



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA-UEPB
CAMPUS VIII-ARARUNA/PB
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE-CCTS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

JANDEILSON DA SILVA OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS CLÍNICAS DE
ODONTOLOGIA DO CAMPUS VIII – UEPB**

**ARARUNA – PB
2016**

JANDEILSON DA SILVA OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS CLÍNICAS DE
ODONTOLOGIA DO CAMPUS VIII – UEPB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos.

**ARARUNA – PB
2016**

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.

48 Oliveira, Jandeilson da Silva

Avaliação Da Eficiência Energética das Clínicas De Odontologia Do Campus VIII- UEPB [manuscrito] / Jandeilson da Silva Oliveira. - 2016.

45 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2016.

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

1. Engenharia Elétrica. 2. Planejamento de Energia. 3. RTQ-C I. Título.

21. ed. CDD 621.3

JANDEILSON DA SILVA OLIVEIRA

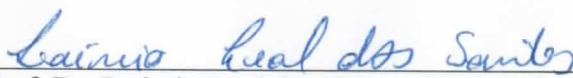
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS CLÍNICAS DE ODONTOLOGIA
DO CAMPUS VIII – UEPB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

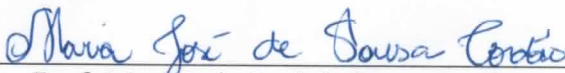
Área de concentração: Eficiência Energética.

Aprovada em: 04/05/2016.

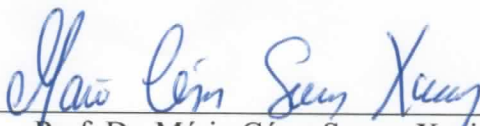
BANCA EXAMINADORA



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



Prof. Me. Maria José de Sousa Cordão
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Mário César Soares Xavier
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

DEDICATÓRIA

Ao Deus triúno por me sustentar com sua doce providência. Aos meus pais e irmãos por toda luta, perseverança e compreensão durante esses cinco anos. E a todos que de alguma forma foram presentes durante o curso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que certamente está no centro de minha vida. Por Sua graça a mim oferecida ainda no início da graduação e por todos os benefícios que me tem feito desde então. Receba minha gratidão eterna.

Aos meus pais, José de Assis e Rizonete da Silva, que mesmo distantes sempre estiveram presentes me apoiando e aconselhando, não só na concretização desse trabalho, mas em todas as etapas de minha vida, amo vocês.

Aos meus irmãos pelo carinho fraterno que sempre me concederam ao longo dessa jornada.

A todos os professores e funcionários do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba pela contribuição à minha formação profissional e por tornarem esses cinco anos mais agradáveis.

Agradeço em especial ao professor Laércio Leal dos Santos por ter me recebido como orientando e por toda atenção a mim dedicada.

Ao professor Cláudio Pereira da Costa por me apresentar à eficiência energética.

Ao professor Gustavo Agripino, coordenador do Curso de Odontologia, que me forneceu todo acesso necessário que precisei nas clínicas.

Aos meus amigos de graduação, em especial José Elianderson, Thamyres e Valdemar que caminharam ao meu lado durante todos esses anos e contribuíram para meu preparo profissional.

Aos amigos em geral, em especial Rafaella Salustino e Gustavo Fernandes pela amizade edificante que nutrimos.

Aos casais Marcos e Lusinete, Antônio e Maria José. Cada um tem uma importância singular em minha vida que jamais esquecerei.

A Samuel e Estelita que me acolheram e apoiaram em Araruna como a um filho. Certamente os tenho como “pais na fé”. Meu muito obrigado.

Gostaria de expressar um agradecimento especial a Gisliane Osorio, pelo encorajamento, carinho compartilhado e pela importante contribuição na realização deste trabalho.

RESUMO

O Brasil passa por uma transformação no setor da construção civil e a eficiência energética é uma realidade almejada nas edificações modernas. Uma característica inerente das edificações é proporcionar conforto térmico, acústico e visual aos usuários consumindo pouca energia. O conforto térmico é determinado pelo sistema de envoltória e condicionamento de ar. O conforto visual pelo sistema de iluminação. E o acústico também pela envoltória. Portanto, os projetos de arquitetura, iluminação e condicionamento de ar são decisivos para a obtenção de edificações eficientes. Pensando nisso, foi desenvolvido pelo Inmetro o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). O RTQ-C contém os requisitos que devem ser atendidos para determinados níveis de eficiência das edificações por ele abrangidas. O objetivo desse trabalho foi aplicar o RTQ-C para realizar uma avaliação energética das clínicas odontológicas do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba, obtendo os níveis de eficiência global e parcial dos sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar. O delineamento deste estudo está composto de duas etapas: a primeira etapa de levantamento dos dados in loco e uso de ferramentas computacionais para o processo de avaliação; a segunda abrange a para determinação do nível de eficiência global e parcial das clínicas. O edifício foi avaliado através do método prescritivo do RTQ-C. A avaliação realizada indicou os seguintes níveis parciais de eficiência energética: “D” para a envoltória, “C” para o sistema de iluminação e “C” para o sistema de condicionamento de ar, o que resultou no nível de eficiência global “C” para as clínicas. Constatou-se que a arquitetura das clínicas apresenta um bom desempenho energético, entretanto a envoltória foi prejudicada pelo não atendimento aos pré-requisitos; O sistema de iluminação e o de condicionamento de ar também não atenderam os pré-requisitos exigidos pelo RTQ-C. Com isso, verificou-se a necessidade de estudos que implementem melhorias energéticas nas clínicas analisadas.

Palavras-Chave: Eficiência Energética. Edificações. RTQ-C.

ABSTRACT

Brazil is going through a transformation in the construction sector and energy efficiency is a desired reality in modern buildings. An inherent characteristic of buildings is to provide thermal comfort, acoustic and visual users consuming little energy. Thermal comfort is determined by the envelope of the system and air conditioning. The visual comfort by the illumination system. And the acoustic, also by the envelopment. Therefore, the architectural design, lighting and air conditioning are crucial for achieving efficient buildings. On that basis, it was developed by Inmetro, the Quality Technical Regulations for Energy Efficiency of Commercial Buildings, and Public Services (RTQ-C). The RTQ-C contains the requirements that must be met for certain levels of efficiency of buildings covered by it. The aim of this study was to apply the RTQ-C to perform an energy evaluation of dental Campus VIII of the State University of Paraíba clinics, getting the overall efficiency levels and partial of envelopment systems, lighting and air conditioning. This study is composed of two stages: the first data collection stage in place and use of computational tools for the evaluation process; the second step for determining the level of overall efficiency and partial clinical. The building was assessed using the prescriptive method of RTQ-C. The evaluation indicated the following partial energy efficiency levels: "D" for the envelopment, "C" for the lighting system and "C" for the air conditioning system, which resulted in overall efficiency level "C" to the clinics. It was found that the architecture of the clinics has a good energy performance, but the envelopment was hampered by not to meet the prerequisites; the lighting system and air conditioning also did not meet the prerequisites required by RTQ-C. Thus, there is a need for studies to implement energy improvements in the clinical study

Keywords: Energy Efficiency. Buildings. RTQ-C.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Zoneamento bioclimático brasileiro.....	20
Figura 2 – Modelo de etiquetas parciais para a certificação de eficiência energética de edificações.....	26
Figura 3 – Modelo de etiqueta geral para a certificação da eficiência energética de edificações.....	26
Figura 04 – Locação das clínicas.....	28
Figura 05 – Fachada Norte das clínicas (A e B).....	29
Figura 06 – Fachada Sul das clínicas (A e B).....	29
Figura 07 – Fachada Leste e fachada Oeste (A e B).....	29
Figura 08 – Interior das clínicas.....	30
Figura 09 – Luminotécnico da clínica 01.....	35
Figura 10 – Luminotécnico da clínica 02.....	35
Figura 11 – Luminotécnico da clínica 03.....	36
Figura12 – Condicionamento de ar da clínica 01.....	38
Figura 13 – Condicionamento de ar da clínica 02.....	38
Figura 14 – Condicionamento de ar da clínica 03.....	39
Figura 15 – Unidades condensadoras das clínicas 01, 02 e 03, respectivamente.....	39
Figura 16 – ENCE do empreendimento avaliado.....	42

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 01 – Resultado da avaliação dos pré-requisitos da envoltória.....	32
Quadro 02 – Caracterização da envoltória a partir das variáveis do IC.....	33
Quadro 03 – Resultado do Cálculo do índice de consumo da envoltória.....	34
Quadro 04 – Resultado da avaliação dos pré-requisitos de sistema de iluminação.....	37
Quadro 05 – Nível de eficiência do sistema de iluminação pelo método da área.....	37
Quadro 06 – Avaliação dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar.....	40
Quadro 07 – Nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar.....	40
Quadro 08 – Determinação da classificação geral das clínicas.....	41
Tabela 1 – Combinação de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral.....	19
Tabela 2 – Parâmetros do $IC_{máxD}$	21
Tabela 3 – Parâmetros do $IC_{mín}$	21
Tabela 4 -Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.....	22
Tabela 5 – Síntese das exigências para transmitância térmica de cobertura para os diferentes níveis de eficiência e Zonas Bioclimáticas.....	22
Tabela 6 – Síntese das exigências para transmitância térmica de paredes externas para os diferentes níveis de eficiência e Zonas Bioclimáticas.....	23
Tabela 7 – Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum).....	24
Tabela 8 – Classificação geral.....	25
Tabela 09 – Transmitância térmica (U) das paredes e cobertura.....	31
Tabela 10 – Absortância média dos materiais.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Área condicionada
Aenv	Área da envoltória
Apcob	Área de projeção da cobertura
AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento
ANC	Área de piso não condicionada de permanência prolongada
Ape	Área de projeção da edificação
APT	Área de piso de permanência transitória
Atot	Área total de piso
AU	Área Útil
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento
CIB	Pesquisa de Inovação em Construção
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
Ct	Capacidade térmica
DPI	Densidade de Potência Instalada
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EqNumCA	Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar
EqNumDPI	Equivalente numérico do sistema de iluminação
EqNumEnv	Equivalente numérico da envoltória
EqNumV	Equivalente numérico de ambientes não-condicionados
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
FA	Fator altura
FF	Fator de Forma
FS	Fator Solar
ICenv	Indicador de consumo da envoltória
ICmáxD	Indicador de consumo máximo
ICmín	Indicador de Consumo mínimo
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PAFt	Percentual de Abertura da Fachada total
PAZ	Percentual de Iluminação Zenital
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa de Conservação de Energia Elétrica
PT	Pontuação Total da edificação
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade
Ucob	Transmitância térmica da cobertura
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFAD	Underfloor Air Distribution System
Upar	Transmitância térmica das paredes externas
Vtot	Volume total da edificação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES	16
3.2	PARÂMETROS AVALIADOS PELO RTQ-C	18
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA	28
5.2	CLASSIFICAÇÃO DAS CLÍNICAS	30
5.2.1	Classificação da Envoltória	30
5.2.2	Classificação do Sistema de Iluminação	34
5.2.3	Classificação do Sistema de Condicionamento de Ar	38
5.2.4	Nível global de eficiência	41
6	CONCLUSÕES	43
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS POSTERIORES	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

O debate sobre a sustentabilidade teve início na década de 80 através do Relatório de Brundtland (1987) e tem como definição geral: satisfazer as necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das futuras gerações. A partir de então, surgiram pesquisas e estudos no mundo todo visando construções sustentáveis nos parâmetros referentes as questões ambientais. Na construção civil o tema desenvolvimento sustentável surgiu pela primeira vez na década de 80 pelo referido Relatório, trazendo uma reflexão sobre o real alcance dos conceitos de sustentabilidade.

A tendência do mercado é a inclusão de práticas de sustentabilidade na construção, as empresas devem incorporar essas práticas nas suas atividades e em suas obras procurando soluções que sejam relevantes e viáveis ao empreendimento, sendo pressionados e estimulados pelo governo, consumidores, investidores e associações a se engajarem cada vez mais buscando soluções para incorporação dessas práticas visando o cuidado com o ambiente.

O desenvolvimento das cidades estabeleceu a qualificação e o uso de técnicas que sejam mais apropriadas e vantajosas para a construção de edifícios cada vez mais sustentáveis, são as edificações construídas com responsabilidade ambiental. Para se ter uma edificação ecologicamente correta observa-se características tais como: condicionamento de ar, posicionamento de fachada em relação ao nascente/poente do sol, destinação de resíduos sólidos, reuso de água dentre outros.

O objetivo do conceito de sustentabilidade na construção civil vem transformando o conceito de construir, tendo como objetivo promover a eficiência energética, de acordo com Lamberts et al. (2011), seria adequar as condições ambientais de conforto térmico aos usuários gastando o mínimo possível de energia elétrica. Estudos vem sendo feitos com o objetivo de aproveitar as condições naturais do ambiente através de estratégias bioclimáticas. Os usuários também são responsáveis pelo uso de edifícios eficientes através dos seus hábitos, podendo diminuir o consumo de energia, aumentando a eficiência das edificações e reduzindo desperdícios.

Na arquitetura a eficiência energética é uma característica inerente a edificação a fim de possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários consumindo pouca energia. Edifícios são mais eficientes que outros quando apresentam as mesmas condições ambientais, mas com menor consumo de energia. A sustentabilidade vem influenciando projetos da arquitetura quanto as questões de conforto ambiental com relação a eficiência energética, recursos para a construção e a operação do edifício, como materiais, energia e água, que

fazem parte das variáveis que vêm sendo empreendidas, com atenção especial na criação de propostas de menor impacto ambiental.

Pensando no aquecimento global e nos impactos ambientais irreversíveis causados pela geração de energia elétrica, observa-se um aumento nas discussões sobre políticas governamentais para prover as necessidades de produção de energia elétrica assim como políticas governamentais para a diminuição de consumo de energia elétrica pelo usuário final.

Em 2009 foi aprovado o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) pelo Inmetro. Regulamento este que estimulou a construção de edificações eficientes no Brasil. Segundo o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF 2010) a adoção de medidas de eficiência energética em prédios públicos vem recebendo atenção especial em diversos países. No Brasil, tem várias leis, decretos que buscam a racionalização do consumo de recursos energéticos em prédios públicos. Portanto, este plano propõe acrescentar ao escopo das edificações a obrigatoriedade da aplicação do RTQ-C, visando a etiquetagem.

Neste sentido, visto a necessidade de edificações cada vez mais eficientes, esse trabalho foi desenvolvido para avaliar como estão sendo atendidas as relações de uso e consumo energético nas clínicas de odontologia do Campus VIII da UEPB.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Fazer uma avaliação energética das clínicas de Odontologia do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-C).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a eficiência energética da Envoltória das clínicas de Odontologia;
- Estudar a eficiência energética do Sistema de Iluminação das clínicas de Odontologia;
- Estudar a eficiência energética do Sistema de Condicionamento de Ar das clínicas de Odontologia;
- Apresentar a classificação geral das clínicas, de acordo com os níveis reais de eficiência encontrados;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Segundo Carlo (2008) as primeiras normas de eficiência energética em edificações surgiram na década de 70. Diversos países deram início a programas de redução de energia, criando posteriormente normas de eficiência energética. Já no Brasil, a primeira lei de eficiência energética foi publicada em 2001.

A lei nº 10.295 de 2001 dispõe sobre a Política de Conservação e Uso Racional de Energia, regulamentada pelo decreto 4.059 de 19 de dezembro de 2001. Ficou decretado o estabelecimento de níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética em edificações construídas, que serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica. A partir de então, criou-se um Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), para desenvolver uma regulamentação que se aplique as edificações construídas no Brasil, objetivando o uso racional de energia elétrica (Brasil, 2001).

Posteriormente a lei 10.295, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) lançou em 2003 o Plano de Ação para Eficiência energética em Edificações (PROCEL Edifica), que visa construir as bases para racionalizar o consumo de energia nas edificações através do estabelecimento dos índices mínimos de eficiência energética da envoltória de uma edificação. Em junho de 2009 foi aprovado os Regulamentos Técnicos da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (doravante RTQ-C). O RTQ-C é a base do Inmetro para certificação da eficiência energética de edifícios não residenciais. Para Mori (2012), com início de implementação em 2009, entende-se que o RTQ-C irá estimular a construção de edificações eficientes através da exploração do “status” que poderão ter no mercado da construção civil.

A arquitetura moderna abrange não só o conforto ambiental e a energia, mas fatores ambientais, sociais, econômicos, urbano e de infraestrutura. O desafio está na seleção do material a ser usados para um determinado fim.

Quanto ao conforto ambiental e à eficiência energética, a finalidade da reabilitação tecnológica considera a diminuição da demanda por climatização e iluminação artificiais, utilizando-se de meios como: aquecimento passivo direto e indireto, ventilação natural, ventilação noturna, iluminação natural e demais estratégias, concluindo o remanescente por meio de tecnologias energeticamente eficientes (GONÇALVES, 2006). Um sistema de iluminação adequado é uma necessidade, principalmente para realização de trabalhos.

Um sistema de iluminação ineficiente, em geral, deve-se à presença frequente de lâmpadas fluorescentes de bulbo T12 com potência de 40W, reatores eletromagnéticos e luminárias ineficientes (LAMBERTS e WESTPHAL, 2000). A iluminação em ambientes de trabalho tem por objetivo permitir a atividade visual de forma confortável e com segurança, visando um menor consumo avaliando a maior eficiência do sistema. Um sistema de iluminação de qualidade pretende a visibilidade na superfície do trabalho não sendo assim afetada pela distribuição das luminárias e suas posições, evitando o ofuscamento, difusão, sombras e cores.

Segundo Leite (2003) nos edifícios e escritórios a grande parte do consumo de energia deve-se ao sistema de condicionamento de ar, utilizados para conforto térmico. Nos edifícios o consumo de energia elétrica está relacionado aos sistemas de iluminação, equipamentos para escritório e os sistemas de condicionamento de ar, sendo que 24%, 15% e 48% respectivamente, responsáveis pelo consumo de energia (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

A Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001, trata da Política nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, estabelecendo os níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos que consomem energia e que são fabricados ou comercializados no país assim como as edificações construídas. De acordo com Atikol (2004) novas concepções de sistemas de condicionamento de ar das edificações devem ser alterados nos projetos e *retrofits* para a diminuição do consumo de energia elétrica.

O sistema de condicionamento de ar deve levar em consideração o controle das condições do local instalado, as propriedades e parâmetros do ar, como temperatura, nível de ruído e qualidade do ar interior; utilizando-se de equipamentos condicionadores de diversos tipos para que os parâmetros ambientais sejam satisfeitos, uma potência inadequada utilizada pode não ser eficiente para as condições ambientais, ou tipo errado de potência pode causar um consumo maior de energia e/ou água. É necessário um bom dimensionamento do equipamento para reduzir assim o consumo de energia e/ou água e para um cálculo correto de rede de distribuição de ar aumentando a eficiência do sistema.

Estudos e pesquisas como as de Loudermilk (1999, apud LIN e LINDEN, 2005), Leite (2003), Bauman (2003), Chang, Kato e Chikamoto (2004), *Architeturar Energy Corporation* (2004), McCarry (1995), Matsuanawa, Iizuka e Tanabe (1995), Heinemeir, Schiller e Benton (1990), Wang, Arens e 0), Webster (2002) e Bauman e Webster (2001), Webster, Ring e Bauman (2000), recomendam o uso do sistema de climatização com distribuição de ar pelo piso (Underfloor Air Distribution Sistem- UFAD), pois esse proporciona conforto térmico ao

usuário bem como é promissor na diminuição de consumo de energia, pois sua eficiência está relacionada a possibilidade de uso de ciclos economizadores de acordo com as condições climáticas do local. O sistema UFAD funciona fornecendo ar resfriado através de difusores instalados no piso, que provem de um *plenum*, ou seja, o espaço livre de cerca de 30 cm entre a laje e o piso elevado.

3.2 PARÂMETROS AVALIADOS PELO RTQ-C

O Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) do Inmetro (INMETRO, 2010) possui caráter voluntário e especifica métodos para classificação de edifícios comerciais e de serviços públicos quanto a sua eficiência. Seu objetivo é criar condições para a etiquetagem voluntária do nível de eficiência energética dessas edificações (MORI, 2012).

Os edifícios submetidos ao RTQ-C devem atender as Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes e aplicáveis. Além disso, é importante destacar que nenhuma regulamentação em si garante um edifício de qualidade. Os níveis de eficiência podem ser maximizados com estratégias de projeto e sua devida compatibilização. E, principalmente, a contribuição positiva dos usuários através dos seus hábitos é fator decisivo para um edifício eficiente.

O RTQ-C aplica-se a edifícios com área total útil mínima de 500m² ou tensão de abastecimento superior a 2,3 kV, contendo ou não sistema de ar condicionado. Divide-se em três partes principais: envoltória (paredes externas), sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Permite classificar os sistemas individuais em níveis de eficiência que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Onde, após a avaliação de cada sistema através de seus pesos obtém-se a classificação geral da edificação.

Cada sistema parcial recebe os seguintes pesos:

- Envoltória = 30%
- Sistema de Iluminação = 30%
- Sistema de Condicionamento de Ar = 40%

Conforme o RTQ-C, na classificação da envoltória o nível de eficiência energética é estabelecido para a edificação toda. O nível de eficiência do sistema de iluminação pode ser estabelecido para um pavimento ou conjunto de salas. O sistema de ar condicionado também pode ter seu nível de eficiência avaliado para um pavimento ou conjunto de salas.

A eficiência da edificação deve ser avaliada através de uma das combinações da tabela 1:

Tabela 1 – Combinação de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral

Envoltória	Sistema de Iluminação	Sistema de Condicionamento de ar	Ventilação Natural
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação

Fonte: INMETRO, 2010.

O método prescritivo avalia a eficiência através de equações e tabelas. Enquanto que o método de simulação faz uma avaliação da eficiência de forma mais complexa.

O Método Prescritivo do RTQ-C classifica o nível de eficiência energética de uma edificação por meio de uma pontuação geral, que por sua vez é baseada na análise de 3 itens – envoltória, sistemas de iluminação e sistema de ar condicionado (MORI, 2012).

O critério envoltória indica o consumo da envoltória do edifício avaliado, representado pelo Indicador de Consumo (IC_{env}). O cálculo do indicador de consumo diz como a envoltória vai impactar o consumo de energia da edificação. A classificação da envoltória é única para cada volumetria de edificação, não podendo reproduzir-se resultados de outras edificações. Além disso, devido a extensão territorial do Brasil o clima não se comporta de maneira homogênea, existindo assim, diversas realidades climáticas. Portanto, o RTQ-C adota a divisão estabelecida pela NBR 15220 – Parte 3, que divide o Brasil em oito zonas bioclimáticas. A Figura 1 mostra essa divisão bioclimática:

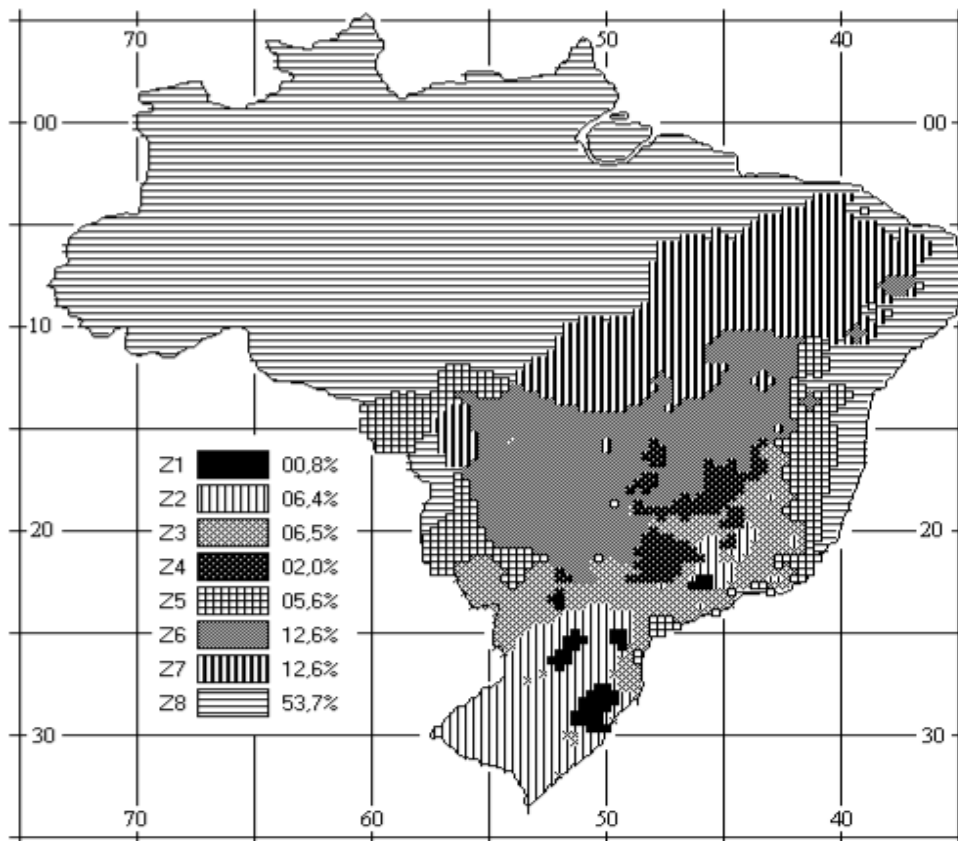


Figura 1 – Zoneamento bioclimático brasileiro

Fonte: NBR 15220 – Parte 3. ABNT, 2003.

Em cada zona o consumo de energia é alterado, então foram elaboradas equações que determinam o indicador de consumo da envoltória (IC_{env}) para cada zona. Esse indicador determina a eficiência da edificação. Adicionalmente, para cada zona bioclimática existem duas equações diferentes conforme a área de projeção da edificação (A_{pe}): para $A_{pe} < 500m^2$ e para $A_{pe} > 500m^2$.

Após determinar a zona bioclimática da edificação e escolhida a equação correspondente a área, segue-se com o cálculo do indicador de consumo que é feito através das seguintes variáveis:

A_{pe} : Área de projeção da edificação (m^2); área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos.

A_{tot} : Área total de piso (m^2); soma das áreas de piso dos ambientes fechados da construção, medidas externamente.

A_{env} : Área da envoltória (m^2); soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas.

AVS : Ângulo Vertical de Sombreamento, entre 0 e 45° (graus); ângulo formado entre dois planos que contêm a base da abertura.

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento, entre 0 e 45° (graus); ângulo formado entre dois planos verticais.

FF: Fator de Forma; razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação (A_{env}/V_{tot}).

FA: Fator altura; razão entre a área de projeção da cobertura e a área construída (A_{pcob}/A_{tot})

FS: Fator Solar; 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.

PAF_T: Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional); 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.

V_{tot}: Volume total da edificação (m³); volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura).

Para a classificação o RTQ-C no item 3.3 descreve as seguintes etapas:

- Calcula-se o indicador de consumo por meio da equação IC_{env} com os dados do projeto do edifício;
- Calcula-se o limite máximo do indicador de consumo para aquela volumetria, $IC_{máxD}$, por meio da mesma equação, mas com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 2; o $IC_{máxD}$ representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D, acima deste valor, a edificação passa a ser classificada com o nível E;

Tabela 2 – Parâmetros do $IC_{máxD}$

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

Fonte: INMETRO, 2010

- Calcula-se o limite mínimo $IC_{mín}$ por meio da equação, com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 3, o $IC_{mín}$ representa o indicador de consumo mínimo para aquela volumetria.

Tabela 3 – Parâmetros do $IC_{mín}$

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

Fonte: INMETRO, 2010

- Os limites $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$ representam o intervalo dentro do qual a edificação proposta deve se inserir. O intervalo é dividido em 4 partes (i), cada parte se refere a um nível de

classificação numa escala de desempenho que varia de “A” a “E”. A subdivisão i do intervalo é calculada pela fórmula $i = (IC_{\text{máxD}} - IC_{\text{mín}})/4$.

e. Com o valor de i calculado, preenche-se a seguinte Tabela 4.

Tabela 4 - Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

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

Fonte: INMETRO, 2010

f. Compara-se o IC_{env} (a) obtido com os limites da Tabela 4 e assim, identifica-se o nível de eficiência energética do projeto em questão.

Além do indicador de consumo a envoltória o RTQ-C no item 3.1 especifica pré-requisitos que devem ser atendidos pela edificação de acordo com o nível de eficiência pretendido. Os pré-requisitos são: transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies, iluminação zenital. Estes variam conforme o sistema construtivo e os materiais utilizados. As tabelas 5 e 6 apresentam uma síntese dos valores para transmitância térmica de cobertura e paredes externas.

Tabela 5 – Síntese das exigências para transmitância térmica de cobertura para os diferentes níveis de eficiência e Zonas Bioclimáticas

Zonas	$U_{\text{cob A}}$ (W/m²K)		$U_{\text{cob B}}$ (W/m²K)		$U_{\text{cob C e D}}$ (W/m²K)	
	Ambientes condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes condicionados	Ambientes não condicionados
ZB 1 a 2	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	
ZB 3 a 8	1,0	2,0	1,5	2,0		

Fonte: INMETRO, 2010.

Tabela 6 – Síntese das exigências para transmitância térmica de paredes externas para os diferentes níveis de eficiência e Zonas Bioclimáticas

Zonas Bioclimáticas	U_{par A} (W/m²K)	U_{par B} (W/m²K)	U_{par C e D} (W/m²K)
ZB 1 a 2	1,0	2,0	3,7
ZB 3 a 6		3,7	
ZB 7 a 8		2,7 W/m ² K, para C _T < 80 kJ/m ² K	
		3,7 W/m ² K, para C _T > 80 kJ/m ² K	

Fonte: INMETRO, 2010

Quanto a cores e absorvância de superfícies exige-se utilização de materiais no revestimento externo de absorvância solar baixa ($\alpha \leq 0,50$ do espectro solar) para as zonas 2 a 8. Recomenda-se consultar a NBR 15220 ou o fabricante de tintas para obter a especificação da absorvância solar.

A eficiência do sistema de iluminação é definida através da Densidade de potência Instalada (DPI), calculada de acordo com as atividades realizadas em cada ambiente da edificação. O RTQ-C exige que a iluminação dos ambientes seja determinada pela NBR 5413. Assim, calcula-se a potência de iluminação instalada, a Iluminância de projeto e compara-se com a Iluminância do sistema para determinação da eficiência. Mori (2012) argumenta que, quanto menor a potência utilizada, menor é a energia consumida e mais eficiente é o sistema, desde que garantidas as condições adequadas de iluminação. Este item deve ser avaliado por ambiente, uma vez que estes podem ter diferentes usos e, portanto, distintas necessidades de iluminação.

Além disso, deverão ser respeitados os critérios de controle do sistema de iluminação, especificados no item 4.1 do RTQ-C, conforme os pré-requisitos abaixo:

- a) Nível A – Deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente; controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível; o sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m² deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação.
- b) Nível B – Deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente; controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível;

- c) Nível C – Deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente;

Os demais níveis D e E não estabelecem características a serem atendidas.

O critério condicionamento de ar é avaliado pelo RTQ-C utilizando a classificação do Programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro (PBE/INMETRO) para aparelhos do tipo janela e split. Os aparelhos dos ambientes devem atender as normas brasileiras e/ ou internacionais e proporcionar adequada qualidade de ar. Adota-se a classificação eficiência energética das tabelas disponíveis no endereço eletrônico do INMETRO¹ considerando a última versão publicada. Ou ainda, quando houver sistema de condicionamento de ar não etiquetado pelo PBE/INMETRO deve-se seguir o item 5.4 do RTQ-C.

Mori (2012, p.45) nos diz que:

[...] O cálculo dos três diferentes níveis de eficiência parciais e do nível geral de eficiência podem ser alterados tanto por bonificações, que podem elevar a eficiência, quanto por pré-requisitos que, se não cumpridos, reduzem esses níveis. As bonificações são bônus de pontuação (até 1 ponto na classificação geral) que visam incentivar o uso de energia solar para aquecimento de água, uso racional de água, cogeração, dentre outros, mas sem a obrigatoriedade de constarem no edifício. Já os pré-requisitos referem-se a cada sistema em particular, e também ao edifício por completo, e seu cumprimento é obrigatório.

Cada sistema individual nos fornece uma pontuação que será enquadrado num dos níveis de eficiência da tabela 7.

Tabela 7 – Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: INMETRO, 2010.

Terminado o cálculo da eficiência destes três sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento de ar), os resultados parciais são inseridos na equação geral para verificar o nível de eficiência global da edificação (MORI, 2012). Assim, a classificação geral da edificação é calculada distribuindo os pesos de cada sistema na equação 1:

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

¹ <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

Onde:

PT: é a 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.

O número de pontos obtidos na equação acima define a classificação geral da edificação, conforme a Tabela 8 abaixo:

Tabela 8 – Classificação geral

PT	Classificação final
$\geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$< 1,5$	E

Fonte: INMETRO, 2010

Tanto a classificação final e parciais serão apresentadas numa Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). E, também, receberão o Selo Procel de economia de energia os edifícios que receberem Classificação A nos três requisitos parciais: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. A figura 2 e a figura 3 mostra um modelo de etiqueta parciais e geral para edificações.

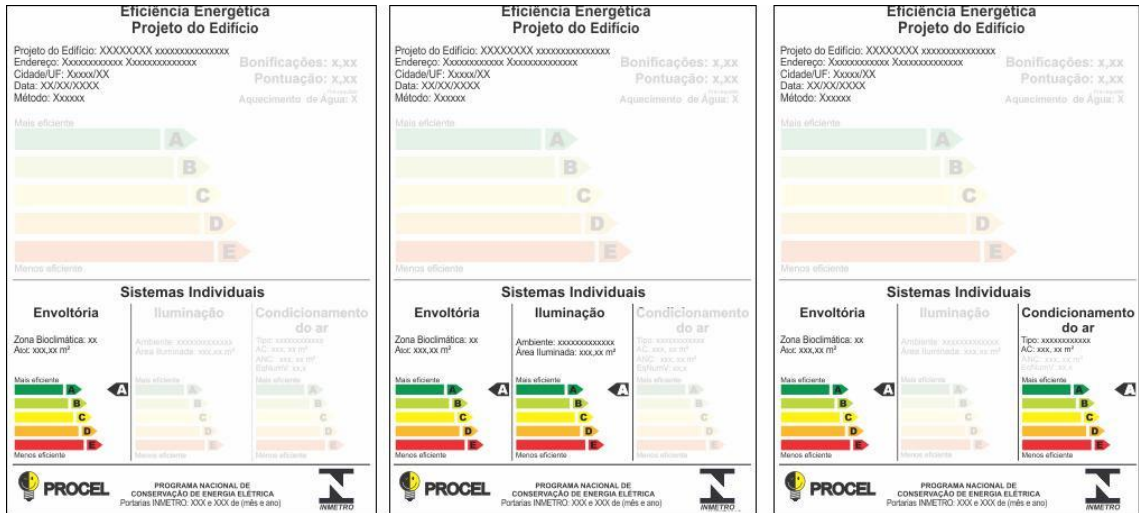


Figura 2 – Modelo de etiquetas parciais para a certificação de eficiência energética de edificações.

Fonte: LabEEE, 2011.

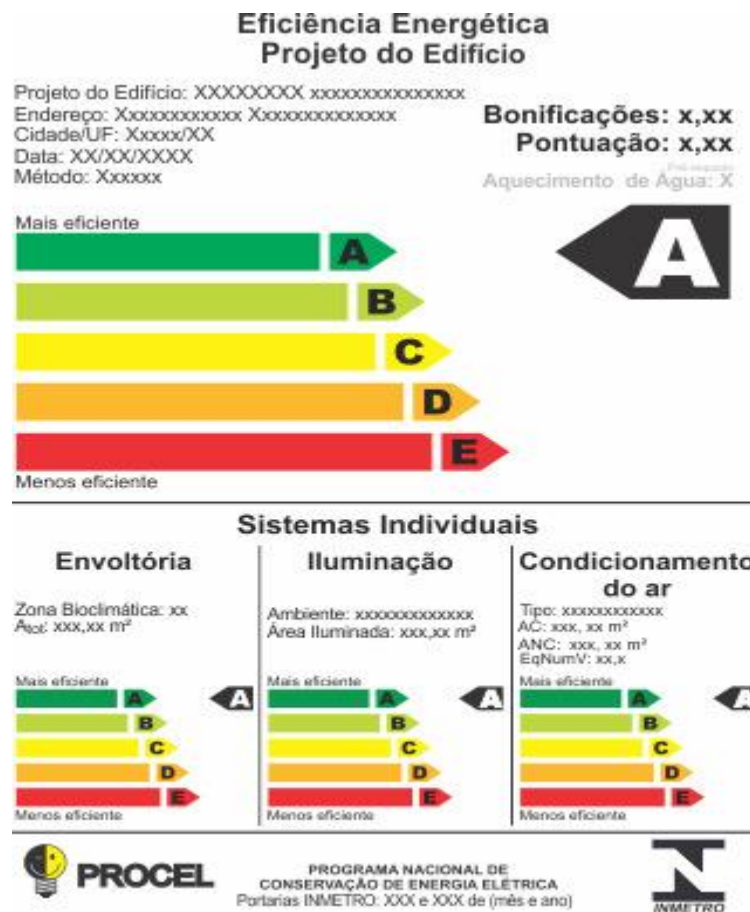


Figura 3 – Modelo de etiqueta geral para a certificação da eficiência energética de edificações

Fonte: LabEEE, 2011.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado nas clínicas de Odontologia do Campus VIII da UEPB (Universidade Estadual da Paraíba), localizado na cidade de Araruna/PB. Trata-se de uma avaliação do nível de eficiência energética das clínicas de Odontologia, realizado conforme prescreve o Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-C). O estudo se desenvolveu de acordo com as duas etapas descritas a seguir.

Na primeira etapa foi realizado um levantamento dos dados concernentes a edificação. Através de uma visita técnica e com o auxílio de uma trena, foram feitas todas as medidas necessárias do Bloco C, onde se localizam as clínicas, e registradas as características da tipologia arquitetônica. Foram registradas todas as características do Sistema de Iluminação. E também, as características do sistema de Condicionamento de Ar. Subsequentemente, os dados coletados foram projetados no software AutoCad² para o desenvolvimento dos seguintes projetos das clínicas: Arquitetônico, Luminotécnico e Condicionamento de Ar. Nessa etapa foram levantados os seguintes dados:

- Área de fachadas e da cobertura (envoltória da edificação);
- Área de projeção da cobertura;
- Área de projeção da edificação;
- Volume total da edificação;
- Área de piso;
- Área de aberturas envidraçadas;
- Percentual de abertura das fachadas;
- Orientação solar das fachadas;
- Fator solar das aberturas envidraçadas;
- Ângulos de sombreamento (proteções solares verticais e horizontais);
- Localização (zoneamento bioclimático brasileiro);
- Modelos de luminárias;
- Características das lâmpadas;
- Distribuição de circuitos;
- Atividades das clínicas;
- Características dos aparelhos de ar condicionado e sua localização.

Na segunda etapa foi feita a classificação da eficiência energética dos sistemas de Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar utilizando a metodologia prescrita no RTQ-

² A versão utilizada será a disponível no laboratório de informática da UEPB-Campus VIII.

C. Com isso, a edificação foi enquadrada no nível correspondente à sua pontuação alcançada. Assim, foi possível gerar uma Etiqueta Nacional de conservação de Energia (ENCE) para a edificação. Com o auxílio do software Excel foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Índice de consumo da edificação;
- Materiais e o sistema construtivo;
- Densidade de potência de iluminação;
- Classificação do Inmetro para os aparelhos de ar condicionado.
- Pontuação total da edificação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA

O registro fotográfico apresenta a localização, fachadas do bloco onde se localizam as clínicas e o interior das mesmas.



Figura 04 – Localização das clínicas

Fonte: Google Imagens



Figura 05 – Fachada Norte (A e B)



Figura 06 – Fachada Sul (A e B)



Figura 07 – Fachada Leste e fachada Oeste (A e B)



Figura 08– Interior das clínicas

5.2 CLASSIFICAÇÃO DAS CLÍNICAS

5.2.1 Classificação da Envoltória

O RTQ-C no item 2.2 determina que o nível de eficiência da envoltória sempre será estabelecido para a edificação completa, impossibilitando avaliar parcialmente por conjunto de salas. O interesse do presente estudo são apenas as clínicas, entretanto, para a aplicação da metodologia presente no RTQ-C todo o edifício será avaliado nesse quesito.

O sistema construtivo da edificação é composto por concreto armado e fechamentos em alvenaria do tipo não-estrutural. Os principais materiais utilizados na edificação foram os seguintes:

- Estrutura: concreto armado;
- Fechamentos: Alvenaria de tijolo cerâmico do tipo oito furos 9,0x19,0x19,0cm, rebocadas em ambos os lados com 2,5cm de espessura;
- Revestimentos: o revestimento externo é cerâmico cor salmão. O revestimento interno é pintura bege claro em todas as áreas;
- Aberturas: janelas de alumínio preto e vidro monolítico incolor de 6mm com película fumê cinza, com fator solar de 0,43³;

a) Análise dos pré-requisitos da envoltória

A análise dos pré-requisitos da envoltória baseia-se no item 3.1 do RTQ-C, conforme as recomendações da zona bioclimática da edificação. A edificação em estudo encontra-se na cidade de Araruna/PB, portanto enquadra-se na zona bioclimática 8. Consequente são

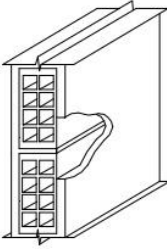

³ O fator solar foi adotado do Manual Técnico Build With Light, disponível no endereço eletrônico: http://www.sa.pt.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web_assets/gi_002781.pdf

avaliados os seguintes pré-requisitos: Transmitância térmica das paredes externas e coberta, cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital. O pré-requisito Percentual de Iluminação zenital (PAZ) é nulo, devido a não existência de aberturas na cobertura, como pode ser visto na Figura 04.

O primeiro pré-requisito é a transmitância térmica das paredes externas e coberta - diz respeito a transmissão de calor por unidade de tempo de uma área unitária. Nas paredes externas são compostas pelos materiais: tijolo cerâmico de meia vez rebocado e concreto (devido aos pilares e vigas aparentes nas fachadas). A cobertura é composta por telhas cerâmicas e laje de concreto armado.

A transmitância térmica é calculada com base nos dados de densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c). A NBR 15220 – Desempenho térmico das edificações: Parte 3, traz no anexo D as transmitâncias térmicas e capacidade térmica para os sistemas construtivos mais usuais que estão apresentados na Tabela 09 abaixo:

Tabela 09– Transmitância térmica (U) das paredes e cobertura

Componente	Descrição	U[W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]
	<p>Parede de tijolos 8 furos quadrados assentados na menor dimensão.</p> <p>Dimensão do tijolo: 9,0x19,0x19,0cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0cm</p> <p>Espessura da argamassa de reboco: 2,5cm</p> <p>Espessura total da parede: 15,0cm</p>	2,49	158
	<p>Cobertura de telha de barro com forro de laje mista.</p> <p>Espessura da telha 1,0 cm</p> <p>Espessura da laje: 12,0 cm</p>	1,92	113

Fonte: Adaptado da NBR 15220 – Parte 3.

O próximo pré-requisito avaliado foi a absorvância das paredes – quociente da radiação solar absorvida pela radiação incidente sobre a mesma superfície. Para tanto, se usou os dados de absorvância disponíveis na NBR 15220 – Parte 2 que estão apresentados na Tabela 10:

Tabela 10 – Absortância média dos materiais

Material	Absortância
Cobertura: Telha cerâmica	0,75
Parede: Pintura bege claro	0,3

Fonte: Adaptado da NBR 15220 – Anexo B.

Depois disso, os pré-requisitos são comparados com os limites exigidos pelo RTQ-C para cada nível de eficiência. O nível de eficiência será o mais baixo encontrado, porque limitará a classificação da envoltória. No quadro 01 segue os resultados:

Quadro 01 – Resultado da avaliação dos pré-requisitos da Envoltória

Pré-requisitos específicos	Exigências do RTQ-C				Valores calculados	Classificação
	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D		
Transmitância parede (cap. ter. sup. a 80J/m ² K)	3,7 W/m ² K	3,7 W/m ² K	3,7 W/m ² K	3,7 W/m ² K	2,49	A
Transmitância cobertura ambiente climatizado (cap. tér. sup. a 80J/m ² K)	1,0 W/m ² K	1,5 W/m ² K	2,0 W/m ² K	2,0 W/m ² K	1,92	C
Cores e absorvância de superfícies (parede)	$\alpha < 0,5$ (cores claras)	$\alpha < 0,5$ (cores claras)	-	-	0,75	C
Cores e absorvância de superfícies (cobertura)	$\alpha < 0,5$ (cores claras)	$\alpha < 0,5$ (cores claras)	-	-	0,75	C
PAZ	2,1 a 3%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%	-	-
FS	0,87	0,67	0,52	0,3	0,43	D
Nível de eficiência limitado pelo pré-requisito específico envoltória						D

Fonte: Autoria própria.

Pelo quadro 01 acima pode ser observado que os materiais telha cerâmica da cobertura e vidro das esquadrias impactaram negativamente a eficiência. A telha cerâmica possui alto valor de absorvância, resultando num valor acima do limitante. Já o vidro foi crucial para o nível de eficiência determinado, uma vez que suas características conferem um fator solar muito baixo. Esse fator solar deve-se a existência de uma película escura no vidro das janelas da fachada norte, reduzindo significativamente a contribuição da luz natural nos ambientes das clínicas.

b) Determinação do índice de consumo da envoltória

O indicador de consumo da envoltória (IC_{env}) fornece a eficiência da edificação considerando a área de cobertura maior ou menor que $500m^2$ e a zona bioclimática onde está localizado o edifício. Nesta edificação a área total é maior que $500m^2$ e está inserida na zona bioclimática 8, como visto anteriormente. A zona 6 e 8 recebe a seguinte equação:

$$IC_{env} = -160,36.FA + 1277,29.FF - 1921.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 290,25.FF.PAF_T.AVS.AHS - 120,58 \quad (\text{Eq. 02})$$

A equação 2 apresenta todos os parâmetros considerados no cálculo do IC_{env} . Portanto, foram calculados todos os referentes às características físicas do edifício e apresentados no Quadro 02.

Quadro 02 – Caracterização da envoltória a partir das variáveis do IC

Índices	Áreas	Equivalentes numéricos
A_{pcob}	Área de projeção da coberta	796,89 m ²
A_{tot}	Área total de piso	796,89 m ²
FA	Fator Altura	1
A_{env}	Área da envoltória	1435,13 m ²
V_{tot}	Volume total	3235,87 m ³
FF	Fator de Forma	0,44
PAF_t	Percentual de área de abertura na fachada	0,16
FS	Fator Solar	0,43
AVS	Ângulo vertical se sombreamento	21°
AHS	Ângulo horizontal de sombreamento	3°
$IC_{máx}$	Limite máximo do indicador de consumo	353,06
$IC_{mín}$	Limite mínimo do indicador de consumo	293,59
i	Subdivisão do intervalo	14,87
IC_{env}	Indicador de consumo da envoltória	296,86

Fonte: Memória de cálculo própria

Utilizando o software Microsoft Excel foi possível calcular todas as variáveis apresentadas no quadro acima e feito a comparação com os intervalos do quadro 03 abaixo:

Quadro 03 – Resultado do Cálculo do índice de consumo da envoltória

IC_{env}	296,86				
Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Máx	308,45	308,46	323,33	338,20	-
Lim Mín	-	323,32	338,19	353,06	353,07

c) Resultado da classificação final da envoltória

Como pode ser observado no quadro 03 (acima) a tipologia arquitetônica apresenta características que proporcionam um bom desempenho energética da envoltória, por isso o cálculo do indicador de consumo resultou no índice “A” de eficiência. Entretanto, as exigências dos pré-requisitos específicos forneceram um índice de eficiência “D”. Deste modo, a classificação final corresponde ao nível mais baixo de eficiência energética: “D”. Com isso, de acordo com a Tabela 7 o equivalente numérico da envoltória tem pontuação 2. E, portanto, as clínicas recebem a mesma classificação da envoltória.

5.2.2 Classificação do Sistema de Iluminação

De acordo com o RTQ-C no item 2.2, o nível de eficiência energética do sistema de iluminação pode ser estabelecido para um conjunto de salas, portanto, nesse critério é feito apenas a avaliação das três clínicas. Como as clínicas são utilizadas apenas para uma atividade principal (atendimento odontológico) o cálculo da densidade de potência instalada (DPI) foi feito pelo método das áreas do edifício. Também foi feito a determinação dos pré-requisitos do sistema de iluminação para a obtenção do nível de eficiência parcial do sistema de iluminação.

O projeto luminotécnico das clínicas estão expressos nas figuras 09, 10, e 11 abaixo e mostra disposição das luminárias e a divisão dos interruptores de acionamento manual das lâmpadas. Os disjuntores estão localizados na parte externa das salas.

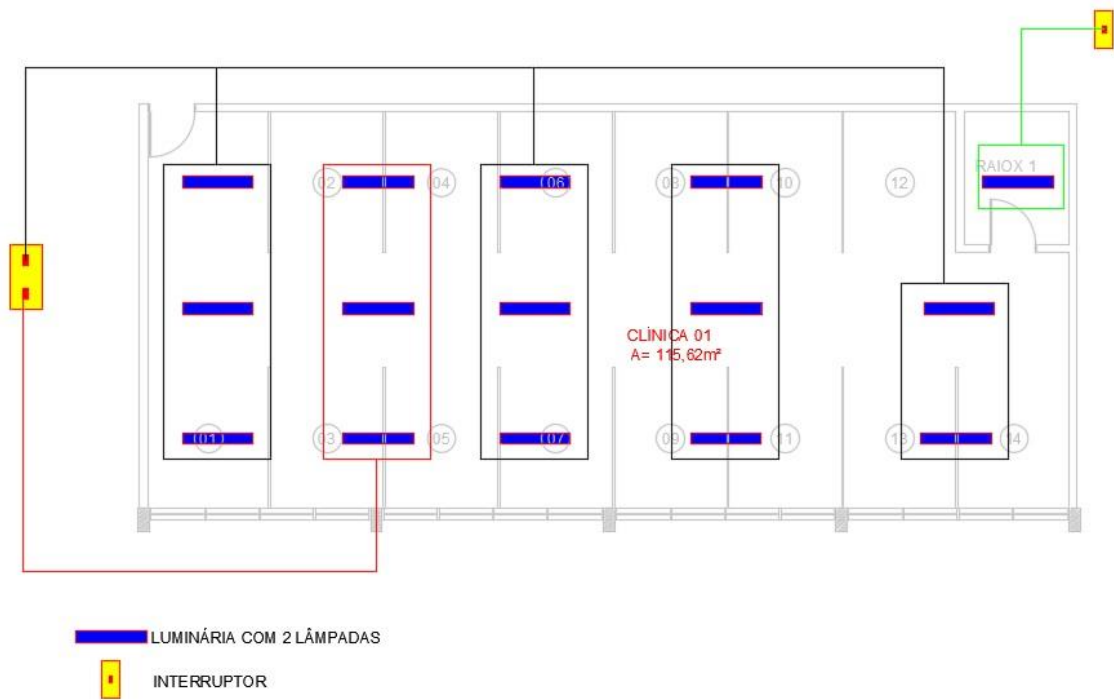


Figura 09 – Luminotécnico da clínica 01

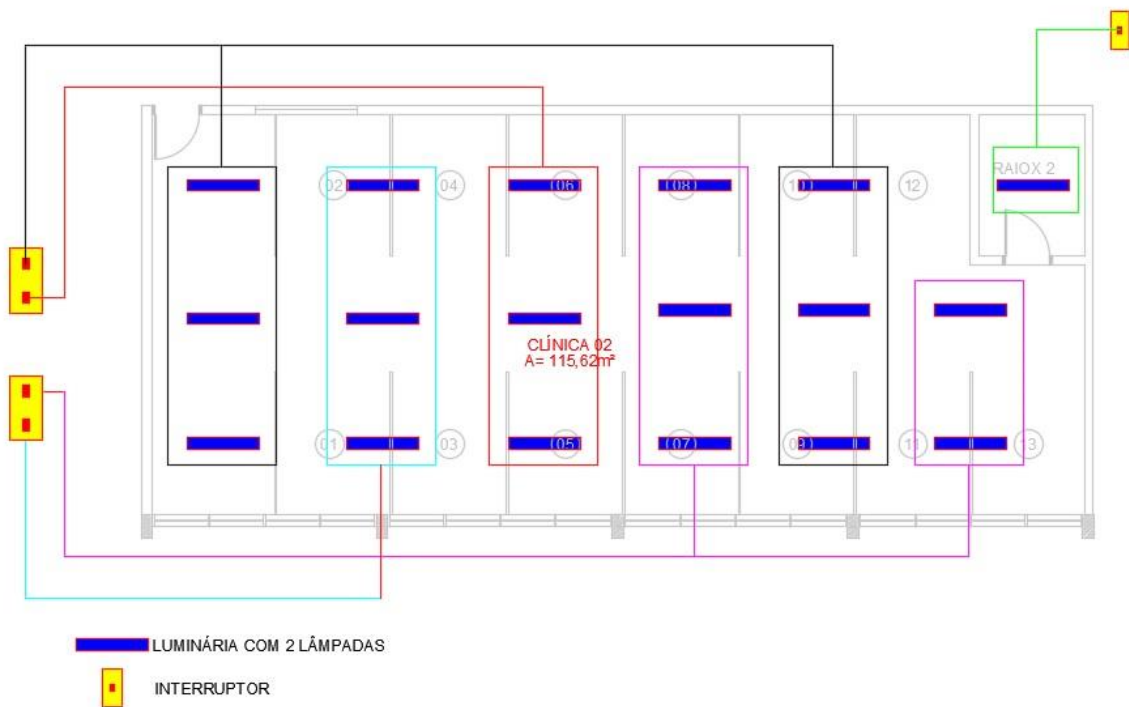


Figura 10 – Luminotécnico da clínica 02

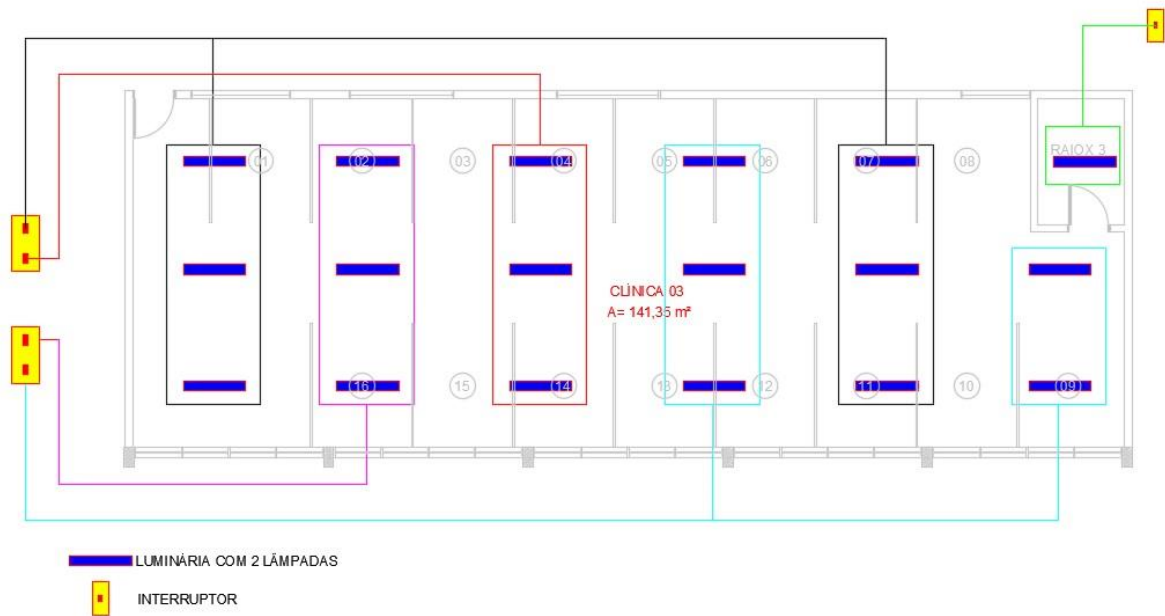


Figura 11 – Luminotécnico da clínica 03

a) *Pré-requisitos do sistema de iluminação*

O item 4.1 do RTQ-C especifica quais os critérios avaliados no *check list* de conferência dos pré-requisitos do sistema de iluminação. No primeiro pré-requisito foi observado que todos os ambientes do edifício possuem pelo menos um dispositivo de acionamento manual independente de iluminação interna, localizado fora das clínicas com identificação gráfica da área abrangida, atendendo ao critério de divisão de circuitos.

Todas as clínicas têm janelas na fachada norte, porém, foi verificado que não existe controle para acionamento independente da fileira de luminárias mais próximas a abertura. Portanto, a exigência não foi atendida em nenhuma das clínicas. Por fim, nenhuma das clínicas tem área maior que 250 m², conforme exigência deste item, não sendo exigido dispositivos de desligamento automático. Com isso, o Quadro 04 a seguir apresenta os índices e a classificação final dos pré-requisitos do sistema de iluminação.

Quadro 04 – Resultado da avaliação dos pré-requisitos de sistema de iluminação

Pré-requisitos específicos	Atendimento ao pré-requisito	Classificação
Divisão dos circuitos	SIM	C
Contribuição da luz natural	NÃO	
Desligamento automático do sistema de iluminação	-	

O nível de eficiência “C” determinado pelos pré-requisitos poderá ser elevado para o nível “A” desde que seja atendido ao critério de contribuição da luz natural com a instalação de um interruptor independente para o acionamento das fileiras de lâmpadas mais próximas as janelas.

b) Determinação da Densidade de Potência de Iluminação

O sistema de iluminação tem a seguinte tipologia padrão:

- Luminária fluorescente de embutir para duas lâmpadas tubular T10, em chapa de aço com aletas planas;
- Lâmpada fluorescente Sylvania T10, potência de 40W e temperatura de cor 5000K;
- A clínica 01 tem 15 luminárias e 30 lâmpadas; a clínica 02 tem 18 luminárias e 36 lâmpadas; a clínica 03 tem 18 luminárias e 36 lâmpadas.

Como já mencionado antes, os ambientes serão avaliados pelo método da área do edifício. Para a atividade de clínicas a Tabela 4.1 do RTQ-C apresenta os valores de Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPI_l) para cada nível de eficiência, mostrados no Quadro 05 seguinte:

Quadro 05 – Nível de eficiência do sistema de iluminação pelo método da área

Atividade Principal do edifício	Clínica odontológica			
Área iluminada do edifício (m ²):	372,59			
Densidade de Potência de Iluminação (W/m ²):	A	B	C	D
	9,4	10,8	12,2	13,6
Potência Limite (W):	3502,35	4023,97	4545,60	5067,22
Potência Total instalada (W):	4080			
Nível de eficiência:	C			

Fonte: Adaptado do RTQ-C.

A potência instalada é maior que a exigida pela Tabela 4.1 do RTQ-C para a função clínicas. Pelo Quadro 05 acima tem-se uma potência de 577,65W a mais instalada que a necessária para o nível “A” em eficiência. Portanto, há mais lâmpadas que o necessário, gerando um consumo extra de energia elétrica.

c) Resultado da classificação final da iluminação

Tanto a avaliação dos pré-requisitos, como a densidade de potência de iluminação alcançaram nível “C”, sendo este o nível final de eficiência da iluminação e representa o equivalente numérico igual a 3.

5.2.3 Classificação do Sistema de Condicionamento de Ar

O equivalente numérico do sistema depende dos pré-requisitos específicos e da classificação do Inmetro para cada aparelho.

Cada clínica tem um aparelho de Condicionamento de ar do tipo Split resultando em uma zona térmica em cada clínica, como observado na Figura 12, 13, 14:



Figura 12– Condicionamento de ar da clínica 01



Figura 13 – Condicionamento de ar da clínica 02



Figura 14 – Condicionamento de ar da clínica 03

a) Pré-requisitos específicos do sistema de condicionamento de ar

Foi verificado que apenas a unidade condensadora da clínica 01 tem sombreamento permanente, as unidades das clínicas 02 e 03 não são sombreadas durante todo o dia, conforme mostra a figura 15 abaixo, portanto, a exigência não foi atendida. Já o isolamento térmico dos dutos de ar foram executados. O condicionamento de ar por aquecimento artificial não é utilizado na edificação, portanto a avaliação desse pré-requisito foi desconsiderada.



Figura 15 – Unidades condensadoras das clínicas 01, 02 e 03 respectivamente.

Uma vez que os pré-requisitos não foram atendidos plenamente, o nível eficiência do sistema de ar condicionado não poderá ser “A”. Este fica enquadrado no nível “B”, como mostrado na Quadro 06:

Quadro 06 – Avaliação dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar

Pré-requisitos específicos	Atendimento do pré-requisito	Classificação
Proteção das unidades condensadoras	NÃO	B
Isolamento térmico para dutos de ar	SIM	
Condicionamento por aquecimento artificial	-	

b) Avaliação do nível de eficiência dos aparelhos

Os aparelhos de cada clínica são:

- Clínica 01: Split, marca RHEEM, 48000 Btu/h, 14,06kW
- Clínica 02: Split, marca RHEEM, 48000 Btu/h, 14,06kW
- Clínica 03: Split, marca ELGIN, 60000 Btu/h, 14,06kW

Conhecido os aparelhos de cada clínica consultou-se na página eletrônica do INMETRO o nível de eficiência de cada aparelho, apresentados no quadro 07 abaixo:

Quadro 07 – Nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar

Tipo de aparelho	Classificação Inmetro	Equivalente numérico	Equivalente numérico final	Nível do sistema de condicionamento de ar
Split	C	3	2,67	C
Split	C	3		
Split	D	2		

Fonte: Adaptado do Inmetro.

c) Resultado final da avaliação do sistema de condicionamento de ar

O nível final de eficiência do sistema foi definido segundo o alcançado pelos aparelhos, o mais baixo, resultando nível “C”. Os aparelhos utilizados nas clínicas possuem

baixo nível de eficiência (2,67 respectivamente), o que explica a classificação alcançada. Por fim, o equivalente numérico é igual a 3.

5.2.4 Nível global de eficiência

A determinação do nível geral da edificação estudada é obtida aplicando-se a equação final de pontuação (Equação 1), onde são considerados os valores dos equivalentes numéricos de cada sistema: envoltória (nível “D”) equivalente igual a dois; Iluminação (nível “C”) equivalente igual a três; condicionamento de ar (nível “C”) equivalente igual a três. O quadro 8 define a classificação final e parcial para a pontuação obtida.

O nível geral de eficiência pode receber até um ponto de bonificação desde que existam iniciativas inovadoras que aumentem a eficiência da edificação. Entretanto, não foi identificada nenhuma solução inovadora nas clínicas. Com isso, as bonificações não se aplicam a classificação geral.

A classificação final pode ser observada no Quadro 08:

Quadro 08 – Determinação da classificação geral das clínicas

Índices	Áreas	Equivalentes numéricos
EqNumEnv	Equivalente numérico da envoltória	2,0
EqNumDPI	Equivalente numérico do sistema de iluminação	3,0
EqNumCA	Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar	3,0
EqNumV	Equivalente numérico de ambientes não condicionados	0,0
APT	Área de piso dos ambientes de permanência transitória	0,0
ANC	Área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada	0,0
AC	Área de piso dos ambientes condicionados	372,59
AU	Área útil	372,59
b	Bonificações	0,0
PT	Classificação geral das clínicas	2,70
Nível Geral de eficiência Energética das clínicas		C

O nível global de eficiência energética do edifício resultou no nível “C”. Na figura 15 é apresentada a Etiqueta Nacional de Conservação de energia. Esta ENCE compreende os três

níveis parciais e o nível final de eficiência energética correspondente as três clínicas avaliadas.

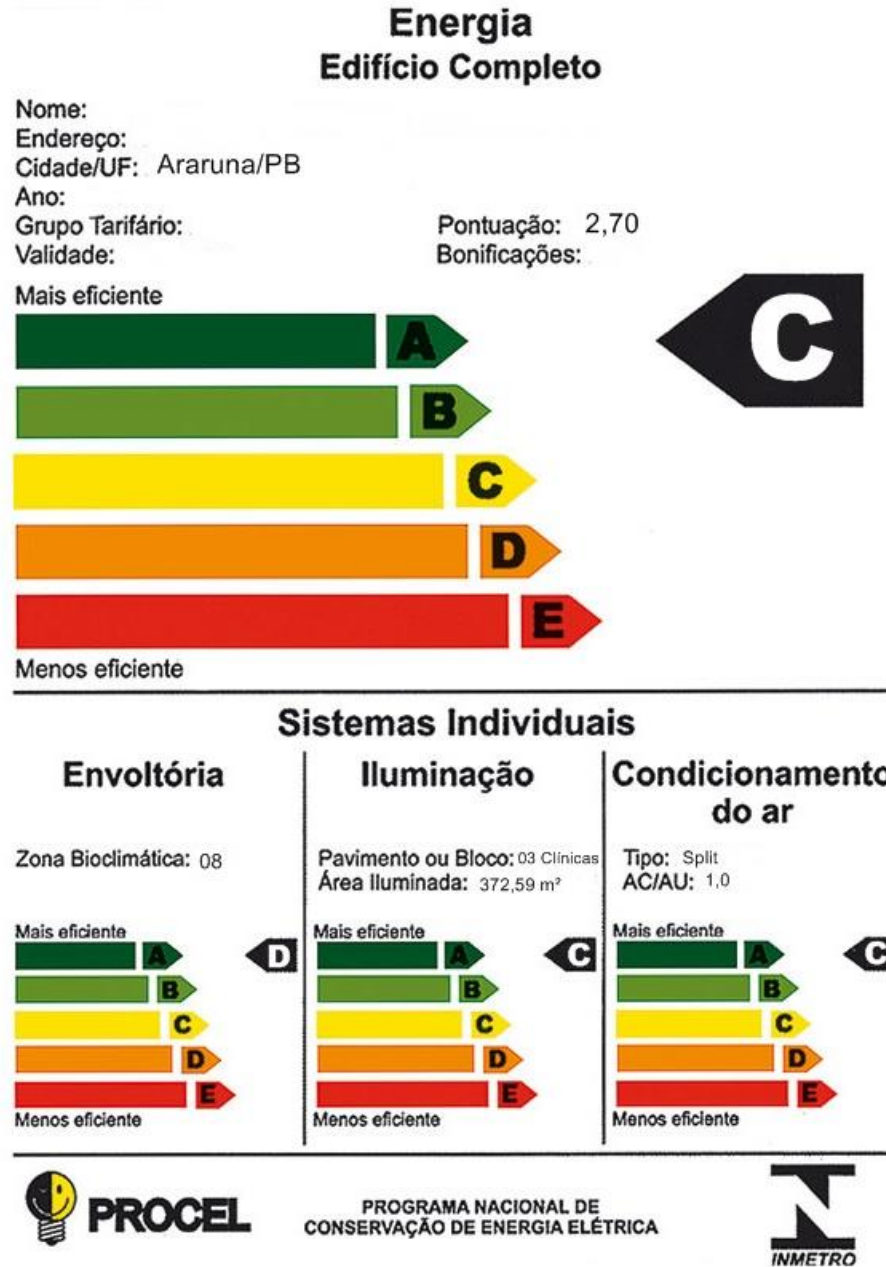


Figura 16- ENCE do empreendimento avaliado

Fonte: Adaptado do Inmetro

6 CONCLUSÕES

Conforme estudo realizado seguindo o Regulamento Técnico da Qualidade e as normas técnicas pode-se concluir que a arquitetura das clínicas apresentou características razoáveis de desempenho energético da envoltória, resultando no índice de eficiência “C”. Enquanto que as exigências dos pré-requisitos específicos tiveram um nível “D”, sendo mais baixo em eficiência energética. Isso se justifica devido ao tipo de telha da cobertura, que tem absorvância de sua superfície muito elevada. E, também devido a película fumê existente no vidro das janelas na fachada norte.

No sistema de iluminação o edifício atende aos critérios de divisão de circuitos, pois em todos os ambientes tem um dispositivo de acionamento manual independente para iluminação interna. As clínicas apresentaram áreas menores que 250 m², o que não exige dispositivos de desligamento automático. A avaliação dos pré-requisitos do sistema de iluminação e a densidade de potência de iluminação foram classificados no nível de eficiência “C”. Indicando que o sistema tem uma potência instalada maior que a necessária, gerando um consumo extra de energia elétrica.

O sistema de condicionamento de ar apresenta algumas unidades condensadoras que não há sombreamento permanente. Os aparelhos do tipo Split são de baixa eficiência energética, resultando na classificação do sistema de condicionamento de ar no nível de eficiência “C”.

Portanto, as clínicas avaliadas foram classificadas no nível global de eficiência “C”.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS POSTERIORES

Durante a avaliação foi percebido a oportunidade de trabalhos futuros que possam implementar melhorias no edifício estudado, tais como:

- Adequação dos sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar segundo as normas técnicas vigentes.
- Sugere-se ainda a elaboração de um projeto de *Retrofit* energético que eleve o edifício a classificação máxima “A” em eficiência energética. Análise de seus custos e benefícios, e a viabilidade de sua implantação.
- Estudo das possíveis tecnologias inovadoras que podem ser implementadas para economizar energia elétrica nas clínicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCHITECTURAL ENERGY CORPORATION, BOULDER. C.O. Design Brief: Underfloor air distribution na acces floors. **Energy Design Resources**. Califórnia: eNews for Designers, Issue 36, 2004.

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

ATIKOL, U.A. Demand-side planning approach for the commercial sector of developing countries. **Energy**. Oxford: Pergamon Press, v.29, p.257-266, 2004.

BAUMAN, F.S. **Designing UFAD Systems: Updated Guidelines**. Presentation for the Professional Development Seminar. Central PA ASHRAE UFAD Workshop, York, nov. 2006. Pennsylvania, 2006. Disponível em: <<http://www.cbe.berkeley.edu/>>. Acesso em: 02 de outubro de 2015.

_____; WEBSTER, T. Outlook for Underfloor Air Distribution. **ASHRAE Journal**, New York, v. 43. N.6, p.18-25, 2001.

BRASIL. Decreto 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**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm>. Acesso em: 14 de fevereiro 2016.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-eficiencia-energetica>> Acesso em: 11 de novembro de 2015.

CARLO, Joyce C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais**. Santa Catarina: Florianópolis, 2008.

CHANG, H.; KATO, O.S. CHIKAMOTO, T. Effects of outdoor air conditions or hybrid air conditioning based on task/ambient strategy with natural and mechanical ventilation in office buildings. **Building and Environment**. Oxford: Pergamon Press, v.39, p.153-164. 2004.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81. 2006.

HEINEMEIER, K. E.; SCHILLER, G. E.; BENTON, C.C. Task conditioning for the workplace: issues a challenges. **ASHRAE Transaction**, Atlanta, v.96. p.2, 678-689, 1990.

INMETRO. Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos Disponível** em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>. Acesso em: 11 de novembro de 2015.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A.; CARLO, J.; BATISTA, J.; MARINOSKI, D.; NARANJO, A. Desempenho Térmico de Edificações. Apostila de Desempenho Térmico de Edificações, curso de graduação em Engenharia Civil da UFSC, p. 28-33, Florianópolis, 2011.

LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F. Energy efficiency in building in Brazil. Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação na Construção (CIB), 2000. Florianópolis. Anais... São Paulo, São Paulo: CIB, 2000.

LEITE, B. C. C. **Sistemas de ar condicionado com insuflação pelo piso em ambientes de escritórios: avaliação do conforto térmico e condição de operação.** São Paulo, 2003. 235 f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, EP-USP, 2003.

LIU, Y. L.P.; LINDER, P. F. A model for an under floor air distribution system. **Energy and Buildings**, Lausanne: Elsevier science, v. 37, p. 399-409, 2005. LONDERMILK, K.L. Under-floor air distribution solutions for open office applications. **ASHRAE Transactions**, v.105 (1), p. 605-613, 1999.

MACCARRY, B. T. Underfloor air distribution systems: benefits and when to use system in building design. **ASHRAE Transaction**, Atlanta, 101, pt.2. p. 902-911, 1995.

Manual Técnico build with light. Disponível em:

<http://www.sa.pt.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web_assets/gi_002781.pdf>. Acesso em: 05 de março de 2016.

MATSUMAWA, K.; ILZUKA, K. H.; TANABE, S. Development and application of an underfloor air conditioning system with improved outlets for a smart building in Tokyo. **ASHRAE Transaction**, Atlanta, v.101, pt. 2. P.887-901, 1995.

MORI, Fabiano K. **Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras.** Paraná: Curitiba, 2012.

WANG, D.; ARENS, E. WEBSTER, T.; SHI, M. How the number and placement of sensors Controlling Room Air Distribution Systems Affect Energy Use and comfort. In: INTERNATIONAL CONFERENCE FOR ENHANCED BUILDING OPERATIONS, 2001, Richardson. **Proceedings**... Texas, 2002.

WEBSTER, T.; BAUMAN, F. **Supply fan energy use in pressurized underfloor plenum system.** Cater for the Build Environment, University of California, 2000.