

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**PETHROS WINNCENZ RUDOLPH BUTZKE**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROJETO DE UM HOSPITAL  
EM RIO DO SUL ATRAVÉS DO REGULAMENTO BRASILEIRO DE  
ETIQUETAGEM**

**FLORIANÓPOLIS**

**2018**

**PETHROS WINNCENZ RUDOLPH BUTZKE**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROJETO DE UM HOSPITAL  
EM RIO DO SUL ATRAVÉS DO REGULAMENTO BRASILEIRO DE  
ETIQUETAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
banca examinadora na Universidade Federal  
de Santa Catarina para obtenção do título de  
Engenheiro Civil.

Orientador: Roberto Lamberts, PhD.

**FLORIANÓPOLIS**

**2018**

PETHROS WINNCENZ RUDOLPH BUTZKE

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROJETO DE UM HOSPITAL  
EM RIO DO SUL ATRAVÉS DO REGULAMENTO BRASILEIRO DE  
ETIQUETAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia  
Civil, pela Banca examinadora formada por:

Aprovado em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_.



---

Orientador: Prof. Roberto Lamberts, PhD, UFSC

---

Membro: Prof. Fernanda Marchiori, Doutora, UFSC

---

Membro: Prof. Michele Fossati, Doutora, UFSC

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais por terem me dado a oportunidade de ingressar no curso de engenharia civil e por todo apoio durante a faculdade. Por serem exemplos de pessoas incríveis que espero ser um dia.

A todo restante da minha família, namorada, amigos e demais pessoas que sempre me incentivaram e estiveram ao meu lado ao longo dessa jornada acadêmica.

Ao meu orientador, professor Roberto Lamberts e à minha co-orientadora Ana Paula Melo, pelo auxílio e tempo dedicado a esse trabalho.

A Portal Engenharia que forneceu os projetos do empreendimento e sanou diversas dúvidas.

Por fim, agradeço também a toda equipe do Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina.

## RESUMO

A avaliação do desempenho energético em edifícios tem sido cada vez mais relevante, visto que grande parte do consumo de energia elétrica no país vem desse setor. Esse trabalho tem como objetivo classificar a eficiência energética de uma edificação através de um novo método de avaliação denominado INI-C (Instrução Normativa do Inmetro). Foi escolhido o projeto de uma edificação hospitalar ainda não executada, a qual será localizada na cidade de Rio do Sul, Santa Catarina. A avaliação é realizada nos três principais sistemas da edificação: envoltória, sistema de iluminação e o sistema de ar condicionado. Utilizou-se as fórmulas e diretrizes da INI-C desenvolvida pelo CB3E (Centro Brasileiro de Eficiência Energética) e explicou-se o procedimento para elaboração da escala de eficiência energética utilizando duas condições, a condição real e a condição de referência. Com as informações descritas nos projetos do hospital e seguindo os procedimentos descritos no método foi possível avaliar os sistemas e classificá-los em níveis de eficiência energética variando de “A” até “E”. Por fim, foram sugeridas alterações na envoltória da edificação afim de melhorar seu desempenho térmico e energético.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Classe de eficiência Energética. Etiquetação.

## ABSTRACT

Recently, the evaluation of energy performance in buildings has been increasing, since a high amount of the country electricity consumption comes from this sector. This work aims to classify the energy efficiency of a building through a new method of evaluation called INI-C (Normative Instruction of Inmetro). The project of a hospital building not yet completed was chosen. The building will be located in Rio do Sul, Santa Catarina. The evaluation is carried out in three main systems of the building: wrapping, lighting system and the air conditioning system. The INI-C formulas and guidelines developed by CB3E (Brazilian Center for Energy Efficiency) were used and the procedure for elaborating the energy efficiency scale was explained using two conditions: the actual condition and the reference condition. With the information described in the hospital projects and following the procedures described in the method, it was possible to evaluate the systems and to obtain the efficiency class of each one, classifying them in efficiency levels from "A" to "E". Finally, changes were suggested in the envelopment of the building in order to improve its thermal and energetic performance.

**Keywords:** Energy Efficiency. Energy efficiency class. Labeling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Proposta da nova ENCE .....	19
Figura 2 – Separação de zonas térmicas para edificações maiores que 9m de comprimento e 9m de largura. ....	22
Figura 3 - Fachada Oeste. ....	32
Figura 4 - Fachada Sul e fachada norte respectivamente. ....	33
Figura 5 - Fachada Leste .....	33
Figura 6 - Propriedades térmicas da parede.....	34
Figura 7 - Propriedades térmicas da cobertura. ....	34
Figura 8 - Interface do meta-modelo para inserção dos parâmetros da envoltória.....	37
Figura 9 - Propriedades térmicas da sugestão de parede .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites dos parâmetros da edificação atendidos pelo método simplificado. ....	20
Tabela 2 – Valores de referência para edificações hospitalares. ....	21
Tabela 3 – Limite máximo de densidade de potência de iluminação (DPLL). ....	24
Tabela 4 - Fator de ponderação para grupo climático de Rio do Sul .....	26
Tabela 5 - Eficiência mínima de resfriadores do tipo condensação a água alternativo.....	27
Tabela 6 - Coeficiente de redução da carga térmica total anual.....	29
Tabela 7 - Limites dos intervalos das classes de eficiência energética da envoltória. ....	30
Tabela 8 - Intervalos relativos a cada classe de eficiência energética do sistema de iluminação. .....	31
Tabela 9 - Tabela de luminárias do hospital.....	35
Tabela 10 - Parâmetros da envoltória na condição real da edificação.....	38
Tabela 11 - Parâmetros da envoltória na condição de referência da edificação.....	39
Tabela 12 - Tabela de forro do Hospital.....	40
Tabela 13 – Resultado da carga térmica anual real por zona térmica. ....	42
Tabela 14 - Resultado da carga térmica anual de referência por zona térmica. ....	43
Tabela 15- Escala de classificação energética preenchida com os valores de $i$ e $C_{gTRE}$ . ....	44
Tabela 16 - Resultado da carga térmica anual com isolamento térmico na parede.....	45
Tabela 17 - Resultado da carga térmica anual com alteração na cobertura.....	46
Tabela 18 - Resultado da carga térmica anual com alterações nos componentes construtivos. .....	47
Tabela 19 - Cálculo da Potência limite para condição de referência.....	48
Tabela 20 - Cálculo da Potência limite para condição de referente à classe A .....	48
Tabela 21 - Cálculo do coeficiente $i$ para o sistema de iluminação. ....	48
Tabela 22 - Intervalos entre classes de eficiência energética do sistema de iluminação.....	48
Tabela 23 - Cálculo da Potência total instalada.....	49
Tabela 24 - Valores de eficiência nas quatro condições de operação .....	49



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CB3E = Centro Brasileiro de Eficiência Energética

ENCE = Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

INI-C = Instrução normativa do Inmetro para edificações Comerciais

INMETRO = Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

PBE = Programa Nacional de Etiquetagem

PROCEL = Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	17
2.2	DESCRIÇÃO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA DO INMETRO .....	18
2.2.1	ENVOLTÓRIA .....	20
2.2.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	23
2.2.2.1	REQUISITOS MÍNIMOS PARA OBTENÇÃO DA CLASSE A.....	24
2.2.3	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR .....	25
2.3	DETERMINAÇÃO DA ESCALA PARA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	28
2.3.1	ENVOLTÓRIA .....	28
2.3.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	30
2.3.3	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR .....	31
<b>3</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>32</b>
3.1	O EMPREENDIMENTO .....	32
3.1.1	ENVOLTÓRIA .....	32
3.1.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	34
3.1.3	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR .....	35
3.2	MÉTODO DE ANÁLISE DOS SISTEMAS .....	37
3.2.1	ENVOLTÓRIA .....	37
3.2.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	40
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
4.1	ENVOLTÓRIA .....	42
4.1.1	ALTERAÇÕES NA ENVOLTÓRIA DA EDIFICAÇÃO .....	44
4.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	47

4.3	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR .....	49
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>



## 1 INTRODUÇÃO

No ano de 2001 o Brasil sofreu com uma grande crise energética, com a falta da geração e transmissão de energia elétrica em grande parte do território brasileiro. Com isso, o governo estipulou metas de redução do consumo de energia afim de evitar maiores problemas. Grande parte da matriz energética brasileira vem das hidrelétricas, e em 2001 o Brasil passava por um período de seca. Essa estiagem fez com que o potencial de geração de energia diminuísse justamente em um período em que o País estava em fase de desenvolvimento.

Paralelo a isso, o governo brasileiro estimulou o desenvolvimento de programas para reduzir o consumo de energia no País. Assim, foram desenvolvidas etiquetas como a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), a qual especifica requisitos mínimos de desempenho estabelecidos por normas e regulamentos. O CB3E (Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações), a academia e a indústria foram os responsáveis por desenvolver um método para avaliar a eficiência energética de edificações e determinar a classe de eficiência que constará na etiqueta.

O novo método de avaliação de eficiência energética em edificações surgiu a partir de constatações de limitações do atual método prescritivo do RTQ-C e baseia-se no consumo de energia primária, que nada mais é que a energia disponível na natureza a qual não foi submetida há nenhum processo de transformação e avalia os quatro principais sistemas da edificação: a envoltória, a qual consiste nos planos que separam o ambiente externo do interno, ou seja, os elementos construtivos das fachadas e coberturas; o sistema de ar condicionado e por fim o sistema de iluminação.

Basicamente é feita uma comparação com os dados reais da edificação levantados através de projetos, com os valores de referência descritos no método (PBE EDIFICA E CB3E). Como resultado, tem-se o consumo de energia elétrica ou térmica de cada sistema, com sua respectiva escala de eficiência energética, podendo receber uma nota de “A” até “E”, sendo “A” o valor de melhor eficiência e “E” o pior. O novo método, porém, ainda não foi aprovado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

A proposta deste trabalho é colocar em prática o nova INI-C desenvolvida pelo CB3E a partir da escolha de uma tipologia de hospitais e com os resultados sugerir alternativas afim de melhorar o desempenho de eficiência energética.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Determinar a classe de eficiência energética dos principais sistemas do hospital localizado na cidade de Rio do Sul, de acordo com a nova INI-C.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a eficiência da envoltória e classifica-la energeticamente;
- Avaliar a eficiência do sistema de iluminação e classifica-lo energeticamente;
- Avaliar a eficiência do sistema de condicionamento de ar e classifica-lo energeticamente;
- Introduzir soluções afim de melhorar a eficiência energética e o desempenho térmico da envoltória da edificação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O termo sustentabilidade e desenvolvimento sustentável já vem sendo discutidos desde os anos 70 na Conferência da Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, popularmente conhecida como Conferência de Estocolmo, porém naquela época o assunto ainda não era tão popular. Anos mais tarde foram surgindo outras conferências e eventos ligados ao desenvolvimento e a sustentabilidade, entretanto foi só em 2001 com a crise energética que o Brasil de fato sentiu do que se tratava o problema. Esse marco histórico conhecido como “apagão” fez com que medidas de eficiência energética fossem tomadas.

Primeiramente o governo iniciou um processo de conscientização, para que as pessoas diminuíssem o consumo de energia elétrica em suas casas. Após isso o Ministério de Minas e Energia promulgou a Lei Nº 10.295 a qual estabeleceu mecanismos e medidas que implicassem em edificações energeticamente mais eficientes (PROCEL INFO 2001). Com a aplicação dessa lei as máquinas e aparelhos consumidores de energia passaram a ter níveis mínimos de eficiência energética.

Tal fato fez com que o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) torna-se obrigatório em inúmeros produtos eletrodomésticos no país. Para classificar cada equipamento há uma escala de eficiência dividida em cinco níveis, variando de A, melhor eficiência, até E, pior eficiência.

Conforme o Balanço Energético Nacional (BEN 2015), as edificações no segmento industrial, comercial, residencial e público são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia elétrica no país. Esses dados mostram o quão importante é a avaliação de eficiência energética em edificações no Brasil. Com isso surgiram métodos para avaliação e classificação energética como por exemplo o RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para edificações comerciais) o qual avalia três sistemas: Envolória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar, cada um com seu respectivo peso (30%, 30% e 40%) e que segundo o PBE Edifica, foi lançado em setembro de 2009 pela portaria do INMETRO nº 372.

Após a utilização desse método diversas vezes constatou-se algumas limitações e a partir disso surgiu a proposta de elaborar um novo método de avaliação de edificações comerciais, conhecido como INI-C, a qual será abordada nesse trabalho.

Bona (2017) aplicou esse método em uma tipologia de academia e obteve resultados satisfatórios. Sua edificação em estudo tratava-se da academia Smart Fit localizada em Florianópolis e em seu trabalho foram avaliados os quatro principais sistemas: envoltória, sistema de condicionamento de ar, sistema de iluminação e sistema de aquecimento de água. Posteriormente foi determinado a classe de eficiência energética de cada um desses sistemas e ainda foi feita a análise da substituição dos equipamentos de ar condicionado, devido ao mal desempenho dos mesmos.

## **2.2 DESCRIÇÃO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA DO INMETRO**

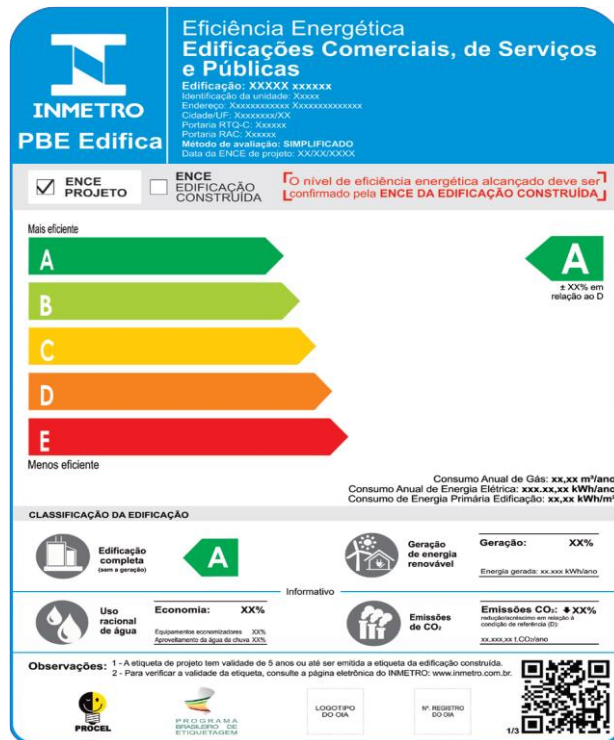
A Instrução Normativa do Inmetro (INI-C) avalia a eficiência energética em edificações comerciais, de serviço e públicas e baseia-se no consumo de energia primária, que nada mais é do que a energia que está disponível na natureza de forma bruta, antes de qualquer processo de conversão e transformação. Consiste nos combustíveis crus, energia solar, eólica geotérmica e outras formas.

Esse método avalia a edificação em estudo e à compara com as condições de referência que equivalem a classe D de energia. A avaliação é realizada a partir de quatro sistemas: primeiramente avalia-se a envoltória da edificação, a qual consiste na geometria do prédio e nos componentes construtivos, seguindo para a avaliação do sistema de condicionamento de ar, sistema de iluminação e por fim o aquecimento de água, sendo que cada sistema possui seu respectivo peso. O método ainda informa o consumo estimado dos equipamentos que serão utilizados, o uso racional da água, a geração local de energia renovável e as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Feita a análise desses sistemas é calculado o consumo energético total da edificação e geradas etiquetas que classificam o nível de eficiência energética da mesma, onde cada um dos sistemas recebe uma nota parcial, podendo ser de A (mais eficiente) até E (menos eficiente). A seguir consta um exemplo de como será a nova ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) proposta pelo CB3E (Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações).



**Figura 1- Proposta da nova ENCE**



**Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)**

Para poder determinar o consumo energético de cada sistema deve-se seguir um procedimento descrito na proposta da INI-C. Esta avaliação pode ser realizada através de dois métodos: o de simulação e o simplificado, o qual será utilizado neste trabalho. O método de simulação é recomendado para casos não compreendidos pelo método simplificado e para utilização deste, deve-se certificar que alguns parâmetros da envoltória estejam dentro dos limites pré-estabelecidos pelo método, podendo ser vistos na tabela abaixo.

**Tabela 1 – Limites dos parâmetros da edificação atendidos pelo método simplificado.**

Parâmetros	Limites <sup>1</sup>	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura ( $\alpha$ )	0,2	0,8
Absortância solar da parede ( $\alpha$ )	0,2	0,8
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°
Capacidade Térmica da cobertura (CTcob)	0,22 kJ/m <sup>2</sup> K	450 kJ/m <sup>2</sup> K
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 kJ/m <sup>2</sup> K	450 kJ/m <sup>2</sup> K
Contato com o solo	Sem contato (ex.: sobre pilotis ou em balanço)	Em contato
Densidade de Potência de equipamentos (DPE)	4 W/m <sup>2</sup>	40 W/m <sup>2</sup>
Densidade de Potência de iluminação (DPI)	4 W/m <sup>2</sup>	40 W/m <sup>2</sup>
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Percentual de abertura zenital	0%	3%
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0%	80%
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5 mm	Sim, se isolamento > 5 mm
Transmitância térmica da cobertura (Ucob)	0,51 W/m <sup>2</sup> K	5,07 W/m <sup>2</sup> K
Transmitância térmica da parede externa (Upar)	0,50 W/m <sup>2</sup> K	4,40 W/m <sup>2</sup> K
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m <sup>2</sup>	5,7 W/m <sup>2</sup>

**Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)**

Após conferir cada parâmetro e avaliar se estes se enquadram nos limites admissíveis é realizada a determinação do consumo energético para cada sistema. O primeiro sistema a ser avaliado é a envoltória, seguindo depois para o sistema de condicionamento de ar, o sistema de iluminação e por fim o sistema de aquecimento de água.

### 2.2.1 ENVOLTÓRIA

A envoltória são planos que separam o ambiente interno do ambiente externo e para a análise deste item é levado em consideração as propriedades térmicas dos materiais que a constituem. Para fazer esta análise é necessário determinar a carga térmica total da envoltória, a qual é definida pela carga térmica total anual da edificação em sua condição real (CgT real), e de referência (CgT ref). Para fazer esse cálculo o método separa as edificações condicionadas artificialmente das edificações com ambientes ventilados naturalmente. Para o caso das edificações que possuem o sistema de ar condicionado, usam-se duas condições: a condição real, que é uma espécie de levantamento das propriedades térmicas dos materiais que de fato vão ser utilizados na execução do projeto e a de referência, as quais são ditadas de acordo com a tipologia e que podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de referência para edificações hospitalares.

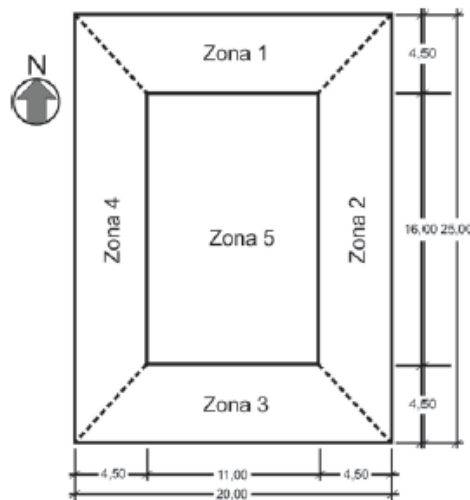
Uso típico	Edificações hospitalares		
	Condição real	Condição de referência	
		Hospitais	Clinicas
<b>Geometria</b>			
Forma	Condição real		
Orientação solar (°)	Condição real		
Pé-direito ( piso a teto) (m)	Condição real		
<b>Aberturas</b>			
PAF - Percentual de abertura da fachada (%)	Condição real	27	
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	Condição real	0	
<b>Componentes construtivos</b>			
<i>Parede</i>	Condição real	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9,0 cm), argamassa externa (2,5 cm)	
Upar - Transmitância da parede externa (W/m²K)	Condição real	2,39	
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	Condição real	0,5	
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m²K)	Condição real	150	
<i>Cobertura</i>	Condição real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)	
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m²K)	Condição real	2,06	
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8	
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m²K)	Condição real	233	
<i>Vidro</i>	Condição real	Vidro simples incolor 6mm	
FS - Fator solar do vidro (adimensional)	Condição real	0,82	
Uvid - Transmitância do vidro (W/m²K)	Condição real	5,7	
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição real	0	
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição real	0	
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	Condição real	Condição real	
<b>Iluminação e ganhos</b>			
DPI - Densidade de Potência de Iluminação (W/m²) **	Condição real	15,0***	
Ocupação (m²/pessoa)	Condição de referência	20,00	5,0
DPE - Densidade de Potência de Equipamentos (W/m²)	32,0	32,0	
Horas de ocupação (horas)	Condição de referência	24	12
Dias de ocupação (N <sub>ano</sub> ) ****	365	260	
Condição do piso	Condição real		
Condição da cobertura	Condição real		
Isolamento do piso	Condição real	Sem isolamento	
<b>Condicionamento de ar (refrigeração)</b>			
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Condição real	2,60	
Temperatura setpoint (°C)	24,0		
<b>Aquecimento de água</b>			
Eficiência do sistema de aquecimento de água sem acumulação <sup>a</sup>	Condição real	0,95	*****
Eficiência do sistema de aquecimento de água com acumulação <sup>b</sup>	Condição real	0,85	
Temperatura de armazenamento	60 °C		
Temperatura de uso de água quente	38 °C (norte e nordeste) 40 °C (demais regiões)		
Temperatura de uso de água fria (°C)	Condição real		
<b>Aquecimento de água</b>			
Perdas na tubulação – sistema sem acumulação	Condição real	0	
Perdas de armazenamento – sistema sem acumulação	Condição real	0	
Perdas da recirculação – sistema sem acumulação	Condição real	0	
Perdas na tubulação – sistema com acumulação	Condição real	Isolamento de 5 mm	
Perdas de armazenamento – sistema com acumulação	Condição real		
Perdas da recirculação – sistema com acumulação	Condição real		

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Como este trabalho trata-se de um hospital, a tipologia escolhida foi edificações hospitalares, embora, existem áreas que não comportam-se com essa tipologia, como a recepção, banheiros, financeiro, almoxarifado, farmácia, entre outras.

O primeiro passo para determinar a carga térmica é a escolha da tipologia da edificação. Realizado isso, deve-se dividir as edificações em zonas térmicas, conforme apresentado na Figura 2. Isso é necessário pois, em uma edificação, as fachadas estão sujeitas a diferentes condições climáticas, recebendo diferentes quantidades de calor, diferentes intensidades de ventos e diferentes áreas de sombreamento.

**Figura 2 – Separação de zonas térmicas para edificações maiores que 9m de comprimento e 9m de largura.**



**Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).**

Realizada a separação da edificação em zonas térmicas, deve-se determinar os parâmetros de entrada da edificação real e de referência por zona térmica. Esses parâmetros são as propriedades térmicas e geotérmicas da envoltória e para isso são necessários dados como a área da zona térmica em  $m^2$ , o tipo de zona térmica, se existe contato com o solo, se a cobertura é voltada para o exterior, a existência de isolamento térmico no piso, orientação solar, horas de ocupação por dia, densidade da potência de equipamentos utilizados na edificação ( $kWh/m^2$ ), densidade da potência de iluminação ( $kWh/m^2$ ), percentual de abertura da fachada, fator solar, transmitância térmica do vidro, cobertura e paredes extremas ( $W/m^2K$ ), absorvância solar da cobertura e paredes externas, pé direito (m), ângulo horizontal e vertical de sombreamento, ângulo de obstrução vertical e capacidade térmica da cobertura e paredes externas ( $kJ/m^2K$ ).

Após identificação de cada parâmetro da envoltória definido a cima, estes devem ser inseridos na interface do meta-modelo. Porém, primeiramente, deve-se inserir o tipo de edificação analisado (tipologia), a cidade e estado onde está localizada, número de pavimentos,

o tipo de pavimento (térreo, intermediário ou cobertura) e por fim o número de zonas térmicas daquele pavimento.

Deve-se inserir os dados de cada zona térmica de cada pavimento e como resultado tem-se a densidade de carga térmica para refrigeração (DCgT) de cada uma das zonas térmicas analisadas. Para obter a carga térmica total para refrigeração basta multiplicar a carga térmica para refrigeração pela área da respectiva zona térmica, conforme a Equação 1. (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Equação 1 - Carga térmica total para refrigeração (CgT) em (kWh/ano).

$$CgT = \sum DCgT \cdot \text{Área } ZT$$

CgT é a carga térmica total para refrigeração (kWh/ano)

DCgT é a densidade de carga térmica de cada uma das zonas de análise (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

Área ZT é a área de cada uma das zonas térmicas de análise (m<sup>2</sup>);

### 2.2.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para determinação da eficiência energética do sistema de iluminação através do método simplificado, pode-se escolher três maneiras para avaliar o desempenho energético: método do edifício completo, método das atividades do edifício e método da potência ajustada. Todas as formas de avaliar o desempenho do sistema irão apresentar resultados próximos da realidade, porém, cada um possui algumas restrições de aplicação. O objetivo desses três métodos é encontrar a potência instalada e determinar a classe de eficiência energética do sistema de iluminação.

Para este trabalho será utilizado o método do edifício completo, o qual avalia de forma conjunta os ambientes do edifício e atribui um valor limite para a avaliação do sistema de iluminação. Para utilização desse método é necessário seguir alguns passos. Primeiro deve-se identificar as atividades da edificação e sua respectiva densidade de potência de iluminação limite, tanto para condição de referência (classe D) como para condição equivalente a classe “A”. Esses valores são encontrados na Tabela 3, logo abaixo.

Tabela 3 – Limite máximo de densidade de potência de iluminação (DPLL).

Função do edifício	DPI <sub>L</sub> Classe A (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Classe B (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Classe C (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Classe D (W/m <sup>2</sup> )
Hospital	11,3	13,8	16,4	18,9

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Feito isso, determina-se a área iluminada ( $A_I$ ) do edifício, no caso do hospital, há apenas uma atividade principal, portanto, para encontrar a potência limite ( $P_L$ ) basta multiplicar a área iluminada pela  $DPI_{L\text{ REF}}$ , o mesmo deve ser feito com a  $DPI_{L\text{ CLASSE A}}$ .

Equação 2 –Potência limite ( $P_L$ ) em kW

$$P_L = (A_I \cdot DPI_L)$$

Sendo:

$P_L$  a potência limite;

$A_I$  a área iluminada;

$DPI_L$  a densidade de potência de iluminação

Por fim, determina-se a classe de eficiência energética da edificação através da potência instalada total (PIT), essa deve respeitar os limites, sendo menor que a potência de limite da edificação de referência da classe inferior à dela e maior que a da edificação de referência da classe superior à dela, de acordo com a Tabela 3.

#### 2.2.2.1 REQUISITOS MÍNIMOS PARA OBTENÇÃO DA CLASSE A

Para a edificação atingir nível “A” de eficiência energética, alguns pré-requisitos devem ser atendidos em pelo menos 80% da edificação. Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento de iluminação, de forma independente. Estes controles devem estar em um lugar de fácil acesso para os funcionários. Deve haver uma contribuição de luz natural em ambientes com proximidade à área externa e por fim, ambientes com áreas superiores a 250m<sup>2</sup> devem possuir um desligamento automático com sensor de presença, afim de economizar energia elétrica.

### 2.2.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Neste capítulo serão descritos os procedimentos para determinar a eficiência energética do sistema de condicionamento de ar. A avaliação pode ser dividida em sistemas de condicionamento de ar etiquetados e não etiquetados pelo INMETRO, porém, como a edificação em estudo possui um sistema de condicionamento de ar não etiquetado pelo INMETRO, apenas este será abordado.

Os sistemas de condicionamento de ar não etiquetados pelo INMETRO são os sistemas de ar condicionado centrais, do tipo *Fan-coil*, o qual é composto por uma central de água gelada, (*Chiller*). Uma das premissas para adotar esse tipo de sistema diz que quando a somatória das áreas condicionadas da edificação apresentarem uma carga térmica superior a 350kW, é necessário adotar um sistema central (PBE E PROCEL EDIFICA, 2017). Esse tipo de sistema é muito utilizado em shoppings centers, hotéis, escritórios, hospitais, supermercados, entre outras edificações.

Para determinar a eficiência energética desse tipo de sistema é necessário ter o valor do SPLV (*System Part Load Value*) o qual é uma média ponderada da relação de perfil de carga térmica anual sobre o perfil de consumo de energia anual de todo o sistema de ar condicionado, mas de uma forma simplificada que resulta de quatro condições de carga (100%, 75%, 50% e 25%). O método dispõe de duas possibilidades para encontrar esse valor. A primeira forma é através de cálculos utilizando uma planilha Excel desenvolvida pelo CB3E e a segunda forma é utilizando valores determinados por tabelas do próprio método.

Para este trabalho foi escolhido a segunda opção e para determinar a eficiência do sistema é necessário apresentar um cálculo alternativo a partir de requisitos mínimos de eficiência nos equipamentos, o qual é obtido por tabelas apresentadas a seguir. Para este caso ainda, a eficiência do sistema é multiplicada por fator de ponderação (K) que varia de região para região, portanto cada grupo climático possui um valor K distinto e pode ser obtido na Tabela 4.

Tabela 4 - Fator de ponderação para grupo climático de Rio do Sul

Capacidade Total do sistema (kW)	Fator de ponderação (Fator K)	
	Condensação à ar	Condensação à água
< 40	0,98	0,93
≥ 40 e < 70	0,96	0,93
≥ 70 e < 150	0,93	0,93
≥ 150 < 264	0,77	0,93
≥ 264 < 528	0,77	0,52
≥ 528 < 1055	0,77	0,59
≥ 1055 < 1407	0,77	0,59
≥ 1407 < 2110	0,77	0,67
≥ 2110 < 2815	0,77	0,69
≥ 2815 < 4220	0,77	0,75
≥ 4220	0,77	0,75

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)

Para encontrar o valor do fator de ponderação, é necessário ter o valor da capacidade total do sistema e o tipo do equipamento instalado.

O próximo passo é calcular o IPLV (*Integrated Part-Load Value*), que de acordo com a norma 550/590 da *Air-Condition, Heating and Refregeration Institute Standard* (2011) é calculada utilizando os valores do COP (*Coefficient of Performace*) nas quatro condições de uso, a plena carga (100%) e em cargas parciais (75%, 50% e 25%).

Encontrado o valor do IPLV, o mesmo deve ser multiplicado pelo valor do fator K encontrado na Tabela 4 para ter um valor mais coerente, mais próximo da realidade e então compará-lo com os valores de IPLV da Tabela 5. Assim já se tem a classificação energética do sistema de condicionamento de ar da edificação.



**Tabela 5 - Eficiência mínima de resfriadores do tipo condensação a água alternativo**

Capacidade	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Carga Total	IPLV	Carga Total	IPLV
<b>Eficiência Mínima de resfriadores para classificação A</b>				
< 264 kW	≥ 4.694	≥ 5.867	≥ 4.513	≥ 7.041
≥ 264 kW e < 528 kW	≥ 4.889	≥ 6.286	≥ 4.694	≥ 7.184
≥ 528 kW e < 1055 kW	≥ 5.334	≥ 6.519	≥ 5.177	≥ 8.001
≥ 1055 kW e < 2110 kW	≥ 5.771	≥ 6.770	≥ 5.633	≥ 8.586
≥ 2110 kW	≥ 6.286	≥ 7.041	≥ 6.018	≥ 9.264
<b>Eficiência Mínima de resfriadores para classificação B</b>				
< 264 kW	≥ 4.509	≥ 5.582	≥ 4.396	≥ 5.861
≥ 264 kW e < 528 kW	≥ 4.538	≥ 5.718	≥ 4.452	≥ 6.001
≥ 528 kW e < 1055 kW	≥ 5.172	≥ 6.064	≥ 4.898	≥ 6.513
≥ 1055 kW	≥ 5.672	≥ 6.513	≥ 5.504	≥ 7.177
<b>Eficiência Mínima de resfriadores para classificação C</b>				
< 264 kW	≥ 4.154	≥ 4.741	≥ 4.098	≥ 4.880
≥ 264 kW e < 528 kW	≥ 4.169	≥ 4.809	≥ 4.126	≥ 4.950
≥ 528 kW e < 1055 kW	≥ 4.686	≥ 5.282	≥ 4.549	≥ 5.506
≥ 1055 kW	≥ 5.436	≥ 5.906	≥ 5.352	≥ 6.238

**Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)**

Esta maneira de calcular a eficiência energética do sistema de condicionamento de ar é extremamente simplificada e não nos traz um resultado muito próximo da realidade pois nesse cálculo apenas a torre de resfriamento é levada em consideração, ou seja, não foi avaliado o sistema como um todo e o resultado acaba ficando distorcido.

## 2.3 DETERMINAÇÃO DA ESCALA PARA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### 2.3.1 ENVOLTÓRIA

Para determinar a classe de eficiência energética da envoltória é necessário avaliar as duas condições: a condição real, utilizando as características e valores levantados a partir do projeto do edifício e a condição de referência, as quais as características são descritas de acordo com a Tabela 2. Segundo o novo método é necessário elaborar uma escala relativa à classe de eficiência energética com os valores da carga térmica, tanto a  $C_{gT\ TREAL}$  como a  $C_{gT\ TTREF}$ , assim que os valores de carga térmica estiverem calculados é preciso determinar o fator de forma (FF) por meio da Equação 3.

Equação 3 – Fator de forma da edificação.

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}}$$

Sendo:

FF é o fator de forma da edificação em  $m^2/m^3$

$A_{env}$  é a área da envoltória ( $m^2$ )

$V_{tot}$  é o volume total de área construída ( $m^3$ )

Após encontrar o fator de forma, deve-se obter o coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para classe A. Este coeficiente varia de acordo com o fator de forma e com o grupo climática que a edificação se encontra e pode ser encontrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Coeficiente de redução da carga térmica total anual

Grupo Climático	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe D para a classe A (CRCT <sub>D-A</sub> )			
	FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	FF > 0,40
GCL 1- A	0,28	0,25	0,23	0,21
GCL 1- B	0,24	0,21	0,18	0,17
GCL 2	0,17	0,16	0,16	0,14
GCL 3				
GCL 4				
GCL 5	0,25	0,23	0,21	0,2
GCL 6				
GLC 7	0,26	0,19	0,15	0,14
GCL 8				
GCL 9	0,22	0,2	0,18	0,17
GCL 10	0,24	0,21	0,19	0,17
GCL 11	0,20	0,18	0,16	0,14
GCL 12				
GCL 13	0,20	0,17	0,14	0,13
GCL 14				
GCL 15	0,20	0,17	0,15	0,14
GCL 16				
GCL 17	0,14	0,11	0,10	0,09
GCL 18	0,14	0,11	0,10	0,09
GCL 19	0,14	0,12	0,10	0,09
GCL 20				
GCL 21	0,16	0,13	0,11	0,10
GCL 22				
GCL 23	0,15	0,13	0,11	0,10
GCL 24				

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Com o valor desse coeficiente e o valor da carga térmica total da edificação em sua condição de referência, é possível encontrar o intervalo (*i*) dentro do qual a edificação em estudo será classificada, conforme apresentado na Equação 4.

Equação 4 – Coeficiente de intervalo entre classes de eficiência energética da envoltória.

$$i = \frac{(CgT_{TREF} \cdot CRCgT_{D-A})}{3}$$

Sendo:

CgT TREF é a carga térmica total de referência (kWh/ano)

CRCgT D - A é o coeficiente de redução da carga térmica anual da classe D para A

*i* é o intervalo dentro o qual a edificação será classificada

Esta escala é dividida em três partes conforme a Tabela 4, sendo que cada parte se refere a um nível de eficiência energética, variando de A até E. No caso da condição real ter uma carga térmica pior, ou seja, superior a condição de referência, classifica-se como nível E.

Tendo o conhecimento da carga térmica total de referência, do coeficiente de redução e conseqüentemente do intervalo  $i$  é necessário preencher a Tabela 7.

**Tabela 7 - Limites dos intervalos das classes de eficiência energética da envoltória.**

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	–	$> CgT_{TREF} - 3i$	$> CgT_{TREF} - 2i$	$> CgT_{TREF} - i$	$> CgT_{TREF}$
Limite inferior	$< CgT_{TREF} - 3i$	$\leq CgT_{TREF} - 2i$	$\leq CgT_{TREF} - 2i$	$\leq CgT_{TREF}$	–

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Por fim, compara-se o valor da carga térmica total anual do edifício na condição real com os limites da tabela acima. Desta forma, tem-se a classificação de eficiência energética da envoltória da edificação em estudo.

### 2.3.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para determinar a escala de eficiência energética do sistema de iluminação é necessário avaliar o valor da potência total instalada ( $PT_I$ ). Assim como na envoltória esse valor deve ser avaliado tanto na condição real, utilizando os valores reais retirados do projeto luminotécnico como na condição de referência. Além desses valores é necessário também o valor de potência referente à classe A os quais podem ser vistos na Tabela 3.

Tendo os valores de potência instalada total de referência e de potência total instalada referente a classe A é possível encontrar o valor “ $i$ ”, de acordo com a Equação 5. O valor “ $i$ ” corresponde ao intervalo entre as classes de eficiência energética. (CB3E e PROCEL EDIFICA, 2017).

Equação 5 – Coeficiente de intervalo entre classes de eficiência energética do sistema de iluminação.

$$i = \frac{(PI_{TREF} - PI_{TA})}{3}$$

Sendo:

$i$  – coeficiente de intervalo entre classes de eficiência energética

$PI_{TREF}$  – Potência instalada total na condição de referência (classe D)

$PI_{TA}$  – Potência instalada total referente à classe A

Após entrar com os valores na equação e encontrar o valor do coeficiente “ $i$ ” é possível montar uma planilha, utilizando a Tabela 8, com as classes de eficiência energética do sistema de iluminação e por fim comparar o valor real, potência instalada total ( $PT_1$ ) com os valores da tabela, sempre obedecendo os limites superiores e inferiores.

**Tabela 8 - Intervalos relativos a cada classe de eficiência energética do sistema de iluminação.**

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	–	$> PI_{TREF} - 3i$	$> PI_{TREF} - 2i$	$> PI_{TREF} - i$	$> PI_{TREF}$
Limite inferior	$< PI_{TREF} - 3i$	$\leq PI_{TREF} - 2i$	$\leq PI_{TREF} - i$	$\leq PI_{TREF}$	–

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

### 2.3.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Para determinar a classe de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar é feita uma comparação do IPLV corrigido da torre de resfriamento, ou seja, já multiplicado pelo Fator K com os valores descritos na Tabela 5. Primeiramente entra-se com o valor da capacidade do equipamento em kW para então descobrir a classe de eficiência energética do sistema. Para o sistema ter um nível de eficiência energético A, o IPLV corrigido deve ser maior ou igual ao valor descrito em uma das alternativas da primeira parte da tabela, a qual apresenta os valores mínimos de eficiência para resfriadores classe A. Caso IPLV seja menor, deve-se repetir o procedimento para a parte da tabela que contém os valores mínimos de eficiência para obtenção do nível B. Se o valor da eficiência do equipamento instalado ainda não superar os valores descritos na tabela para classificação B, compara-se com a última parte, a qual apresenta os valores de eficiência mínima de resfriadores para classificação C.

Comparando o valor do IPLV corrigido com os valores descritos na tabela é possível determinar a eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.

### 3 MÉTODO

#### 3.1 O EMPREENDIMENTO

##### 3.1.1 ENVOLTÓRIA

A edificação em estudo trata-se do Hospital localizado na cidade de Rio do Sul em Santa Catarina. É um prédio em alvenaria de três pavimentos, cada pavimento com uma área de aproximadamente 1166m<sup>2</sup>, totalizando 3500m<sup>2</sup>. Serão alojados os setores de Pronto Atendimento, Imagem e Diagnóstico, Laboratório, Farmácia, Centro Cirúrgico, Internação. As áreas de apoio (Vestiário, Refeitório, Centrais de Equipamentos, etc.) serão alojadas em um bloco anexo (Bloco de Serviços), o qual não foi incluso dentro do escopo do trabalho.

O hospital opera 24 horas por dia durante os 365 dias do ano, porém no período noturno, das 20h00 até as 06h00 da manhã seu funcionamento é reduzido à apenas setores essenciais como o pronto atendimento, centros cirúrgicos e consultórios médicos.

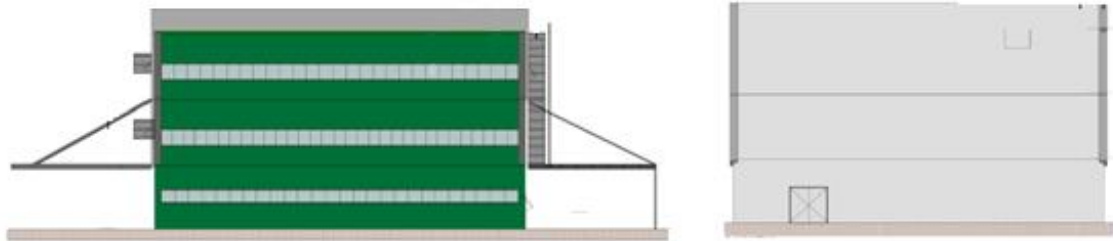
As fachadas do hospital (Figuras 3, 4 e 5) são compostas por uma coloração cinza clara e verde, com índices de absorção de 0,20 e 0,77 respectivamente. Possuem uma parte considerável em vidro, do tipo Glazing Glass reflexivo de 8mm com fator solar de 0,45 e transmitância térmica de 5,7W/m<sup>2</sup>K. Para amenizar o problema da radiação solar, foram projetados brises nas fachadas leste e oeste do hospital, impedindo que grande parte do calor irradiasse para o interior do prédio e consequentemente garantissem um melhor desempenho térmico.

**Figura 3 - Fachada Oeste.**



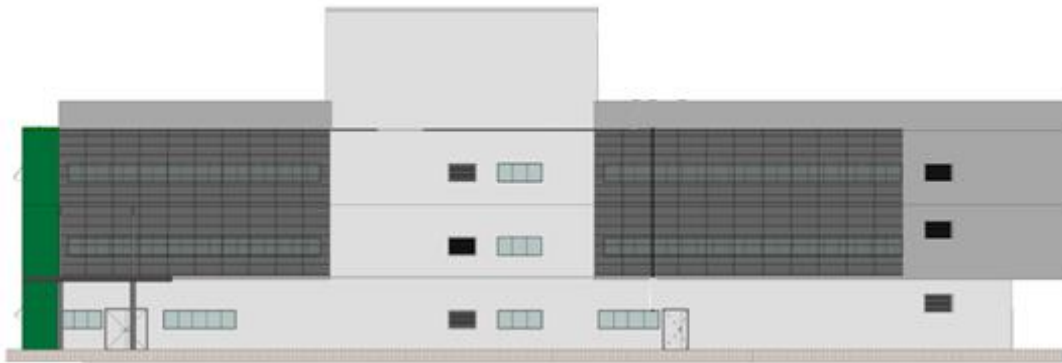
**Fonte (IDEIN ARQUITETURA, 2016)**

**Figura 4 - Fachada Sul e fachada norte respectivamente.**



**Fonte (IDEIN ARQUITETURA, 2016)**

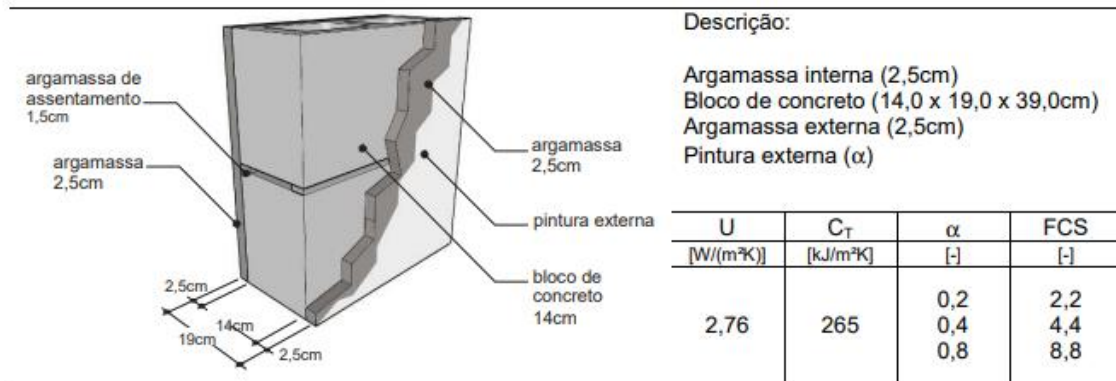
**Figura 5 - Fachada Leste**



**Fonte (IDEIN ARQUITETURA, 2016)**

O fechamento lateral do hospital é constituído por blocos de concreto (14,0cm x 19,0cm x 39,0cm) e argamassa, totalizando uma espessura de 19cm com as seguintes características listadas abaixo na Figura 6. O valor da transmitância térmica é de 2,76W/m<sup>2</sup>K e da capacidade térmica é de 265KJ/m<sup>2</sup>K.

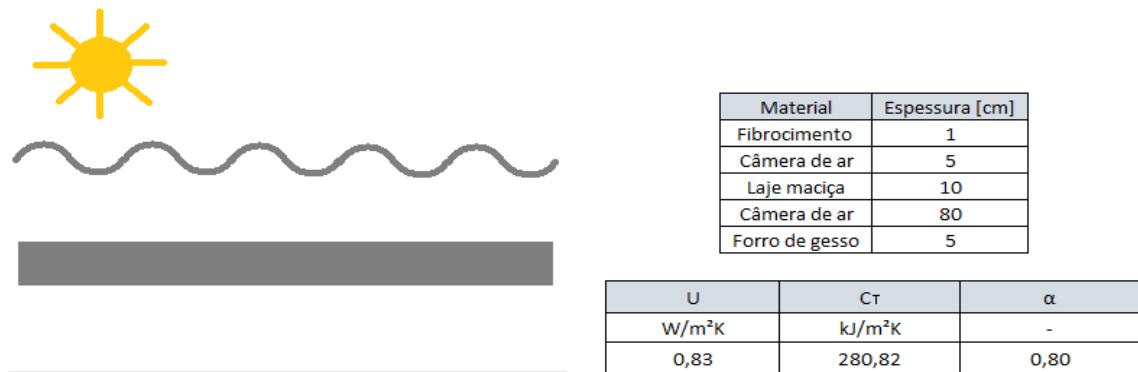
**Figura 6 - Propriedades térmicas da parede.**



Fonte: (PBE EDIFICA, 2015)

A cobertura descrita na Figura 7 é composta por uma telha de fibrocimento com espessura de 1cm, uma laje maciça de concreto com espessura de 10cm e uma camada de gesso de 5cm. A estrutura da cobertura ainda conta com câmeras de ar entre os elementos do telhado, fazendo com que a transmitância térmica atinja o valor de 0,83W/m<sup>2</sup>K e uma capacidade térmica de 280,82KJ/m<sup>2</sup>K, garantindo assim um excelente desempenho térmico.

**Figura 7 - Propriedades térmicas da cobertura.**



Fonte: Autor

### 3.1.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A iluminação do hospital é totalmente no sistema LED (*Light Emitting Diode*), traduzindo para português, diodo emissor de luz. É um componente eletrônico que gera luz com baixo consumo quando comparado à outras fontes luminosas. O LED necessita de menor quantidade de potência (Watts) para gerar o mesmo fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente ou fluorescente e possui inúmeros benefícios, além do baixo consumo



energético, tem uma baixa geração de calor, maior durabilidade, fácil descarte por não conter chumbo e mercúrio e não emite raios ultravioleta (LABORATÓRIO DE ILUMINAÇÃO 2012).

O sistema de iluminação conta com diferentes tipos de luminárias, as quais estão descritas na Tabela 9, cada uma com uma potência diferente para cada tipo de atividade hospitalar. A lâmpada com maior potência (lâmpada G) é encontrada nas 4 salas cirúrgicas do hospital, pois, trata-se de um local com uma atividade muito delicada, conseqüentemente é necessária bastante iluminação.

**Tabela 9 - Tabela de luminárias do hospital.**

	Descrição	Potência	Quantidade
Luminária A	Luminária de embutir	4x Lâmpadas LED 10W	229
Luminária B	Luminária de embutir	1x Placa LED 24W	283
Luminária C	Luminária de embutir	2x LED Tubular 20W	128
Luminária D	Luminária de embutir - foco orientável	1x LED 3W	26
Luminária E	Luminária de embutir	2x LED 20W	13
Luminária F	Luminária de embutir	2x Tubular T5 20W	2
Luminária G	Luminária Vedada	2x Tubular T5 28W	24
Luminária H	Arrandela para banheiro	1x Lâmpada Bulbo 10W	10
Luminária I	Luminária de embutir na parede	1x LED 0,8W	10
Luminária J	Luminária de sobrepor	1x Placa LED 24W	29

**Fonte: Autor.**

### *3.1.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR*

O sistema de climatização adotado no hospital consiste em um sistema central, com unidades de tratamento de ar com serpentinas de resfriamento alimentadas por água gelada. A água gelada será produzida na Central de Água Gelada (CAG) que ficará localizada no bloco de Serviços. A CAG prevista neste projeto é constituída por 2 resfriadores de água do tipo condensação a água e compressor parafuso, 2 torres de resfriamento de água de condensação, 3 bombas centrífugas de água de condensação de vazão constante (1 reserva), 3 bombas centrífugas de água gelada de vazão constante (1 reserva) e 2 bombas centrífugas de água gelada de vazão variável (1 reserva).

O sistema de automação deverá monitorar os parâmetros de operação dos dois resfriadores, de forma a acionar o resfriador reserva no caso de falha ou falta de capacidade do resfriador principal.

A água gelada produzida na CAG é distribuída através da tubulação de água gelada, que deve seguir enterrada no trecho entre o bloco de Serviços e o prédio do Hospital, e depois sobe em uma prumada, para alimentar os diversos climatizadores do Hospital.

Para algumas salas pequenas, foram previstos climatizadores de pequeno porte, de instalação aparente, do tipo *Split*. Para os outros ambientes foram previstos climatizadores convencionais, modulares, com distribuição de ar por dutos e difusores. Alguns destes climatizadores (Salas de Cirurgia e Laboratório) possuem vazão constante, e outros vazão de ar variável (VAV's), com controle independente por sala.

Em geral, o climatizador consiste basicamente em um conjunto com um ventilador, filtros de ar, e uma serpentina de resfriamento. As serpentinas de resfriamento, alimentadas por água gelada, resfriam e desumidificam o ar que é insuflado no ambiente conforme a necessidade.

## 3.2 MÉTODO DE ANÁLISE DOS SISTEMAS

### 3.2.1 ENVOLTÓRIA

Para fazer a análise da envoltória foi utilizado uma interface web (Figura 8) desenvolvida pelo CB3E, afim de facilitar o cálculo da carga térmica e que pode ser encontrada no site do PBE EDIFICA. Primeiramente foi colocado o grupo climático, preenchido o estado e a cidade que a edificação se encontra e a seguir foi colocado o número de pavimentos, zonas térmicas e tipologia do edifício.

**Figura 8 - Interface do meta-modelo para inserção dos parâmetros da envoltória.**

		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
		Copiar ?				
Área m²	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Contato com o solo?	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Zona sobre pilotis?	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Possui cobertura exposta?	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Possui isolamento do piso?	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de zona?	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Orientação solar	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Densidade de Potencia de Equipamento	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Densidade de Potencia de Iluminação	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Fonte: (CB3E e PROCEL EDIFICA, 2017).

Com o projeto arquitetônico em mãos, foi possível levantar parâmetros como transmitância térmica da parede e da cobertura, absorvância da parede e da cobertura, capacidade térmica, fator solar do vidro, ângulo de sombreamento, densidade de potência de iluminação, orientação solar, pé direito, isolamento de piso entre outros. Esses dados foram inseridos na Tabela 10, afim de organizá-los melhor.

Para preencher todos os parâmetros que a interface solicita com os valores de referência (Tabela 2) foi elaborado mais uma tabela para organizá-los melhor, separando-os por zona térmica (Tabela 11).

Tabela 10 - Parâmetros da envoltória na condição real da edificação.

	TÉRREO						PAVIMENTO 1						COBERTURA					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13	Zona 14	Zona 15			
Orientação Solar (°)	S	E	N	O	-	S	E	N	O	-	S	E	N	O	-			
Pé direito (m)	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7			
<b>Aberturas</b>																		
PAF - Percentual de aberturas na fachada (%)	55,8	6,2	10	19,4	-	12,3	0	14,5	24,2	-	16,3	0	14,5	24,2	-			
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<b>Componentes construtivos</b>																		
Upar - Transmittância da parede externa (W/m <sup>2</sup> K)	2,76	2,76	2,76	2,76	-	2,76	2,76	2,76	2,76	-	2,76	2,76	2,76	2,76	-			
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	0,2	0,2	0,2	0,77	-	0,2	0,2	0,2	0,77	-	0,2	0,2	0,2	0,77	-			
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m <sup>2</sup> K)	265	265	265	265	-	265	265	265	265	-	265	265	265	265	-			
Ucob - Transmittância da cobertura (W/m <sup>2</sup> K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83			
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8			
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m <sup>2</sup> K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	280,82	280,82	280,82	280,82	280,82			
FS - Fator solar do vidro (adimensional)	0,45	0,45	0,45	0,45	-	0,45	0,45	0,45	0,45	-	0,45	0,45	0,45	0,45	-			
Uvid - Transmittância do vidro (W/m <sup>2</sup> K)	5,7	5,7	5,7	5,7	-	5,7	5,7	5,7	5,7	-	5,7	5,7	5,7	5,7	-			
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	67	0	67	0	-	45	0	40	0	-	45	0	40	0	-			
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<b>Iluminação e ganhos</b>																		
DPI - Densidade de Potência de Iluminação (W/m <sup>2</sup> )	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29			
Ocupação (m <sup>2</sup> /pessoa)																		
DPE - Densidade de Potência de Equipamentos (W)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32			
Horas de ocupação (horas)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24			
Dias de ocupação (Nano) *****	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365			
Condição do piso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Condição da cobertura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Isolamento do piso	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento	com isolamento			
	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta	exposta			

Fonte: Autor



Com todos esses valores em mãos, inseriu-se na interface web e obteve-se o valor da carga térmica total anual para ambas condições. Com os valores da carga térmica total real e de referência partiu-se para a escala de eficiência energética levando em conta o intervalo  $i$  calculado através do coeficiente de redução de consumo e da carga térmica anual de referência, assim foi possível identificar qual nível de eficiência energética que a edificação se encontra.

### 3.2.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para a avaliação do sistema de iluminação do hospital foi utilizado o método do edifício completo, o qual avalia de forma conjunta todos os ambientes da edificação e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema.

O primeiro passo foi identificar a atividade principal do edifício e sua respectiva densidade de potência de iluminação, tanto a de referência (classe D) como a condição equivalente a classe A. Como o edifício trata-se de um hospital, a atividade principal é hospitalar e sua densidade de potência pode ser encontrada na Tabela 3.

Após isso, foi realizado um levantamento da área iluminada, através do projeto arquitetônico, o qual pode ser visto na Tabela 12.

**Tabela 12 - Tabela de forro do Hospital.**

Identificação	Tipo de Forro	Área [m <sup>2</sup> ]
1	Forro Escada	240,36
2	Forro Gesso Acartonado H 2,70m	2532,86
3	Forro Gesso Acartonado H 2,90m	106,82
4	Forro Gesso Removível H 2,70m	180,48
5	Forro Gesso Acartonado H 2,50m	71,91

**Fonte (IDEIN ARQUITETURA, 2016)**

Para encontrar o valor da área iluminada, foi necessário descontar o valor do item 1 – Forro Escada, pois segundo o método, áreas de transição não são consideradas no cálculo da eficiência do sistema de iluminação, portanto chegou-se numa área iluminada, totalizando 2892m<sup>2</sup>.

Tendo os valores das densidades de potência e da área iluminada do edifício foi possível encontrar a potência limite do edifício através da Equação 2. Foi realizado o cálculo para a condição de referência, para condição referente a classe A e também para condição real, chamada de potência instalada total (PT<sub>i</sub>).

Para obtenção da classe de eficiência energética do sistema de iluminação foi necessário calcular o intervalo  $i$  entre as classes, de acordo com a equação 4 e montar uma escala para determinação da classe de eficiência energética e comparar o valor da potência instalada total com os valores da escala. Assim foi possível gerar uma nota de “A” até “E”.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ENVOLTÓRIA

Utilizando o método simplificado para cálculo de eficiência energética da envoltória, o primeiro passo foi a divisão do hospital em 15 zonas térmicas, sendo 5 em cada pavimento. Realizado isso, foram inseridos todos os parâmetros de cada zona térmica de acordo com o levantamento feito com auxílio do *Microsoft Excel* (Tabelas 10 e 11) e a interface web calculou a carga térmica anual real e de referência, as quais podem ser vistas nas Tabelas 13 e 14, respectivamente.

**Tabela 13 – Resultado da carga térmica anual real por zona térmica.**

Pavimento	Zona	Área da zona [m <sup>2</sup> ]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/m <sup>2</sup> *ano]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/ano]
Térreo	1	81,00	377,55	30.581,55
	2	218,04	359,82	78.455,15
	3	81,00	369,25	29.909,25
	4	218,04	402,91	87.850,50
	5	593,32	380,24	225.604,00
Pavimento 2	6	81,00	391,88	31.742,28
	7	218,04	393,73	85.848,89
	8	81,00	432,06	34.996,86
	9	218,04	468,77	102.210,61
	10	593,32	447,97	265.789,56
Cobertura	11	81,00	400,32	32.425,92
	12	218,04	396,80	86.518,27
	13	81,00	431,08	34.917,48
	14	218,04	468,10	102.064,52
	15	593,32	448,73	266.240,48
Carga Térmica Total [kWh/ano]				1.495.155,33

Fonte: Autor.



**Tabela 14 - Resultado da carga térmica anual de referência por zona térmica.**

Pavimento	Zona	Área da zona [m <sup>2</sup> ]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/m <sup>2</sup> *ano]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/ano]
Térreo	1	81,00	402,59	32609,79
	2	218,04	437,27	95342,35
	3	81,00	445,94	36121,14
	4	218,04	431,86	94162,75
	5	593,32	384,62	228202,74
Pavimento 2	6	81,00	527,45	42723,45
	7	218,04	576,68	125739,31
	8	81,00	592,89	48024,09
	9	218,04	567,85	123814,01
	10	593,32	533,41	316482,82
Cobertura	11	81,00	516,56	41841,36
	12	218,04	555,19	121053,63
	13	81,00	567,16	45939,96
	14	218,04	551,23	120190,19
	15	593,32	525,85	311997,32
Carga Térmica Total [kWh/ano]				1.784.244,91

Fonte: Autor.

Com esses valores em mãos, o próximo passo foi calcular a escala e a classe de eficiência energética e, para isso, calculou-se o fator de forma já descrito anteriormente na Equação 3.

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}}$$

Sendo:

FF o fator de forma em [m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>]

A<sub>env</sub> a área da envoltória em [m<sup>2</sup>]

V<sub>tot</sub> o volume total da envoltória em [m<sup>3</sup>]

Somaram-se as áreas laterais e da cobertura e se foi obtido o valor de 3131m<sup>2</sup> de área de envoltória e um volume de 15.221,3m<sup>3</sup>. Com isso, obteve-se um fator de forma igual a 0,2057m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Para descobrir o valor de intervalo *i*, foi necessário levantar o valor do coeficiente de redução da classe D para A (CRCgTD - A), o qual pode ser encontrado na Tabela 11, basta entrar com os dados do grupo climático e fator de forma. Fazendo isso, encontrou-se CRCgTD - A = 0,20 com isso, a carga térmica anual de referência foi multiplicada pelo coeficiente de redução e dividido por três (Equação 3) para termos o intervalo (*i*).

$$i = \frac{(CgT_{TREF} \cdot CRCgT_{D-A})}{3}$$

Sendo:

$i$  o intervalo para obtenção da escala

$CgT_{TREF}$  a Carga térmica total da envoltória estudada [kWh/ano]

$CRCgT_{D-A}$  o coeficiente de redução da classe A para D.

O valor encontrado para  $i$  foi de 118.949,67 kWh e então, foi montada a escala de classificação energética de acordo com a Tabela 7 e chegou-se nos seguintes valores descritos na Tabela 15.

**Tabela 15- Escala de classificação energética preenchida com os valores de  $i$  e  $CgTRE$ .**

Classe de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	1427396	1546346	1665295	1784245
Limite Inferior	1427396	1546346	1546346	1784245	-

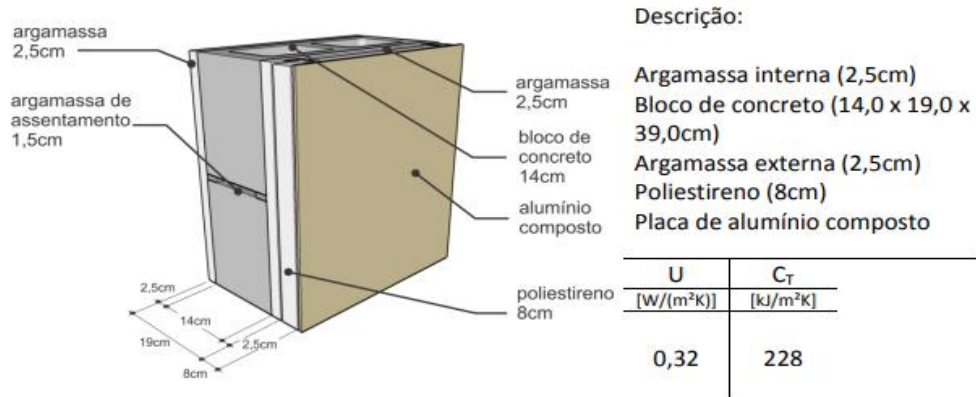
**Fonte: Autor**

O valor da carga térmica anual real encontrado é de 1.495.155,33kWh/ano, como está entre o valor B e A, por definição a envoltória dessa edificação é classificada com uma nota B em eficiência energética.

#### 4.1.1 ALTERAÇÕES NA ENVOLTÓRIA DA EDIFICAÇÃO

Afim de melhorar essa nota o autor propôs algumas mudanças nos materiais que compõem a envoltória. Para não precisar alterar o projeto arquitetônico, foi alterado apenas alguns componentes construtivos da edificação. O primeiro item alterado foi a parede, o bloco de concreto foi mantido, porém foi adicionado uma placa de alumínio composto com uma camada de 8cm de poliestireno (Figura 9).

**Figura 9 - Propriedades térmicas da sugestão de parede**



Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA

Com essa camada de isolamento, a transmitância térmica da parede passou de 2,76W/m²K para apenas 0,32W/m²K, dificultando ainda mais a passagem de calor e garantindo um melhor desempenho térmico. Na capacidade térmica não houve uma grande diferença, com o incremento do poliestireno o valor acabou regredindo, o que antes era 265KJ/m²K passou para 228KJ/m²K.

Esses valores foram inseridos na interface web e obteve-se um resultado mais satisfatório (Tabela 16), porém ainda assim não foi possível alcançar nível A de eficiência energética.

**Tabela 16 - Resultado da carga térmica anual com isolamento térmico na parede**

Pavimento	Zona	Área da zona [m²]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/m²*ano]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/ano]
Térreo	1	81,00	396,75	32.137,12
	2	218,04	382,01	83.293,41
	3	81,00	389,48	31.547,74
	4	218,04	398,91	86.978,37
	5	593,32	384,80	228.311,24
Pavimento 2	6	81,00	392,85	31.820,71
	7	218,04	387,80	84.555,56
	8	81,00	423,11	34.271,67
	9	218,04	433,45	94.509,38
	10	593,32	405,05	240.326,05
Cobertura	11	81,00	394,08	31.920,72
	12	218,04	384,88	83.920,07
	13	81,00	414,40	33.566,71
	14	218,04	429,29	93.602,48
	15	593,32	408,14	242.157,39
Carga Térmica Total (com alterações nos componentes da envoltória) [kWh/ano]				1.432.918,63

Fonte: Autor.

A segunda alteração foi na cobertura, a telha de fibrocimento na coloração cinza escuro foi pintada para um tom mais claro, fazendo com que a absorvância caísse pela metade. O valor inicial de 0,80 passou para 0,40, garantindo assim que uma grande parte da radiação solar fosse refletida para o ambiente. Novamente os valores foram inseridos na interface web afim de encontrar o valor da carga térmica total e encontrou-se os seguintes valores descritos na Tabela 17.

**Tabela 17 - Resultado da carga térmica anual com alteração na cobertura**

Pavimento	Zona	Área da zona [m <sup>2</sup> ]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/m <sup>2</sup> *ano]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/ano]
Térreo	1	81,00	377,55	30.581,55
	2	218,04	359,82	78.455,15
	3	81,00	369,25	29.909,25
	4	218,04	402,91	87.850,50
	5	593,32	380,24	225.604,00
Pavimento 2	6	81,00	391,88	31.742,28
	7	218,04	393,73	85.848,89
	8	81,00	432,06	34.996,86
	9	218,04	468,77	102.210,61
	10	593,32	447,97	265.789,56
Cobertura	11	81,00	377,29	30.560,49
	12	218,04	371,73	81.052,01
	13	81,00	407,65	33.019,65
	14	218,04	442,97	96.585,18
	15	593,32	441,43	245.898,04
Carga Térmica Total (com alterações nos componentes da envoltória) [kWh/ano]				1.460.104,01

**Fonte: Autor.**

Embora o resultado tenha sido melhor do que o valor inicialmente encontrado (1.495.155,33kWh/ano) ainda assim, não foi suficiente para ser classificado com nível A de eficiência energética, portanto a solução foi alterar os dois parâmetros simultaneamente e como resultado (Tabela 18) obteve-se uma carga térmica inferior aos 1.427.396 kWh/ano da escala de eficiência energética.

**Tabela 18 - Resultado da carga térmica anual com alterações nos componentes construtivos.**

Pavimento	Zona	Área da zona [m <sup>2</sup> ]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/m <sup>2</sup> *ano]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/ano]
Térreo	1	81,00	392,05	31.756,05
	2	218,04	377,48	82.305,74
	3	81,00	384,86	31.173,66
	4	218,04	394,18	85.947,01
	5	593,32	380,24	225.604,00
Pavimento 2	6	81,00	388,19	31.443,39
	7	218,04	383,20	83.552,93
	8	81,00	418,09	33.865,29
	9	218,04	428,31	93.388,71
	10	593,32	400,25	237.476,33
Cobertura	11	81,00	371,00	30.051,00
	12	218,04	361,00	78.712,44
	13	81,00	392,00	31.752,00
	14	218,04	406,25	88.578,75
	15	593,32	379,47	225.147,14
Carga Térmica Total (com alterações nos componentes da envoltória) [kWh/ano]				1.390.754,43

Fonte: Autor.

A nova carga térmica foi comparada com os valores encontrados na Tabela 15 e foi possível concluir que com essas alterações sugeridas pelo autor a envoltória da edificação passaria a ser classificada com uma nota A em eficiência energética, atingindo assim o objetivo desejado.

#### 4.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O procedimento para determinação da escala de eficiência energética do sistema de iluminação é semelhante com o da envoltória. Após ter o valor da densidade de potência tanto da condição de referência como na condição referente a classe A (Tabela 3) e o valor da área de acordo com a tabela de forro, bastou calcular o valor da potência limite de acordo com a Equação 2. As Tabelas 19 e 20 apresentam, respectivamente, os valores da potência limite para condição de referência e para condição referente a classe A.

**Tabela 19 - Cálculo da Potência limite para condição de referência.**

CÁLCULO DA POTÊNCIA LIMITE PARA CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA	
Área iluminada [m <sup>2</sup> ]	2892
Densidade de potência instalada [W/m <sup>2</sup> ]	19,90
Potência limite para condição de referência [kW]	54,72

Fonte: Autor.

**Tabela 20 - Cálculo da Potência limite para condição de referente à classe A**

CÁLCULO DA POTÊNCIA LIMITE PARA CONDIÇÃO REFERENTE Á CLASSE A	
Área iluminada [m <sup>2</sup> ]	2892
Densidade de potência instalada [W/m <sup>2</sup> ]	11,30
Potência limite para condição de referente a classe A [kW]	32,71

Fonte: Autor.

Para descobrir o valor da potência instalada total foi realizado um levantamento de toda a iluminação do hospital. Sabendo a quantidade de lâmpadas e sua respectiva potência em Watts chegou-se no num valor total de 23.710W, então, dividiu-se pela área total (2892m<sup>2</sup>) e foi encontrada uma densidade de potência instalada de 8,20W/m<sup>2</sup>.

Com os valores das potências limites tanto da condição de referência como na condição real, foi possível calcular o valor do coeficiente “i” (Tabela 21) de acordo com a Equação 4.

**Tabela 21 - Cálculo do coeficiente i para o sistema de iluminação.**

CÁLCULO DO COEFICIENTE “i”	
Potência instalada total na condição de referência [kW]	54,72
Potência instalada total referente a classe A [kW]	32,71
Coeficiente “i”	7,33

Fonte: Autor.

Com o valor do coeficiente “i” calculado, foi possível montar a Tabela 22 com os intervalos entre as classes de eficiência energética do sistema de iluminação.

**Tabela 22 - Intervalos entre classes de eficiência energética do sistema de iluminação.**

Classe de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	32,71	40,05	47,38	54,72
Limite Inferior	32,71	40,05	47,38	54,72	-

**Fonte: autor.**

Para poder comparar os valores de potência de iluminação e encontrar a classe de eficiência energética deve-se calcular o valor da potência de iluminação da condição real, a qual está descrita na Tabela 23.

**Tabela 23 - Cálculo da Potência total instalada**

CÁLCULO DA POTÊNCIA TOTAL INSTALADA (CONDIÇÃO REAL)	
Área iluminada [m <sup>2</sup> ]	2892
Densidade de potência instalada [W/m <sup>2</sup> ]	8,20
Potência total instalada [kW]	23,71

**Fonte: autor.**

Pelo fato da potência total instalada ter um valor mais baixo que o limite inferior da classe A de eficiência é possível concluir que o sistema de iluminação do hospital alcançou nível A em eficiência energética, isso se deve ao fato de que todas as lâmpadas do edifício são de LED, um sistema bastante eficiente.

#### 4.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Para fazer a análise de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar e classificar seu desempenho energético foi necessário, primeiramente encontrar o fator K de conversão. Para isso, foi preciso entrar na Tabela 4 com o valor da capacidade total instalada, que corresponde a dois resfriadores de 288kW de potência, resultando assim, uma capacidade total de 576kW e com o tipo de condensação do equipamento, que no caso do hospital é a água. Desta forma, encontrou-se um valor para o fator K de 0,59.

O próximo passo foi calcular a eficiência dos resfriadores (*Chillers*) de acordo com a Figura 3. Portanto, foi-se atrás das informações de projeto e encontrou-se os seguintes valores, os quais estão descritos na Tabela 24.

**Tabela 24 - Valores de eficiência nas quatro condições de operação**

Condições de Carga	100%	75%	50%	25%
COP	4,84	5,33	6,56	6,18

**Fonte: Autor.**

Com os valores de eficiência nas quatro condições de operação, foi possível determinar o IPLV do sistema. Para esse cálculo, utilizou-se a equação descrita na Figura 4 e foi encontrado um valor de 5,92, porém antes de compará-lo com os valores descritos na Tabela 5 foi necessário multiplicá-lo pelo fator de ponderação (Fator K), portanto o valor do IPLV corrigido resultou em 3,49.

Após comparar o valor corrigido do IPLV com os valores da Tabela 5, constatou que o sistema de condicionamento de ar da edificação em estudo não atingiu o valor mínimo de eficiência para classe C, portanto, foi automaticamente classificado em nível D de eficiência energética.

A avaliação do sistema de condicionamento de ar não levou em consideração o sistema como um todo, apenas a torre de resfriamento e por isso foi multiplicado pelo fator K de ponderação, diminuindo praticamente em quase 40% a sua eficiência. Isso fez com que a avaliação desse sistema não fosse avaliada de forma tão justa e conseqüentemente resultou num baixo valor de eficiência energética.



## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho conseguiu determinar, de acordo com o Novo Método de Avaliação de edificações comerciais, a classe de eficiência energética dos principais sistemas do Hospital em estudo.

A envoltória inicialmente apresentou classe de eficiência energética nível B, porém, afim de melhorar essa nota, foram propostas algumas mudanças nos materiais que a constituem. A troca dos vidros por outros de melhor desempenho, a adição de isolamento térmico nas paredes e a mudança de coloração da cobertura por um tom que absorve menos calor, fizeram com que a envoltória da edificação passasse a ser classificada como nota A em eficiência energética.

O sistema de iluminação foi o que obteve melhor nota entre os avaliados, atingindo a classe A em eficiência energética. Isso foi possível pois as lâmpadas utilizadas na edificação eram do tipo LED, a qual é uma tecnologia bastante eficaz e que quando comparada com as lâmpadas de referência, geram o mesmo fluxo luminoso com uma menor potência, garantido um menor consumo energético.

Por fim, o sistema de condicionamento de ar obteve o pior desempenho de eficiência energética da edificação, sendo classificado como classe D. Para a avaliação desse sistema, o método deixou a desejar, pois foram levados em conta apenas o grupo climático, a eficiência dos resfriadores e a carga do sistema. Seria necessária uma reavaliação, levando em consideração outros parâmetros dos equipamentos, visto que esse sistema é um dos mais complexos da edificação.

De maneira geral, conclui-se que o trabalho obteve bons resultados de desempenho energético da edificação em estudo, visto que dois dos três sistemas avaliados apresentaram boa classificação energética.

## 6 REFERÊNCIAS

A GERADORA. **FAN COIL: ENTENDA COMO FUNCIONA E SUAS VANTAGENS.** Salvador, 2017. Disponível em: <<https://www.ageradora.com.br/fan-coil-como-funciona-vantagens/>>. Acesso em: 9 set. 2018.

BEN. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL.** São Paulo, 2015. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)>. Acesso 30 nov. 2018.

BONA. **CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE UMA SALA COMERCIAL ESTUDO DE CASO: ACEDEMIAS SMART FIT.** 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **INTRODUÇÃO AO NOVO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO PBE EDIFICA.** Florianópolis. [S.d]. 16 slides. Apresentação em Power-point.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E PROCEL EDIFICA. **Proposta de método para a avaliação da eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas.** Florianópolis, 2017. Disponível em: <[http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo\\_texto%20completo\\_comercial\\_2.pdf](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo_texto%20completo_comercial_2.pdf)>. Acesso em: 17 ago. 2017.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Relatório:** grupos climáticos. Florianópolis, [S.d]. Disponível em: <[http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/all5564\\_with\\_subgroups\\_interface\\_2018.csv](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/all5564_with_subgroups_interface_2018.csv)>. Acesso em: 16 mar. 2018.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Tutorial para o preenchimento da interface web de edificações comerciais, de serviços e públicas.** Florianópolis. fev. 2017. 12 slides. Apresentação em Power-point.

PROCEL. **LEI DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**. São Paulo, 2014. Disponível em: <  
<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2014/lei.pdf>>. Acesso: 01 dez. 2018.

TIGRE. **PPR TERMOFUSÃO**. Joinville, 2012. Disponível em: <  
<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-ppr-termofusao.pdf>>. Acesso: 20 out. 2018.