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 19 de junho de 2013c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 50**. Aprova Revisão do Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 01 de fevereiro de 2013d.

DIAS, DAVID SANTOS; DA SILVA, PEDRO FURTADO GONÇALVES. **Estudo de Viabilidade da Aplicação do Programa Procel Edifica em Edifícios Comerciais Já Existentes: Estudo de Caso em um Edifício Comercial de Curitiba**. 105f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Curso de Graduação de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2010.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2013 – Ano Base 2012**. Rio de Janeiro: EPE, 2013a.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Apresentações Setoriais Referentes ao Banco de Indicadores de Eficiência Energética**. Rio de Janeiro: EPE, 2013b.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Consumo de Energia no Brasil – Análises Setoriais**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Projeção de Demanda de Energia Elétrica Para os Próximos 10 anos (2015-2024)**. Rio de Janeiro: EPE, 2015a.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2015 – Ano Base 2014**. Rio de Janeiro: EPE, 2015b.

INFRAERO. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. **Relatório Anual de 2012**. Brasília, 2013.

JÚNIOR, Paulo Renato de Souza; HENRIQUES, Marcos Ejczis. **Estudo e Regulamentação da Etiquetagem Energética para Edifícios Comerciais e Públicos: Um Estudo de Caso no Edifício de Engenharia Elétrica da UFPR**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Elétrica) - Curso de graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, 2009.

MANUAL RTQ-C. **Manual para Aplicação do RTQ-C – Versão 2**. Brasília, 2013.

Manual Técnico **Build With Light**. Disponível no endereço eletrônico:

<[http://www.sa.pt.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web\\_asset/s/gi\\_002781.pdf](http://www.sa.pt.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web_asset/s/gi_002781.pdf)>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2017.

MELO, A. P.; COSTOLA, D.; LAMBERTS, R.; HENSEN, J. L. M. 2011. **Determinação do Nível de Eficiência da Envolória de Edificações Comerciais de Acordo com o RTQ-C**.

Proceedings of the XI<sup>th</sup> Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Buzios (Brazil), 17-19 August, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), pp. 10.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME, 2014.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; FERGUS, N. A. **Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas**. Um guia de sobrevivência para o século XXI. Tradução de Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SILVEIRA, Ricardo; MARINOSKI, Deivis Luis; LAMBERTS, Roberto. **Avaliação da absorvância à radiação solar e temperatura superficial de telhas de fibrocimento utilizadas nas coberturas de edificações do campus da UFSC**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, 14., Juiz de Fora. Anais... Juiz De Fora: ENTAC, 2012.