

**CASSIANO MONTAGNER FREO**

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA  
DE ILUMINAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO BENEFICENTE  
OURO BRANCO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das atividades para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, do curso de Engenharia Elétrica da Fundação Universidade Federal do Pampa.

Orientador: Prof. Dr. José Wagner M. Kaehler

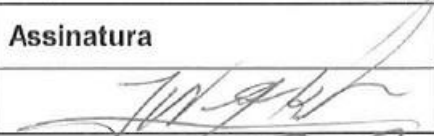


**ALEGRETE  
2013**

**Autoria:** Cassiano Montagner Freo

**Título:** Estudo de Eficiência Energética do Sistema de Iluminação da Associação Beneficente Ouro Branco

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte das atividades para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa.

Os componentes da banca, abaixo listados, consideram este trabalho aprovado

	Nome	Titulação	Assinatura	Instituição
1	José Wagner Maciel Kaehler	Prof. Dr.		unipampa
2	Diego Berlezi Ramos	Prof. Dr.		unipampa
3	Luciano Lopes Pfitscher	Prof. Dr.		UFSC

**Data da aprovação:** 14 de outubro de 2013.

*Aos meus pais, pelo exemplo de vida e  
família.*

*À minha irmã, por acreditar e sempre  
me apoiar em minhas decisões.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Neste momento especial onde termino esta etapa, só tenho a agradecer aos meus pais, Roque e Julita, pelo apoio, força, dedicação e paciência nesta etapa crucial de minha vida, minha eterna gratidão.*

*A minha irmã Roseane, mostrando que ser irmão significa, além da convivência mútua, é também estarmos unidos pelos eternos laços de amor.*

*Agraço a todos os meus amigos em especial Bruno, Guilherme, Willian, Humberto, Breno e Jeferson, com quem convivi quase diariamente durante estes últimos anos, pelo apoio e grande aprendizado.*

*Agradeço ao professor Dr. José Wagner M. Kaehler pelo aprendizado, dedicação e ajuda durante este trabalho.*

*Agradeço a todos que acreditaram e me apoiaram.*

*“Uma geração constrói uma estrada  
por onde a outra trafega.”*

***Eleonor Roosevelt.***

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de eficiência energética em uma instituição de saúde de pequeno porte. Busca-se determinar a situação do sistema de iluminação da instituição, apontando-se possíveis soluções para reduzir o consumo de energia elétrica. Como objetivo secundário este trabalho ainda destina-se à adequar as instalações às normas de modo a propiciar aos pacientes e à equipe de saúde bem estar, conforto e qualidade no atendimento. A estimativa do potencial de conservação de energia elétrica é feita pela análise da viabilidade técnico-econômica dos sistemas de iluminação baseados em lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas LED tubulares. De forma a se verificar a viabilidade econômica da implementação de uma ação de eficiência energética determina-se alguns indicadores, como o tempo de retorno do *retrofit*<sup>1</sup> e a relação custo-benefício (RCB). Com base na metodologia aplicada para a instituição sob estudo, foi verificada a possibilidade de redução do equivalente a 57,30 MWh/ano, e demanda evitada de 10,53kW, representando uma redução de 45,34% no consumo de energia no sistema de iluminação, o que resultaria na diminuição em cerca de 12,84% na conta de energia do estabelecimento.

Palavras-chave: Eficiência energética, qualidade, conservação de energia elétrica.

---

<sup>1</sup> *Retrofit*: Termo para designar o processo de modernização de algum equipamento considerado ultrapassado ou fora de norma.

## ABSTRACT

This paper presents a study of energy efficiency in a health institution small. Seeks to determine the status of the lighting system of the institution anonymous, pointing to possible solutions to reduce electricity consumption. As a secondary objective this work also aims to adapt the facilities to standards in order to provide to patients and the healthcare staff welfare, comfort and quality service . The estimated potential electricity conservation is done by analyzing the technical and economic feasibility of lighting systems based on fluorescent lamps and LED tubular lamps . In order to verify the economic feasibility of implementation of an energy efficiency action determines some indicators, such as the return time of the retrofit and cost- benefit (RCB) . Based on the methodology applied for the institution under study, there was the possibility of reduction of the equivalent of 57,30 MWh / year and avoided demand of 10,53 kW , representing a decrease of 45,34 % in energy consumption in the system lighting, which would result in a decrease in approximately 12,84 % of the energy bill of the establishment .

**Keywords:** Energy efficiency, quality, conservation of energy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Exemplo de curva de distribuição luminosa. ....	26
Figura 2: Esquemas de Distribuição Luminosa de uma luminária. ....	27
Figura 3: Refletores de alta pureza e refletância ..... 27	27
Figura 4: Exemplo de aplicação de refletores de alta refletância. ....	28
Figura 5: Ângulos críticos de visualização. ....	29
Figura 6: Efeito de depreciação do fluxo luminoso de lâmpadas fluorescentes. ....	31
Figura 7: Método da NBR 15215-4: Pontos de Medição de Iluminância de um Ambiente Hipotético. ....	43
Figura 8: Indicação dos Pontos de Iluminação de uma Enfermaria. ....	44
Figura 9: Exemplo de luminárias do sistema atual. ....	47
Figura 10: Exemplo de luminárias do sistema atual. ....	48
Figura 11: Luminárias Comerciais Escolhidas para o Estudo de Caso ..... 54	54
Figura 12: Luminárias Herméticas Escolhidas para o Estudo de Caso ..... 56	56
Figura 13: : Luminárias Herméticas IP66 Escolhidas para o Estudo de Caso ..... 57	57
Figura 14: Cálculo Luminotécnico para a Farmácia Externa ..... 67	67
Figura 15: Cálculo Luminotécnico para o Faturamento e Administração Geral. ....	68
Figura 16: Cálculo Luminotécnico para uma Enfermaria Coletiva. ....	68
Figura 17: Representação de cores falsas da enfermaria coletiva. ....	69
Figura 18: Medição dos níveis atuais de iluminância de uma enfermaria coletiva. ....	69
Figura 19: Medição dos níveis de iluminância da enfermaria com o sistema proposto. ....	69
Figura 20: Cálculo luminotécnico para áreas de trabalho verticais e ofuscamento. ....	70



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores Médios de Eficiência e Vida Útil dos Principais tipos de Lâmpadas .....	32
Tabela 2: Iluminâncias Recomendadas para Enfermarias e Quartos Particulares.....	39
Tabela 3: Quantidade Mínima de Pontos a Serem Medidos. ....	42
Tabela 4: Situação Atual da Iluminação da Instituição .....	48
Tabela 5: Análise da iluminação artificial dos ambientes. ....	49
Tabela 6: Luminárias Tubulares Comerciais.....	53
Tabela 7: Luminárias Tubulares Herméticas.....	55
Tabela 8: Luminárias Tubulares Herméticas IP65 .....	56
Tabela 9:Luminárias LED .....	58
Tabela 10: Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T5 – 28W.....	58
Tabela 11: Lâmpadas LED Tubulares .....	59
Tabela 12: Lâmpadas LED Bulbo .....	59
Tabela 13:Reatores selecionados para as lâmpadas tubulares T5. ....	60
Tabela 14: Sistema de Iluminação Proposto.....	61
Tabela 15: Determinação da quantidade de luminárias em cada ambiente.....	62
Tabela 16: Cálculo da Energia Economizada e Redução de Demanda de Ponta .....	71
Tabela 17: Custos de aquisição dos equipamentos para a implementação do <i>retrofit</i> .....	77
Tabela 18: Custos Anualizados Totais .....	78
Tabela 19: Consumo e Demanda do sistema Atual e Proposto.....	79
Tabela 20: Retorno do investimento e RCB pela ótica do consumidor e do sistema.....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS

*ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas*

*AMS – Assistência Médico-Sanitária*

*ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica*

*ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária*

*CEI – Comité Español de Iluminación*

*FBH – Federação Brasileira de Hospitais*

*IEA – International Energy Agency*

*IEC – International Electrotechnical Commission*

*IESNA – Illuminating Engineering Society of North America*

*ISO – International Organization for Standardization*

*LED – Diodo Emissor de Luz*

*LFC – Lâmpada Fluorescente Compacta*

*LFT – Lâmpada Fluorescente Tubular*

*PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica*

*PROPEE – Procedimentos do Programa de Eficiência Energética*

*RCB – Relação Custo Benefício*

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>10</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO .....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 <i>Objetivo Principal</i> .....	16
1.3.2 <i>Objetivos Secundários</i> .....	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>19</b>
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	19
2.2 O SETOR HOSPITALAR BRASILEIRO.....	20
2.2.1 <i>Características Gerais</i> .....	20
2.2.2 <i>Conservação de Energia no Setor Hospitalar</i> .....	22
2.2.3 <i>Perfil de Uso da Energia Elétrica</i> .....	22
2.3 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL .....	23
2.3.1 <i>Definições Técnicas</i> .....	24
2.3.1.1 Conforto Luminoso .....	24
2.3.1.2 Modulação de Intensidade (dimerização).....	25
2.3.1.3 Fluxo Luminoso [ $\Phi$ ] .....	25
2.3.1.4 Iluminância [E] .....	25
2.3.1.5 Luminância [L] .....	26
2.3.1.6 Curva de Distribuição Luminosa [CDL] .....	26
2.3.1.7 Intensidade Luminosa [IL] .....	28
2.3.1.8 Eficiência Luminosa [EL] .....	28
2.3.1.9 Índice de Reprodução de Cores [IRC].....	28
2.3.1.10 Ofuscamento .....	28
2.3.1.11 Aparência da cor (Tcp).....	30
2.3.1.12 Fator de Utilização [Fu] .....	30

2.3.1.13 Vida Útil, Vida Média e Vida Mediana [Horas].....	31
2.3.2 Equipamentos .....	31
2.3.2.1 Lâmpadas .....	32
2.3.2.2 Luminárias .....	34
2.3.2.3 Reator.....	34
2.3.2.4 Starter.....	34
2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ILUMINAÇÃO.....	35
2.4.1 Eficiência de Lâmpadas .....	36
2.4.2 Eficiência de Luminárias.....	36
2.4.3 Eficiência dos Reatores .....	37
2.4.4 Eficiência do Recinto.....	37
2.4.5 Aproveitamento da Luz Natural .....	37
2.5 ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES HOSPITALARES .....	38
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
3.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO .....	41
3.2 AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS ATUAIS DE ILUMINÂNCIA ARTIFICIAL .....	41
3.2.1 Metodologia de Medição.....	42
3.2.2 Ambientes de Medição.....	43
3.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO LUMINOTÉCNICO.....	44
3.3.1 Escolha dos Equipamentos de Iluminação.....	44
3.3.2 Escolha das Lâmpadas.....	44
3.3.3 Escolha das Luminárias .....	45
3.3.4 Escolha dos Reatores .....	46
3.4 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA PROPOSTO PARA O <i>RETROFIT</i> .....	46
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>47</b>
4.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL .....	47
4.2 MEDIÇÃO DOS ATUAIS NÍVEIS DE ILUMINAÇÃO .....	49
4.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO .....	52
4.3.1 Luminárias Escolhidas .....	52
4.3.2 Lâmpadas Escolhidas.....	58
4.3.3 Reatores Escolhidos .....	60
4.3.4 Determinação da Quantidade de Luminárias Necessárias .....	60
4.4 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO <i>RETROFIT</i> DA SOLUÇÃO PROPOSTA .....	70
4.4.1 Determinação dos Custos do Investimento Inicial .....	77
4.4.2 Determinação dos Benefícios.....	78
4.4.3 Relação Custo Benefício (RCB) e Tempo de Retorno Simples .....	78
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79

<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>80</b>
5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS .....</b>	<b>82</b>
<b><u>ANEXO I</u>.....</b>	<b>88</b>
<b><u>ANEXO II</u> .....</b>	<b>90</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente busca-se por equipamentos e processos mais eficientes que possam reduzir o consumo de energia. Deste modo, o setor da iluminação, que foi apontada por Freitas (2010) como responsável por 19% do consumo de energia elétrica mundial e 20% da energia do Brasil, vem recebendo incentivos para o desenvolvimento de novas tecnologias que possam substituir as atuais lâmpadas presentes no mercado.

Uma das maneiras encontradas por alguns países para incentivar a substituição de tecnologias foi a criação de leis proibindo a comercialização de equipamentos com baixa eficiência energética. O Brasil, recentemente, adotou o mesmo caminho da União Europeia (EU), que desde 2012 não comercializa mais lâmpadas incandescentes com potências maiores que 100W e determinou exigências mínimas de eficiência para a iluminação e o banimento gradativo destas lâmpadas do mercado, previsto para junho de 2017 MME (2010).

Segundo Souza et al. (2011) o emprego de iluminação eficiente pode alcançar economias de 30% a 70% em edificações não residenciais, ressaltando assim, a elevada importância de sistemas de iluminação eficientes em instalações comerciais e industriais.

O processo de conservação de energia se inicia com a reeducação, com a mudança de usos e de hábitos. A mudança de hábitos é uma das maiores dificuldades, pois a rotina diária das pessoas, muitas vezes é feita de forma inconsciente, sem se perceber exatamente o que se está fazendo. É necessária atenção para a rotina, pois as mudanças são importantes para o combate ao desperdício de energia (GELLER 2007).

Após anos sem investimento em geração de energia, o Brasil sofreu um apagão em 2001, obrigando o país a investir em novos parques geradores e a criar políticas de conscientização de se utilizar a energia elétrica de forma racional. A partir dessas atitudes a indústria começou a investir em equipamentos mais eficientes, o que gerou a abertura de novos postos de trabalhos especializados em análise e substituição de sistemas ineficientes.

O setor de iluminação, além de possuir os maiores potenciais de conservação de energia elétrica é também o segmento onde se podem perceber mais rapidamente os resultados da economia de energia, além de exigir os menores investimentos, resultando, portanto, em retornos mais rápidos (COSTA 2006).

Neste contexto, este trabalho analisa o potencial de conservação de eletricidade numa instituição hospitalar através de medidas de eficiência energética aplicadas em sistemas de iluminação. A possibilidade que se apresenta na implementação efetiva de um sistema de iluminação atualizado, como o que pretende este trabalho, poderá desonerar o orçamento da entidade, cuja economia poderá se reverter na melhoria da qualidade dos serviços oferecidos à população. Buscou-se assim tornar o sistema energeticamente eficiente e ao mesmo tempo proporcionando maior conforto luminoso a todos os usuários.

### **1.1 Problematização**

Os hospitais necessitam cada vez mais da energia elétrica em seu dia-a-dia, e desta forma a racionalização do consumo de energia torna-se uma das grandes discussões na época atual, pois é de fundamental importância que homem e natureza interajam da melhor forma possível para que as gerações futuras possam usufruir de forma igualitária aos bens econômicos e sociais resultantes do mesmo. É neste contexto que nascem os conceitos de eficiência energética, ou de forma mais ampla, os de combate ao desperdício.

Conforme a Federação Brasileira de Hospitais (FBH) (2001), hospitais de pequeno porte de modo geral, funcionam da forma precária, com falta de profissionais da saúde, leitos, medicamentos e instrumentos cirúrgicos. Deste modo, sistemas de iluminação, não estão entre as prioridades e, assim, muitas vezes encontram-se em desconformidade com os níveis adequados e são ineficientes, contribuindo para um alto consumo de energia e, portanto, propiciando a falta de recursos para investimentos em setores em que se necessita maior atenção.

Segundo Silveira (2008) estudos relativos à eficiência energética em instituições de saúde são de suma importância devido à carência de recursos financeiros por parte da maioria dos estabelecimentos de saúde no Brasil e à precariedade no atendimento. Para se ter uma ideia, segundo o Conselho Federal de Medicina (CFM) de 2005 a 2012, o número de leitos hospitalares no Brasil reduziu em 10,5%, isto representa uma redução de 41.713 leitos hospitalares no sistema único de saúde (SUS), passando de 2,4 leitos para cada mil habitantes em 2005

para 2,3 leitos para cada mil habitantes em 2012. A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que essa taxa fique entre 3 e 5 leitos para cada mil habitantes (AZEVEDO 2013).

## **1.2 Justificativa**

As dificuldades históricas de serviços de boa qualidade e em quantidade suficiente para atender a saúde pública do país geralmente estão vinculadas à falta de recursos financeiros. Porém, nota-se com frequência o mau uso dos recursos, seja na concepção e construção de edificações com pouca ou nenhuma preocupação com a eficiência energética, ou na gestão em si que não consegue avaliar, preparar e conscientizar os usuários para a conservação de energia (MOREIRA 2010).

Segundo a FBH (2001), os hospitais brasileiros em 2001 possuíam um endividamento de cerca de 250 milhões de reais. Esta realidade reforça a necessidade de se implantar políticas de conservação de energia neste segmento, reduzindo o consumo e conseqüentemente redução dos gastos com energia elétrica e diminuição da dívida, disponibilizando maiores recursos para remédios e equipamentos.

Em hospitais é essencial se atender as condições mínimas de conforto luminoso, uma vez que estas são essenciais para que o processo de cura e restabelecimento dos pacientes ocorra com tranquilidade, proporcionando bem estar. Deste modo, a importância de se ter esse conforto em patamares adequados leva à necessidade de avaliar o comportamento desses ambientes de forma muito cuidadosa.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Principal**

A metodologia a ser proposta compreende a atual situação da entidade com relação à quantidade e qualidade dos diversos ambientes. Compreende também a avaliação dos usos finais frente à demanda e ao consumo total do estabelecimento e avaliação da possibilidade de se implementar um *retrofit*, em função da economia de energia resultante com o uso de equipamentos eficientes.

Implementar um sistema de gestão da eficiência energética hospitalar sobre a carga de iluminação.



### 1.3.2 Objetivos Secundários

- Contribuir com os gestores ajudando-os em suas decisões empresariais, que apesar de vir acontecendo com maior frequência nos últimos anos, há ainda de se empregar uma maior velocidade a sua ampliação.
- Produzir indicadores que possam ajudar a identificar os principais pontos ineficientes de um sistema e algumas soluções possíveis.
- Avaliar a implementação de um programa de gestão de eficiência energética sobre a iluminação hospitalar.

### 1.4 Estrutura do Trabalho

O Capítulo 1 inicia-se o trabalho demonstrando a relevância dos conceitos de eficiência energética nos tempos atuais e da conscientização em face aos programas que são desenvolvidos no âmbito da conservação de energia elétrica. São informados alguns dados e problemas enfrentados pelas instituições de saúde, bem como, algumas razões que justificam a elaboração deste trabalho e são apresentados os objetivos que se espera atingir.

O Capítulo 2 discute as principais tecnologias dos sistemas de iluminação presentes nos hospitais brasileiros. Apresenta-se ainda, os equipamentos como luminárias, lâmpadas e reatores atualmente utilizados nas instituições e os equipamentos que se utiliza em projetos de eficiência energética. Complementarmente aos equipamentos, apresentam-se alguns conceitos e definições básicas sobre os sistemas de iluminação.

O Capítulo 3, é apresentada a metodologia utilizada para a realização do estudo de viabilidade de implantação de um *retrofit* no sistema de iluminação na instituição hospitalar. Inicia-se apresentando os procedimentos a serem realizados na coleta de dados do sistema de iluminação, posteriormente são demonstrados os métodos para escolha dos equipamentos eficientes e os métodos para elaboração do novo projeto luminotécnico. Por fim finaliza-se a metodologia apresentando os métodos para análise da viabilidade econômica da implantação do *retrofit*.

No Capítulo 4 apresentam-se os resultados do estudo de caso realizado numa instituição hospitalar, objetivando demonstrar o potencial de redução de consumo e demanda de energia elétrica. Procura-se ainda evidenciar a desagregação do consumo do estabelecimento por seus

usos finais e os cálculos dos valores de iluminâncias para os ambientes. Por fim, é apresentado o tempo médio de retorno e a relação custo/benefício (RCB).

O Capítulo 5 apresenta as considerações finais sobre o estudo realizado e fazem-se algumas recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo apresenta uma revisão geral da literatura sobre os benefícios da conservação de energia elétrica nos sistemas de iluminação. Aborda ainda as principais definições técnicas de um sistema de iluminação e os equipamentos largamente utilizados em projetos de eficiência energética.

### **2.1 Considerações Iniciais**

A sociedade moderna tornou a eletricidade um energético indispensável, de tal forma que, o crescimento econômico de um país está atrelado ao aumento da sua capacidade de produção de energia elétrica. Considerando que o crescimento econômico de um país é contínuo, o aumento da sua produção de energia deve seguir a esta tendência.

A energia elétrica no Brasil teve seu início no final do século XIX e deste então a geração de energia elétrica aumentou na proporção da necessidade do país. Hoje a falta de energia em qualquer setor da economia gera enormes prejuízos e em hospitais não é diferente, onde a falta de energia elétrica é vital para a manutenção da vida dos pacientes.

Entretanto, questionava-se se haveria outra forma de disponibilizar mais energia elétrica que não fosse com o aumento das fontes geradoras. A resposta encontrada pelos especialistas foi a Eficiência Energética, que através da efficientização dos equipamentos possibilitaram a redução do consumo e demanda de energia elétrica.

Deste modo, visando à regulamentação, a adoção de critérios para os equipamentos eficientes e à redução de investimentos com novos parques geradores para atender a demanda crescente de energia, o Governo Federal criou, por intermédio do Ministério de Minas e Energia (MME) juntamente com a secretaria executiva da Eletrobrás, em 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) que trouxe em suas atribuições o desenvolvimento de estratégias para mobilizar a sociedade para o uso responsável de energia.

Desde então, o PROCEL tem implantado diversas ações de estímulo ao combate do desperdício de energia, tanto pelo lado da oferta quando pelo lado da demanda. Segundo estima-

tivas da ELETROBRAS (2009), só em 2015 o programa visa obter uma redução de consumo da ordem de 130TWh o que evitaria a expansão do sistema elétrico em 25.000MW, com um ganho líquido para o Brasil de R\$34 bilhões.

A educação, e conseqüentemente a conscientização dos usuários, é outra ferramenta importante para a eficiência no uso de eletricidade, porém, os resultados podem levar certo tempo para aparecer. Sistemas de iluminação, por exemplo, podem gerar economia de energia e uma melhora no bem estar dos usuários através do aumento do conforto luminoso.

## **2.2 O Setor Hospitalar Brasileiro**

Com o aumento da população do país e a busca pela melhoria do sistema de saúde com a compra de novos equipamentos e construção de novos edifícios, o setor hospitalar brasileiro vem tendo um aumento crescente da demanda de energia.

### **2.2.1 Características Gerais**

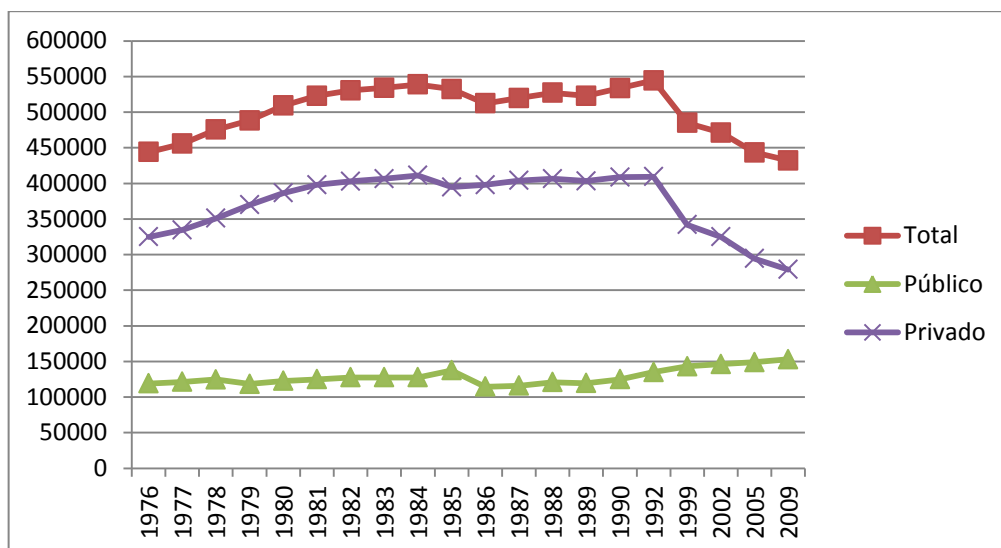
Os estabelecimentos de saúde podem ser classificados como clínicas, postos de saúde, prontos-socorros, ambulatórios e hospitais. O hospital é um tipo específico de estabelecimento de saúde, que tem a possibilidade de oferecer leitos para a internação de pacientes.

Segundo a Assistência Médico-Sanitária (AMS) (2009), o Brasil em 2009 possuía 101.981 estabelecimentos de saúde, sendo que 3.741 desativados, 4.080 extintos, 93.084 em atividade e 986 em atividade parcial, onde, destes 94.070 estabelecimentos, apenas 7,3% são hospitais.

Ainda segundo a AMS (2009), o número de estabelecimentos de saúde sem internação é de 67.901, valor superior em 22,7% ao registrado no ano de 2005, quando havia 55.328 estabelecimentos. O setor público detém o maior número desses estabelecimentos registrados, cerca de 69,8%, porém 72,4% deles fornecem atendimento geral e apenas 6,0% são especializados. Nos estabelecimentos privados a situação se inverte, sendo apenas 3,2% de atendimento geral e 60,4% especializado.

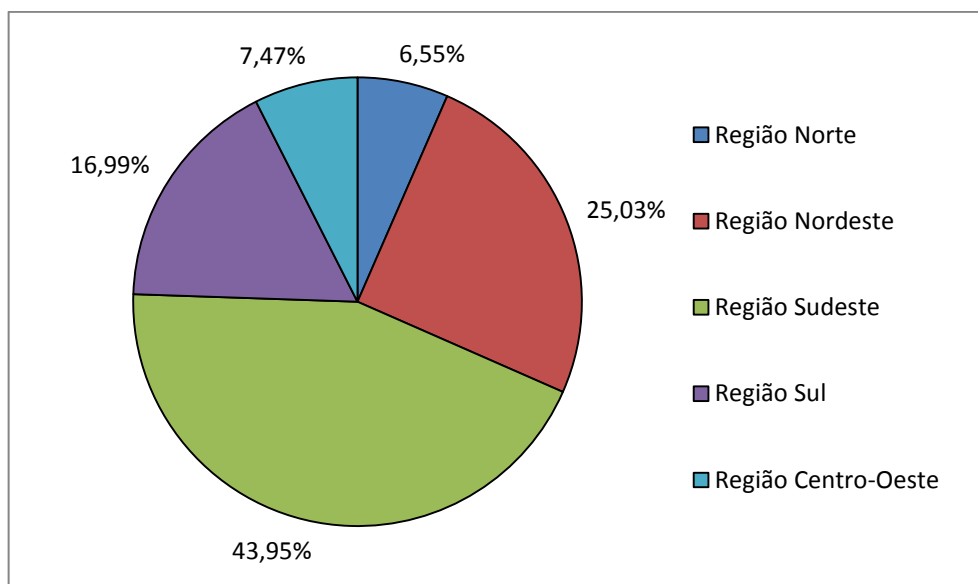
Conforme a AMS (2009) os estabelecimentos com internação somaram 6.875, destes, 58,7% são privados e 41,3% são públicos. O setor privado sofreu uma queda de 392 estabelecimentos em relação a 2005, já o setor público teve um aumento de 112 estabelecimentos, resultando em uma perda de 280 estabelecimentos com internação.

O número de leitos que de 1976 a 2002 havia aumentado de 443.888 para 544.357, declinou em 2005 para 443.210 e em 2009 este número caiu ainda mais e passou para 431.996, sendo que destes, 152.892 leitos são públicos (35,4%) e 279.104 são privados (64,6%), significando uma redução de 11.214 leitos. O Gráfico 1 apresenta a evolução da quantidade de leitos oferecidos no setor hospitalar brasileiro e o Gráfico 2 apresenta a sua distribuição percentual nas grandes regiões do Brasil.



**Gráfico 1: Evolução da quantidade de leitos oferecidos no setor hospitalar brasileiro.**

Fonte: Elaboração própria a partir da (AMS 2009).



**Gráfico 2: Distribuição percentual dos leitos por região.**

Fonte: Elaboração própria a partir da (AMS 2009).

Os estabelecimentos privados de saúde que prestam atendimento ao SUS são responsáveis hoje por 72,4% das internações do setor. Destes, cerca de 2.100 hospitais são filantrópi-

cos e respondem por um total de 45% das internações do SUS e por 31% do total de leitos disponíveis no Brasil. Entretanto, suas dívidas chegam a R\$ 15 bilhões de reais, em grande parte relativa aos baixos valores repassados pelo SUS aos hospitais, visto que, 67,2% dos estabelecimentos tem atendimento predominante do SUS, representando cerca de 42,7% da receita dos mesmos (AMS 2009).

### **2.2.2 Conservação de Energia no Setor Hospitalar**

A demanda de energia em hospitais é caracterizada pela necessidade de alta confiabilidade e qualidade do fornecimento, dado que grande parte dos equipamentos é destinada à manutenção da vida do paciente. De modo geral, hospitais apresentam alta intensidade energética e em sua maioria pouco eficiente. Outro fato observado é que muitos deles resolvem seu aumento de demanda de energia com ações pontuais, sem um planejamento ou estudo que busque uma solução definitiva (SILVEIRA 2008).

Essas medidas improvisadas podem colocar em risco as instalações de todo o estabelecimento e por consequência geram a utilização ineficiente da energia. Algumas medidas simples como a limpeza periódica de luminárias e lâmpadas, regulagem dos termostatos e temporizadores, podem possibilitar uma redução de energia e uma melhora dos ganhos com iluminação.

A redução do consumo de energia não gera apenas benefícios para a instituição de saúde, a sociedade também é beneficiada com a redução da emissão de gases poluentes ao meio ambiente proveniente dessa geração de energia desperdiçada. Os clientes dos hospitais, já que os custos de energia são computados diretamente nos preços dos atendimentos hospitalares e as concessionárias de energia que podem protelar investimentos com geração, transmissão e distribuição (SILVEIRA 2008).

O desperdício de energia e de outros insumos é uma doença que tem de ser extirpada. É inadmissível investir em expansão do sistema elétrico para suprir cargas mal geridas. A competitividade não é generosa com a ineficiência e com a má gestão de recursos.

### **2.2.3 Perfil de Uso da Energia Elétrica**

O principal insumo energético utilizado em hospitais é a eletricidade, que representa 50%, quando o hospital conta com caldeira a vapor, podendo chegar a 100% do consumo de energia utilizada quando inexistente a mesma. A participação deste energético vem tendo um

aumento nos últimos tempos, o que indica a substituição de outras fontes de energia como óleo combustível, gás liquefeito de petróleo, etc., por energia elétrica (VARGAS Jr 2006).

Conforme MOREIRA (2010), a iluminação é responsável por 20% do consumo de energia elétrica das instituições hospitalares brasileiras e pode chegar a um percentual de 50% nos países desenvolvidos. Ressalta ainda, que os países do hemisfério norte tem um potencial de conservação de economia em iluminação entre 20% a 40%.

SILVEIRA (2008) complementa ainda, que em instituições de saúde de pequeno porte, com capacidade de 50 a 150 leitos, podem ser encontradas as mais variadas situações de consumo, desde estabelecimentos que utilizam exclusivamente energia elétrica, até mesmo para aquecimento de água destinada a cocção ou para secagem de roupa na lavanderia, até os que geram calor em sistemas centralizados com consumo de gás em caldeiras. Nesses locais, a participação média da energia elétrica na matriz energética é de 76%.

A arquitetura e a situação do sistema elétrico da edificação exercem muita influência no consumo de energia elétrica, como materiais e cores dos ambientes, situação dos quadros de distribuição e aproveitamento da iluminação natural, são fatores essenciais para conservação de energia elétrica.

Segundo VARGAS Jr. (2006), o sistema de iluminação de hospitais de pequeno porte no Brasil tem um potencial de conservação de 148,02GWh/ano e redução de demanda em 22,86MW. Ainda conforme VARGAS Jr. (2006), há uma grande dificuldade em se obter diagnósticos energéticos no setor hospitalar brasileiro, tanto quantitativamente quanto qualitativamente e que um aumento da qualidade e quantidade dessas informações tornaria possível a obtenção de resultados mais precisos.

### **2.3 Iluminação Artificial**

Após a descoberta da primeira fonte de iluminação artificial, o fogo, o homem teve seu horizonte de possibilidades ampliado, podendo realizar tarefas noturnas. A partir deste momento o uso de iluminação artificial foi se tornando cada vez mais essencial para a humanidade. Se no início dos tempos a civilização preocupava-se em controlar o fogo, hoje a preocupação é em se obter mais energia por um preço mais acessível.

Diversos estudos feitos em todo o Brasil apontam que os sistemas de iluminação de modo geral são ineficientes. Uma combinação de lâmpadas, reatores e refletores eficientes, associa-

dos a hábitos de consumo saudáveis aplicados podem reduzir o consumo de energia elétrica e em muitos casos apresentam um *retrofit* muito rápido.

Em contrapartida, um erro na estimativa do tempo de utilização do sistema e consequentemente do consumo de energia, podem subestimar a energia economizada do projeto e até torna-lo inviável economicamente.

O primeiro objetivo de um sistema de iluminação é a obtenção de boas condições de visão associados à visibilidade, segurança e orientação em um determinado ambiente. Este processo está associado às atividades que serão desenvolvidas no ambiente.

O segundo objetivo é a utilização da luz como instrumento de ambientação de ambientes, criando efeitos especiais em determinados espaços. Este objetivo é associado a atividades não produtivas, de lazer, como museus, galerias, igrejas, etc.

Após definir os objetivos da iluminação o primeiro passo é fazer a análise do projeto luminotécnico, definindo qual o sistema de iluminação a ser utilizado, devendo respeitar três questões essenciais:

1ª Como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente, compreendida entre iluminação geral, localizada, de tarefa, de destaque, ou decorativa;

2ª Como a luminária irá projetar a luz; e

3ª Qual é a ambientação que queremos dar, com a luz, a este espaço.

### **2.3.1 Definições Técnicas**

A seguir são apresentadas algumas definições importantes para um melhor entendimento deste trabalho, é importante esclarecer alguns conceitos de iluminação que serão utilizados ao longo do desenvolvimento de um projeto luminotécnico, os quais são essenciais na avaliação das condições de iluminação dos ambientes levantados e na escolha de novos equipamentos mais adequados para cada ambiente.

#### **2.3.1.1 Conforto Luminoso**

Atualmente, a sociedade vem buscando a melhora do conforto luminoso, entretanto, esses ambientes tem que apresentar não apenas um maior conforto luminoso, mas também uma melhor qualidade e o menor custo possível. Embora esta equação pareça simples, ela depende de inúmeras variáveis.



O conforto luminoso refere-se à resposta fisiológica de cada indivíduo, o qual pode responder de diferentes maneiras para uma mesma situação.

Para se ler e escrever, é necessária certa quantidade de luz no plano de trabalho, para desenhar ou desenvolver atividades visuais de maior acuidade visual necessita-se de mais luz. Porém, a quantidade de luz não é apenas o único requisito a ser analisado. Uma boa distribuição e ausência de contrastes excessivos, por exemplo, são fatores essenciais para um bom conforto luminoso. Quanto melhores forem às condições propiciadas pelo ambiente, menor será o esforço que o olho terá de fazer para se adaptar as condições ambientais (PROCEL Educação 2006).

### **2.3.1.2 Modulação de Intensidade (dimerização)**

A possibilidade de aumentar ou diminuir a intensidade das várias luminárias, modificando desta forma a percepção ambiental, traz inúmeros benefícios para o usuário, podendo ele, se adequar ao seu nível de conforto (PROCEL Educação 2006).

### **2.3.1.3 Fluxo Luminoso [ $\Phi$ ]**

Quantidade de luz produzida pela lâmpada, de acordo com a sua ação sobre um refletor seletivo, cuja sensibilidade espectral é definida pelas eficiências espectrais padrão. Sua unidade é o lúmen (lm), sendo considerado como o fluxo luminoso produzido por uma fonte puntiforme de 1cd, localizada no centro de uma esfera de 1m, em uma área de 1m<sup>2</sup> da esfera.

### **2.3.1.4 Iluminância [ $E$ ]**

A iluminância é definida como sendo o limite da razão do fluxo luminoso  $d\Phi$ , incidente num elemento de superfície que contém um ponto dado, para uma área  $dA$  deste elemento, quando esta área tende para zero. Em outras palavras, é o fluxo luminoso incidente numa superfície por unidade de área.

$$E = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta A} = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1)$$

Onde:

$d\Phi$ = fluxo luminoso (lm)

$dA$ = área (m<sup>2</sup>)

$E$ =iluminância (lux)

Considerando ambientes de trabalho, a iluminância é definida como iluminância mínima no plano de trabalho, cujos valores recomendados são apresentados na NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013).

### 2.3.1.5 Luminância [L]

É através da luminância que o homem enxerga, já que os raios luminosos não são visíveis e a sensação de luminosidade é decorrente da reflexão destes raios em uma superfície. A luminosidade visível é chamada de luminância, expressa em cancela por metro quadrado -  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

### 2.3.1.6 Curva de Distribuição Luminosa [CDL]

A curva de distribuição luminosa de uma lâmpada é a curva que representa em coordenadas polares, as intensidades luminosas nos planos transversal e longitudinal, normalmente fornecidas em candelas/1000 lúmens. Ou seja, é a demonstração por meio de curvas e a forma como a luminária distribui a luz.

Com esses dados é possível determinar qual a quantidade de luminárias necessárias para o ambiente, bem como, o alcance da luz em determinados ângulos. A Figura 1 apresenta um exemplo de uma curva de distribuição luminosa e a Figura 2 apresenta os esquemas de distribuição luminosa.

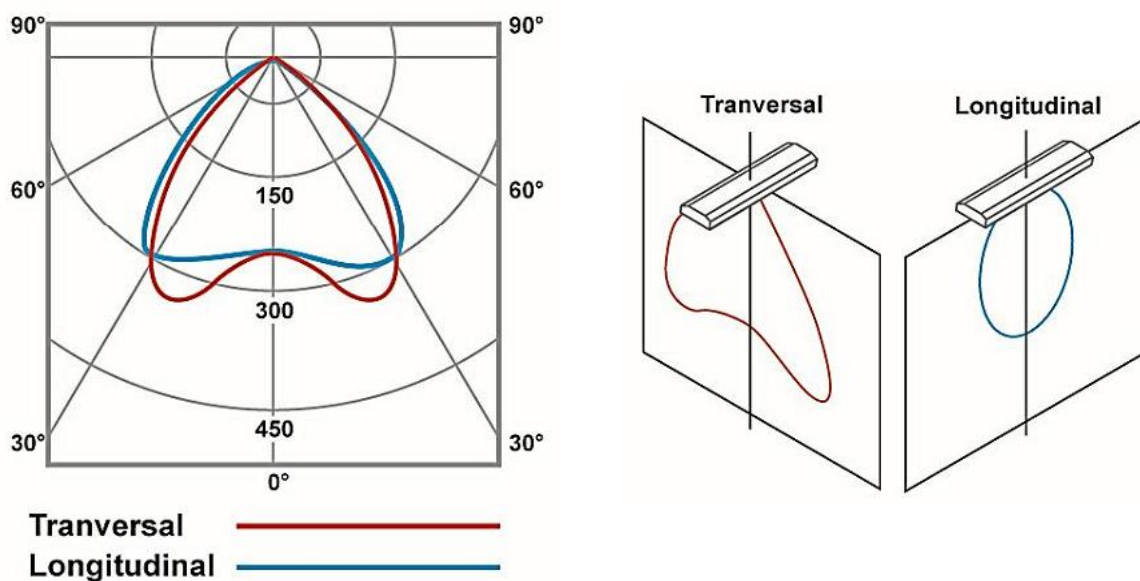


Figura 1: Exemplo de curva de distribuição luminosa.

Fonte: (ECP 2013)<sup>2</sup>

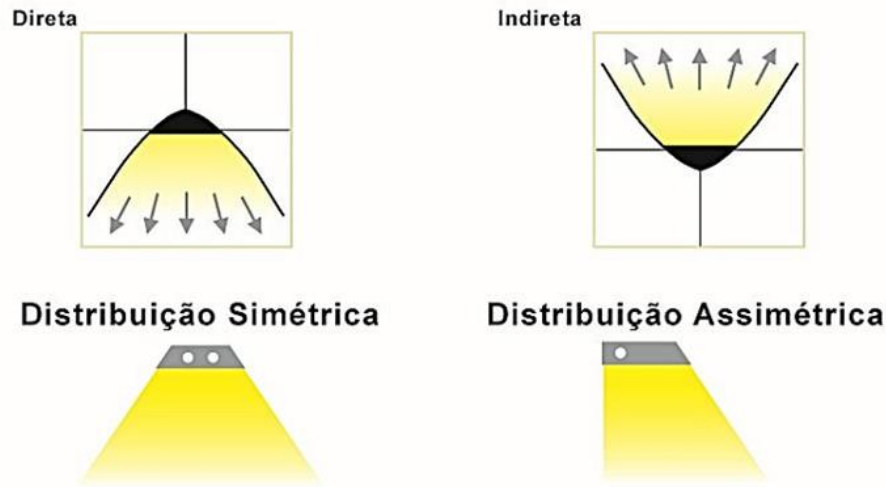


Figura 2: Esquemas de Distribuição Luminosa de uma luminária.

Fonte: (ECP 2013)

Os refletores têm como função distribuir e direcionar o fluxo luminoso. Os refletores de alto rendimento possuem baixa taxa de absorção de luz, o que significa que o material aplicado na superfície do refletor deve refletir mais luz do que absorvê-la. Quanto mais puro for o alumínio, mais luz ele reflete e menos luz ele absorve, aproveitando melhor a luz emitida pela lâmpada. Alguns exemplos de refletores podem ser visto na Figura 3 e Figura 4, a qual demonstra a influência do refletor em uma luminária, onde a luminária sem refletor deixa o fluxo luminoso se espalhar se pendendo em todas as direções. Já a luminária com refletor direciona o fluxo luminoso para baixo, fazendo com que a curva luminosa aumente longitudinalmente.

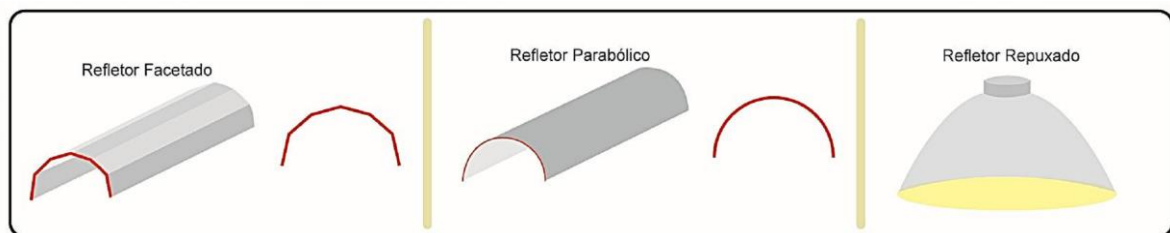
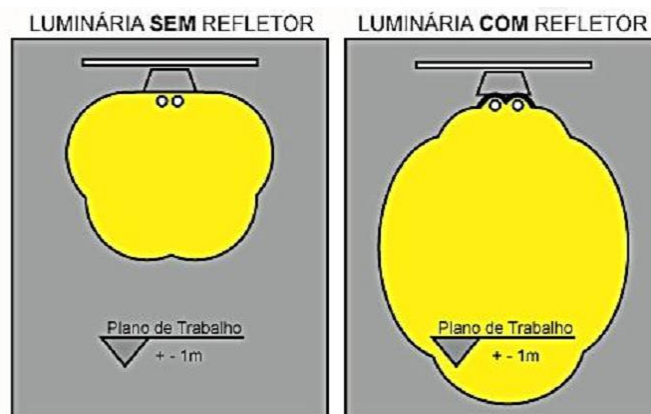


Figura 3: Refletores de alta pureza e refletância

Fonte: (ECP 2013)

<sup>2</sup> ECP: Fabricante de Luminárias



**Figura 4: Exemplo de aplicação de refletores de alta refletância.**

Fonte: (ECP 2013)

### **2.3.1.7 Intensidade Luminosa [IL]**

A intensidade luminosa é o limite da relação entre o fluxo luminoso em um ângulo sólido em torno de uma direção dada e o valor desse ângulo sólido, quando este ângulo sólido tende a zero. A intensidade luminosa é expressa em candela (cd).

### **2.3.1.8 Eficiência Luminosa [EL]**

A eficiência luminosa de uma lâmpada é a relação entre o seu fluxo luminoso emitido e a potência consumida para este processo.

### **2.3.1.9 Índice de Reprodução de Cores [IRC]**

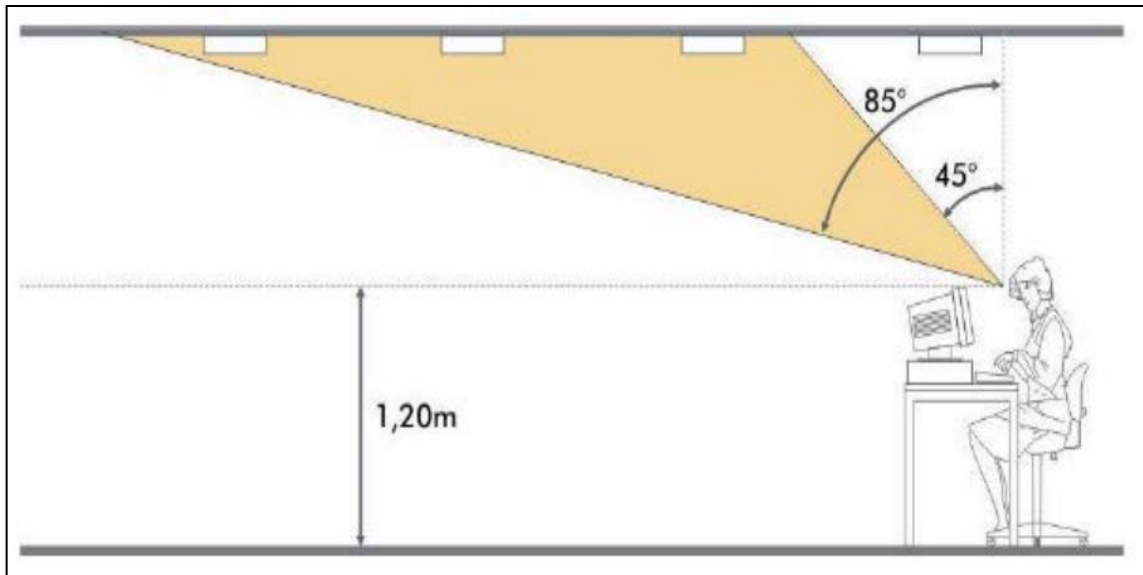
O índice de reprodução de cores é um número de 0 a 100 que classifica a qualidade relativa de reprodução de cores de uma fonte, quando comparada com uma fonte padrão de referência da mesma temperatura de cor. Quanto maior o IRC, melhor será o equilíbrio entre as cores (PROCEL Educação 2006).

### **2.3.1.10 Ofuscamento**

Ofuscamento é o efeito de uma luz forte no campo visual, podendo provocar sensação de desconforto e prejudicar o desempenho visual nas pessoas presentes neste ambiente.

O ofuscamento pode ser direto, onde a luz é direcionada diretamente ao campo visual, e ofuscamento indireto, onde através da reflexão da luz no plano de trabalho, direcionando-a para o campo visual.

O diagrama de luminância indica as luminâncias de uma luminária nos ângulos críticos de visualização (ângulos entre 45° e 85° a partir da vertical), sendo que na NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013), este diagrama contrapõe as luminâncias críticas às retas que definem classes de qualidade conforme o nível de iluminância de serviço, conforme pode ser visto nas Figura 5.



**Figura 5: Ângulos críticos de visualização.**

Fonte: (BIGONI 2013)

A NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013) define que o valor referente ao ofuscamento desconfortável de uma instalação de iluminação deve ser determinado pelo método tubular, baseado na (2) a seguir:

$$UGR = 8 \cdot \log \left( \frac{0,25}{Lb} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{\rho^2} \right) \quad (2)$$

Onde:

$Lb$  = é a luminância de fundo ( $cd/m^2$ )

$L$  = é a luminância da parte luminosa de cada luminária na direção do olho do observador ( $cd/m^2$ )

$\omega$  = é o ângulo sólido da parte luminosa de cada luminária junto ao olho do observador

$\rho$  = é o índice de posição Guth para cada luminária individualmente.

Os valores limites para cada ambiente estão definidos na seção 5 da NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013) e foram obtidos na escala UGR, na qual cada passo na escala representa uma

mudança significativa no efeito do ofuscamento, e o menor valor 13 representa o ofuscamento desconfortável menos perceptível. A escala de ofuscamento para cada ambiente pode ser vista na Quadro 1.

**Quadro 1: Exemplos de limites máximos de UGRL.**

<b>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade.</b>	<b>Índice limite de ofuscamento unificado (UGR<sub>L</sub>)</b>
Desenhos Técnicos, torre de controle do tráfego aéreo.	≤ 16
Escritórios, estações de CAD, inspeção de cor (laboratórios).	≤ 19
Indústrias artesanais, salas comuns de estudantes e salas de reunião.	≤ 22
Indústrias pesadas, pistas de tráfego.	≤ 25
Plataformas ferroviárias, estacionamentos.	≤ 28

**Fonte: (ABNT NBR ISO/CIE8995:1 2013)**

#### **2.3.1.11 Aparência da cor (Tcp).**

A aparência de cor de uma lâmpada refere-se à cor aparente da luz que ela emite. Pode ser descrita pela sua temperatura de cor correlata (TCC). As lâmpadas normalmente são divididas em três grupos, de acordo com suas temperaturas de cor correlata, conforme pode ser visto na Quadro 2.

A RDC 50 (ANVISA, 2002) sugere que temperatura de cor correlata em ambientes hospitalares não altere a coloração dos pacientes, uma vez que é de fundamental importância para a determinação de um diagnóstico correto.

**Quadro 2: Grupos de temperatura de cor correlata.**

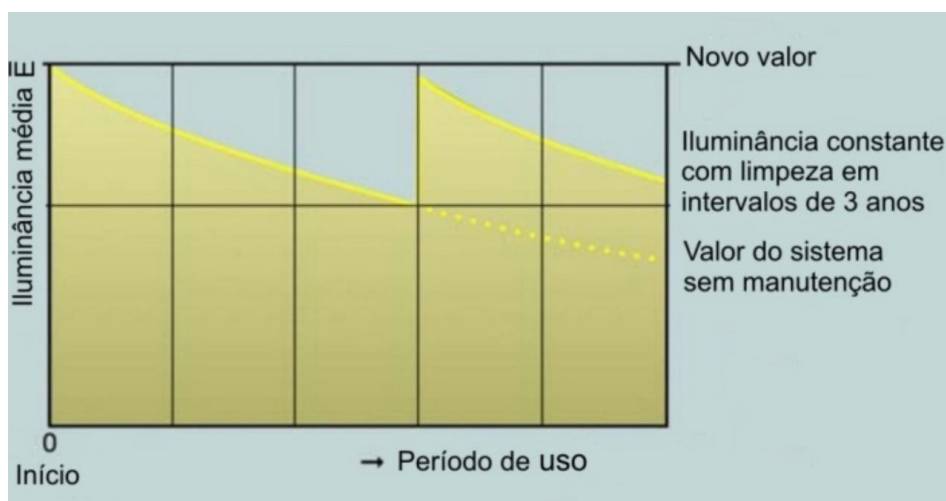
<b>Aparência da cor</b>	<b>Temperatura de cor correlata</b>
Quente	Abaixo de 3.300K
Intermediária	3.300K a 5.300K
Fria	Acima de 5.300K

**Fonte: NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013)**

#### **2.3.1.12 Fator de Utilização [Fu]**

Indica o fluxo final que irá incidir sobre o plano de trabalho, portanto, é a eficiência luminosa do conjunto lâmpada, luminária e recinto.

Depreciação do fluxo luminoso é a diminuição progressiva da iluminância do sistema de iluminação devido ao acúmulo de detritos em lâmpadas e luminárias e ao decréscimo natural do fluxo luminoso das lâmpadas ao longo de sua vida útil, a qual pode ser vista na Figura 6 (PROCEL Educação 2006).



**Figura 6: Efeito de depreciação do fluxo luminoso de lâmpadas fluorescentes.**

Fonte: (ABNT NBR ISO/CIE8995:1 2013)

### 2.3.1.13 Vida Útil, Vida Média e Vida Mediana [Horas]

Vida útil corresponde ao número de horas decorrido quando se atinge 70% da quantidade de luz inicial devido à depreciação do fluxo luminoso da lâmpada, acrescido das queimas ocorridas no período, ou seja, 30% de reprodução da quantidade de luz inicial.

A vida média de uma lâmpada é a média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada.

A vida mediana corresponde ao valor no qual 50% de uma amostra de lâmpadas ensaiadas se mantêm acesas sob condições controladas em laboratório.

### 2.3.2 Equipamentos

A seguir são apresentadas algumas características e definições sobre os principais equipamentos de um sistema de iluminação.

### 2.3.2.1 Lâmpadas

Com o crescente aumento do valor da energia elétrica o mercado mundial vem optando por produtos de alta eficiência luminosa, baixo consumo, grande durabilidade e um *retrofit* rápido.

As lâmpadas podem ser classificadas em três tipos:

- As lâmpadas da família das incandescentes;
- As lâmpadas de descarga, as de mercúrio, as de sódio e as de multivapores metálicos; e
- As de LED;

As diferenças entre as lâmpadas podem ser vistos na Tabela 1 abaixo:

**Tabela 1: Valores Médios de Eficiência e Vida Útil dos Principais tipos de Lâmpadas**

Tipo	EL (lm/W)	EL Média (lm/W)	Vida Útil (h)	Vida Útil Média (h)
Incandescente	8,8 a 32,8	13,93	750 - 2.000	1.000
Halógena	7,5 a 20,7	14,64	1.000 – 6.000	2.500
Fluorescente Tubular	50 a 116	87,08	13.000 – 40.000	27.000
Fluorescente Compacta	42 a 87,3	59,45	3.000 – 20.000	10.000
Vapor de Mercúrio	43 a 59	49,50	16.000 – 24.000	21.500
Mista	19,3 a 26,4	22,65	10.000	10.000
Multivapores Metálicos	22,9 a 186,7	92,7	3.000 – 30.000	20.000
Vapor de Sódio	49 a 150	103,65	24.000 – 32.000	27.000
LED	30 a 98,33	55,11	25.000 – 45.000	34.000

Fonte: Elaboração Própria a partir dos catálogos (OSRAM, 2013), (PHILIPS 2013).

#### 2.3.2.1.1 Lâmpadas Incandescentes

A lâmpada incandescente é mais difundida em todo o mundo. São constituídas de um filamento de tungstênio alojado no interior de um bulbo de vidro preenchido com gás inerte. As lâmpadas incandescentes apresentam uma temperatura de cor na faixa de 2700K e reprodução de cor de 100%, ou seja, reproduzem com exatidão as cores naturais.

Na prática as lâmpadas incandescentes convertem uma parcela muito pequena da energia elétrica em luz, o restante é transformado em calor. Esse tipo de lâmpada possui uma vida útil de 1.000 horas e apresentam a menor eficiência energética de todos os tipos de lâmpadas.



### **2.3.2.1.2 Lâmpadas de Descarga**

A principal lâmpada de descarga e a mais utilizada deste segmento é a lâmpada fluorescente que é uma lâmpada de descarga de vapor de mercúrio em baixa pressão. Neste tipo de lâmpada é necessária a utilização de reatores que são responsáveis pela estabilização da corrente que passa pelo interior da lâmpada, aquecendo o filamento e provocando a vaporização do mercúrio, produzindo a emissão de raio ultravioleta, que ao passarem pelas paredes da lâmpada pintadas em pó de fósforo ocorre à transformação em luz visível.

As lâmpadas fluorescentes tubulares apresentam uma alta eficiência energética e longa durabilidade, garantindo sua aplicação nas mais diversas áreas, inclusive em hospitais. Desde o desenvolvimento das primeiras lâmpadas bulbo T12 que utilizavam um revestimento de pó comum, até a mais nova com a otimização do sistema com a lâmpada bulbo T5 que utiliza o pó tri fósforo que resulta em uma melhor reprodução de cor, as lâmpadas fluorescentes tubulares sempre foram referências para sistemas de iluminação eficientes.

As lâmpadas fluorescentes compactas tiveram como principal objetivo a substituição das lâmpadas incandescentes, e por apresentarem um princípio de funcionamento similar as fluorescentes tubulares, mas com dimensões reduzidas. Oferecendo uma longa durabilidade, alta eficiência energética e excelente qualidade de luz, além de redução de 80% no consumo de energia elétrica, quando comparado com as incandescentes, as lâmpadas fluorescentes compactas ganharam seu espaço no mercado.

### **2.3.2.1.3 Lâmpadas LED**

Os diodos emissores de luz (LED) são componentes semicondutores que convertem a corrente elétrica em luz visível. Com um tamanho reduzido, o LED oferece muitas vantagens, tornando-se uma alternativa viável para a substituição das lâmpadas convencionais.

Com o avanço da tecnologia, o preço dos LEDs vem decrescendo gradativamente. Sua vida útil pode chegar a 50.000 horas e praticamente não emite radiações infravermelha e ultravioleta.

### **2.3.2.2 Luminárias**

A diversidade de luminárias existentes no mercado deixa em dúvida qual o melhor modelo a ser utilizado. Além do material utilizado na sua composição, tem-se de ter muito cuidado com que finalidade ela será utilizada.

Como geralmente as lâmpadas são instaladas em luminárias, o fluxo final disponível depende também da eficiência energética da luminária, sendo assim, o fluxo irradiado para o ambiente é menor do que o fluxo gerado pela lâmpada, devido à absorção, reflexão e transmissão da luz pelos materiais construtivos da luminária.

A utilização de refletores de alumínio sem aletas apresentam a melhor solução quando se busca a redução da carga instalada, seguida pelas luminárias com refletor de alumínio com aletas brancas. Já se for necessário à utilização de difusores, a carga instalada poderá ser de até 55,3% maior do que as com refletor de alumínio sem aletas (PROCEL Educação 2006).

### **2.3.2.3 Reator**

Equipamento que limita a corrente em uma lâmpada fluorescente e também fornece a tensão adequada para dar partida a lâmpada. Pode ser eletromagnético ou eletrônico com partida rápida ou convencional, e com alto e baixo fator de potência (PROCEL Educação 2006).

Os reatores de baixo desempenho são geralmente aplicados para ambientes residências, e os reatores de alto desempenho são mais utilizados em ambientes comerciais, bancos, escolas e hospitais, onde a interferência no sistema elétrico pode gerar inúmeros problemas.

Existem ainda reatores dimerizáveis, o qual permite que o usuário ajuste a quantidade de luz adequada para seu conforto. Seu uso correto aliado a iluminação natural do ambiente pode gerar uma grande economia de energia.

### **2.3.2.4 Starter**

Dispositivo responsável por fazer o fechamento do circuito de partida convencional de uma lâmpada fluorescente para aquecer os filamentos, e depois abre o circuito para a partida da lâmpada.

## 2.4 Eficiência Energética em Iluminação

Conservação de energia elétrica não é racionamento, isto é, não implica em perda de qualidade de vida, conforto, segurança e não compromete a produtividade ou desempenho da produção. Conservação de energia elétrica permite que o serviço seja realizado utilizando uma quantidade menor de energia elétrica (JANNUZZI G. e SWISHER J. 1997).

Atualmente, os projetos de eficiência energética realizados pelo PROCEL Hospitalar se referem especificamente a aparelhos de climatização do tipo janela e iluminação. Porém a estudos sobre a inclusão de outros sistemas como de motores de bombeamento, sistemas de ar comprimido, sistemas de ar condicionado central, caldeiras e aquecimento solar (PENA 2002).

Um dos principais argumentos para se defender a conservação de energia elétrica, além da questão ambiental, é o baixo custo quando se comparado à expansão do sistema, entretanto, um estudo realizado por GARCIA (2003), mostrou que apenas 1/3 da amostra de motores analisada no uso industrial era economicamente viável, ou seja, cada caso deve ser estudado separadamente.

O sistema de iluminação mais utilizado em prédios públicos e em ambientes hospitalares são as lâmpadas fluorescentes tubulares, com 88% das aplicações, e é também o sistema que nos últimos anos vem tendo uma grande evolução tecnológica (ELETROBRAS 2009).

Em ambientes hospitalares é comum se encontrar lâmpadas incandescentes nas paredes, próximas aos leitos, cuja eficiência luminosa é a mais deficitária entre todos os tipos de lâmpadas elétricas, aumentando a potência instalada e o consumo da instituição.

A redução da potência instalada dos ambientes não pode ocorrer de forma a comprometer a satisfação e o conforto dos usuários nos ambientes, embora, segundo VEITH e HINE (1993), é difícil se propor um cenário luminoso onde se consiga uma satisfação maior que 50% dos ocupantes.

Segundo IESNA (1995), a carga térmica gerada pelo sistema de iluminação artificial, genericamente, corresponde por 15 a 20% da carga total do sistema de condicionamento ambiental de um edifício. Nesse sentido um estudo feito por WESTPHAL et al (1998) na FIESC após um *retrofit* no sistema de iluminação, apontou uma redução de cerca de 14% em refrigeração, como consequência da diminuição da carga térmica na iluminação, resultando em uma economia de 3% na conta total de energia.

### 2.4.1 Eficiência de Lâmpadas

Em nível mundial, as lâmpadas fluorescentes correspondem a 20% em relação ao volume total de lâmpadas vendidas e consomem cerca de 45% da eletricidade despendida pelo segmento de iluminação (IEA 2006).

Embora as lâmpadas fluorescentes possuam um rendimento muito superior às incandescentes, em média, convertem em luz cerca de 23% da energia consumida, o restante é convertido em calor e perdas no reator (MOREIRA 2007).

Uma forma de se melhorar a eficiência das lâmpadas fluorescentes é a redução do seu diâmetro, onde a eficiência dos pós de cobertura utilizados nessa lâmpada de diâmetro reduzido é melhor, além de ser um obstáculo menor para a passagem de luz das luminárias. As lâmpadas fluorescentes T10 e T12 utilizam pós-comuns, já as lâmpadas T8, cerca de 50% são fluorescentes tri-fósforo, enquanto que 100% das lâmpadas T5 o são (ROIZENBLATT 2003).

As lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs) propiciam uma redução de 70 a 80% do consumo de energia em relação às tradicionais incandescentes e reproduzem com bastante fidelidade as cores naturais. As LFCs entraram no mercado para aumentar a sua aplicação no mercado, mas devido ao seu alto custo de aquisição em comparação as incandescentes, as lâmpadas fluorescentes compactas tiveram uma aceitação apenas em instalações de alto poder aquisitivo, onde o retorno de capital era irrelevante (MOREIRA 2007).

### 2.4.2 Eficiência de Luminárias

É a razão do fluxo luminoso emitido por uma luminária, em relação à soma dos fluxos individuais das lâmpadas, normalmente indicado pelos fabricantes de luminárias. Dependendo do ambiente em que está luminária for instalada ela poderá propagar com maior facilidade o fluxo luminoso, esta condição é dada pela eficiência do recinto.

As luminárias que são largamente usadas nas instalações existentes pelo mundo, absorvem cerca de 50% do fluxo luminoso produzido pelas lâmpadas, enquanto que as luminárias eficientes atualmente fabricadas absorvem menos de 20% (IEA 2006).

Segundo MARTINI (2008) a combinação de lâmpadas fluorescentes, luminárias e reatores utilizados na década de 70 geravam uma densidade de potência média instalada na ordem de 25W/m<sup>2</sup>. Nos dias de hoje, utilizando equipamentos eficientes estes valores não passam de 11W/m<sup>2</sup> em escritórios e 3W/m<sup>2</sup> nos demais recintos de um edifício.

Em ambientes hospitalares a escolha da luminária adequada para se utilizar não leva em conta apenas ser eficiente, é preciso se ela possua uma eficácia contra a retenção de bactérias, resíduos e poeira.

### **2.4.3 Eficiência dos Reatores**

Os reatores convencionais disponíveis hoje no mercado possuem menos da metade das perdas dos reatores de vinte a trinta anos atrás, devido ao uso de componentes ativos que possuem perdas significativamente menores que os passivos.

Os reatores mais utilizados no Brasil são os reatores eletromagnéticos duplos de 40W, os quais possuem uma perda média de 22W, contra a perda média de 7W dos eletrônicos (ROIZENBLATT 2003). Outro fator de desvantagem dos reatores eletromagnéticos é o rendimento médio, que fica entre 70 a 80%, enquanto os eletrônicos possuem um rendimento médio entre 85% e 99%. O rendimento máximo de um reator eletrônico é atingido quando opera à uma frequência próxima de 30kHz (MOREIRA 2007).

### **2.4.4 Eficiência do Recinto**

A eficiência do recinto é fornecida por tabelas dos fabricantes das luminárias, os quais levam em conta os coeficientes de reflexão do teto, paredes e piso. Tais valores ainda levam em conta a curva de distribuição luminosa e o índice do recinto.

### **2.4.5 Aproveitamento da Luz Natural**

Segundo o PROCEL (2006), a luz natural no Brasil é pouco explorada. Esta afirmação pode ser verificada comparando um edifício típico da cidade de São Paulo onde o consumo de iluminação representa de 30 a 40%, com um prédio das principais capitais europeias, onde seu valor não ultrapassa de 14%. Ressalta-se ainda a importância do contato com a luz natural na prevenção de diversas doenças, como o estresse e depressão.

A iluminação natural é especialmente importante em ambientes hospitalares, pois, além dos benefícios na economia de energia, ela traz benefícios para a saúde, pois dá a sensação do tempo, tanto cronológico, quanto climático, no qual se vive (CORBELLA e YANNAS 2003). Segundo COSTI (2001) a radiação solar higieniza os ambientes e anima os pacientes e VASCONCELOS (2004) afirma que a luz natural reduz ainda os custos operacionais, devido

a diminuição do tempo de permanência do paciente, pela aceleração da recuperação e pela necessidade de menores doses de medicamentos.

Uma pesquisa realizada com 89 pacientes recém-operados da coluna nos Estados Unidos apresentou uma redução de 22% no consumo de analgésicos dos pacientes que foram expostos a 46% mais de intensidade de luz natural, gerando uma economia de 20% com medicamentos (WALSH, et al. 2005).

Segunda a IEA (2006), edificações projetadas para otimizar a luz natural podem ser supridas pela mesma em mais de 70% de sua necessidade anual de iluminação diurna, enquanto que edificações comuns este percentual gira em torno de 20 a 25%.

ESCUYER e FONTOYNONT (2001), por ocasião de um projeto de larga escala em prédios de escritórios, verificaram que quando é dada a oportunidade de dimerizar a iluminação do ambiente, eles tendem a fazê-lo, diminuindo a iluminância para menos de 300lux. A razão seria de que desta maneira eles poderiam perceber melhor a luz natural.

## **2.5 Iluminação em Ambientes Hospitalares**

Em ambientes hospitalares a luz é de fundamental importância para a realização dos diagnósticos corretos e também promover um ambiente com maior conforto luminoso, diminuindo o estresse da equipe de saúde e acelerando o tempo de recuperação de pacientes.

Segundo CEI (2001), a iluminação de ambientes hospitalares deve ter dois objetivos principais: garantir condições ótimas para o desenvolvimento das atividades; e contribuir para uma atmosfera em que os pacientes da equipe de saúde se sintam confortáveis.

Ainda segundo CEI (2001), a implementação de um sistema de iluminação de qualidade elevada nos espaços hospitalares deve promover uma boa uniformidade da distribuição da luz e em quantidade suficiente para executar a tarefa. Deve haver um controle de ofuscamento eficiente e uma boa reprodução de cores, pois a mesma ajuda a realizar diagnósticos mais corretos. Em ambientes hospitalares é recomendada a utilização de lâmpadas fluorescentes com TCC da ordem de 4000K e IRC superior a 80.

Para os usuários de ambientes hospitalares, é necessário que a redução de contrastes entre os ambientes não sejam superiores a 1:5, pois eles provocam a diminuição da visão.

Conforme CEI (2001), para o projeto de um sistema de iluminação eficiente às lâmpadas devem possuir uma eficiência superior a 80lm/W e as luminárias devem possuir rendimento maior de 60%.

Ainda conforme CEI (2001) e IESNA (1995), tetos das enfermarias com reflexão superior a 75%, paredes com refletância entre 60 e 80%, pisos entre 20 e 40% e mobiliário entre 40 e 60%, produzem padrões adequados para um projeto luminotécnico eficiente e confortável.

Os níveis recomendados de iluminância em enfermarias são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Iluminâncias Recomendadas para Enfermarias e Quartos Particulares**

<b>Entidade</b>	<b>Iluminância [lux]</b>
Philips (1981)	100 a 200
IESNA (1995)	50 a 100
CEI (2001)	100
ES (2002)	100
ABNT (1992)	100 a 200
ABNT (2013)	100 - 300 <sup>3</sup>

**Fonte: (MOREIRA 2010)**

Para a iluminação noturna e de observação as normas preveem 5 lux, promovendo uma iluminação mínima para observação e locomoção com segurança.

A NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013) prevê ainda uma iluminação de corredores de 200 lux ao nível do piso durante o dia e 50 lux durante a noite. Já a iluminação de exames de pacientes a norma prevê de 500 a 1000 lux, possibilitando a execução de inúmeras tarefas.

Em hospitais a diversos tipos de ambientes, tais como laboratórios, cozinhas, refeitórios, salas de espera, sala de reuniões, entre outros. Nesses ambientes os níveis de iluminação seguem as mesmas normas gerais de edificações comuns.

## **2.6 Considerações Finais**

Existem poucos trabalhos que analisam o potencial de conservação de energia em instituições de saúde, entretanto, o potencial de conservação destes locais é muito promissor, uma vez que, a obsolescência que se observa nos equipamentos e nas instalações de muitas instituições, aliada aos maus hábitos de uso da eletricidade, vislumbram uma condição otimista sobre a viabilidade econômica de se implantar *retrofit* em sistemas de iluminação nas mais diversas instituições hospitalares.

<sup>3</sup> Iluminância ao nível do piso e no leito.

### 3 METODOLOGIA

O capítulo 3 tem por objetivo detalhar a metodologia a ser implantada para o estudo de viabilidade de *retrofit* no sistema de iluminação da instituição.

A metodologia a ser desenvolvida inicia-se realizando uma visita ao hospital, de modo a expor para a diretoria da instituição os principais benefícios da eficiência energética e os objetivos deste trabalho. Havendo interesse por parte da instituição, inicia-se a coleta de dados preliminar, de forma a se consolidar a obsolescência do sistema de iluminação e a necessidade de um *retrofit*.

Constatado a ineficiência dos sistemas de iluminação, inicia-se a determinação do consumo atual do sistema de iluminação, de maneira a se quantificar sua relevância em face do consumo total do estabelecimento.

Paralelamente à determinação do consumo, deve ser feito o levantamento dos níveis de iluminamento dos ambientes do sistema atual de iluminação. Os dados coletados deverão evidenciar a ineficiência do sistema atual e que conseqüentemente permitirá a determinação do potencial de conservação de energia.

A determinação do uso final do sistema de iluminação é de fundamental para os cálculos de viabilidade econômica do investimento, pois possibilitará desagregar da conta de energia, aquela parte relativa aos gastos com iluminação.

Verificando-se a necessidade de se implantar um sistema eficiente de iluminação, deve-se iniciar o novo projeto luminotécnico, buscando a adequação de todo o sistema as normas vigentes e deste modo, proporcionando um ambiente melhor para a realização dos trabalhos e um maior conforto para os pacientes.

Antes de se iniciar os cálculos luminotécnicos devem ser definidos os equipamentos a serem utilizados para o *retrofit* do sistema de iluminação. Outras definições como a temperatura



de cor correlata, índice de reprodução de cores das lâmpadas e o ofuscamento, são essenciais para um projeto de iluminação de qualidade.

Concluído o projeto luminotécnico e estimado o potencial de conservação de energia, inicia-se a elaboração da análise econômica do projeto. Onde devem ser levantados os custos dos equipamentos, despesas com intervenções na infraestrutura e reposicionamento das luminárias, custos da realização do diagnóstico energético, entre outros. Do outro lado, devem ser calculados os benefícios do investimento com os valores de conservação de energia e redução de demanda de ponta.

Com todos os custos e benefícios levantados é possível estimar a relação custo benefício do investimento e deste modo, proceder com a avaliação final da implantação do *retrofit* na instituição.

A metodologia descrita é baseada em GHISI e LAMBERTS (1998), e será detalhada ao longo deste trabalho, utilizando para o estudo de caso da instituição.

### **3.1 Sistema de Iluminação**

A estimativa do consumo do sistema de iluminação dos ambientes é feita conhecendo a potência instalada e o tempo em que a mesma permanece ligada ao longo do ano. A potência instalada é calculada pelo somatório da potência de todas as luminárias existentes, adicionado às perdas dos reatores, quando presentes. O tempo em que o sistema de iluminação fica ligado deve ser determinado com entrevistas com os gestores e funcionários de cada ambiente.

A determinação da potência demandada, do consumo e do nível de iluminação do ambiente é fundamental para a determinação do diagnóstico energético correto. Para o levantamento das informações e posterior análise do diagnóstico, foram utilizados alguns equipamentos como, uma trena eletrônica Trena Digital Eletrônica Laser Impac IP-050 e um luxímetro Mastech MS6610 digital luxímetro 0-50000 lux.

### **3.2 Avaliação dos Níveis Atuais de Iluminância Artificial**

De modo a se avaliar as condições atuais do sistema de iluminação da instituição e desta forma estabelecer indicadores que permitam a comparação antes e depois do retrofit, devem ser medidos os níveis atuais de iluminação.

A determinação dos níveis adequados para as necessidades visuais de cada ambiente deve ser feita de acordo com a NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013). Posteriormente os valores levantados devem ser comparados com os índices recomendados na norma.

Para que as medições sejam as mais precisas e não sofram influência da luz natural, é de fundamental importância que os levantamentos sejam realizados no período da noite.

### 3.2.1 Metodologia de Medição

As medições devem ser realizadas conforme a norma da NBR 15215-4 (ABNT, 2005) para ambientes irregulares.

Em ambientes irregulares como ocorre na maioria dos ambientes da instituição, objetivo de estudo de caso, a quantidade mínima de pontos a serem medidos deve obedecer à Tabela 3.

**Tabela 3: Quantidade Mínima de Pontos a Serem Medidos.**

<b>K</b>	<b>Número de Pontos</b>
$K < 1$	9
$1 \leq K \leq 2$	16
$2 \leq K \leq 3$	25
$K > 3$	36

**Fonte: NBR 15215-4 (ABNT, 2005)**

Para a determinação da iluminância média do recinto é considerada a média ponderada dos pontos. O valor de K é o índice de ambiente, calculado através da (3):

$$K = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C + L)} \quad (3)$$

Onde:

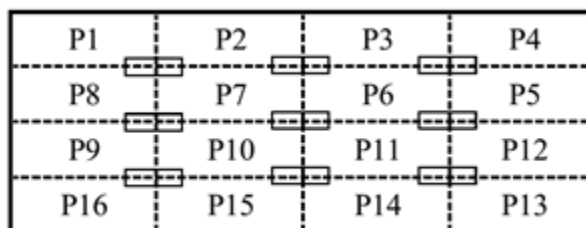
K = índice do ambiente;

C = maior comprimento do ambiente [m];

L = maior largura do ambiente [m];

H<sub>m</sub> = distância vertical entre a superfície de trabalho e a luminária [m].

A Figura 7 demonstra os pontos de medição um ambiente hipotético.



**Figura 7: Método da NBR 15215-4: Pontos de Medição de Iluminância de um Ambiente Hipotético.**

Fonte: (MOREIRA 2007)

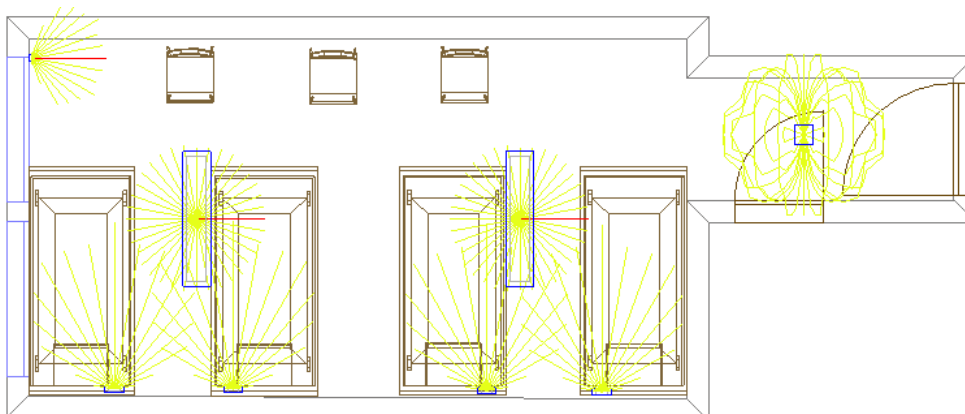
### 3.2.2 Ambientes de Medição

Em ambientes hospitalares alguns locais são de acesso restrito, como enfermarias e salas de cirurgia. Tais locais necessitam de uma iluminação diferente dos demais locais, onde o foco de iluminação é concentrado em determinados pontos.

Nas enfermarias é necessário que a iluminação seja focada nos leitos, onde os médicos e enfermeiros possam examinar e medicar os pacientes. A norma NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013) sugere que a iluminação produza iluminâncias médias de 300 lux nos leitos e 100 lux ao nível do piso. Observa-se também que a norma citada sugere para as enfermarias uma iluminação noturna e de observação de 5 lux.

Normalmente as enfermarias possuem mais de um leito e obviamente mais de um paciente por quarto. Deste modo pode-se considerar que a iluminação geral (superior) possa incomodar um ou outro paciente, visto que as pessoas tendem a se dividir em fotofóbicas e fotófilas, portanto, salvo os momentos em que é necessário a utilização da iluminação superior como exames, tratamento, entre outros, o paciente poderá utilizar para seu melhor conforto, a iluminação de cabeceira.

Desta forma, a iluminação será disposta conforme a Figura 8.



**Figura 8: Indicação dos Pontos de Iluminação de uma Enfermaria.**

### 3.3 Elaboração do Projeto Luminotécnico

Após a avaliação da condição atual do sistema de iluminação e da necessidade de realização do *retrofit*, deve ser elaborado um novo projeto luminotécnico da edificação. Para a realização do cálculo luminotécnico foi utilizada o software DIALUX, o qual possui diversos catálogos de luminárias disponibilizados pelos fabricantes e é considerado uma referência no cálculo de iluminância (TEIXEIRA 2003).

O projeto luminotécnico é a elaboração da reengenharia do sistema de iluminação, empregando equipamentos eficientes e adequando a iluminação aos níveis ocupacionais ideais para o ambiente. Para a elaboração de um projeto luminotécnico de forma bastante criteriosa e específica para os ambientes de interesse, são necessários alguns outros levantamentos, os quais são abordados nas próximas seções.

#### 3.3.1 Escolha dos Equipamentos de Iluminação

O mercado nacional possui uma diversidade enorme de modelos de equipamentos eficientes para a iluminação, porém muitos deles não possuem as especificações técnicas necessárias para a análise técnica adequada.

#### 3.3.2 Escolha das Lâmpadas

As lâmpadas são escolhidas principalmente pela sua eficiência luminosa e por sua vida útil. Outros fatores também devem ser levados em conta, como a temperatura de cor correlata (TCC) e o índice de reprodução de cores (IRC).

Outro fator importante para o desenvolvimento e manutenção do projeto, é a escolha de lâmpadas que possam ser encontradas com facilidade pelo mercado nacional, uma vez que, a dificuldade de encontrar os equipamentos especificados, podem encarecer os custos e inviabilizar o projeto, bem como, a utilização de lâmpadas fora das especificações resultando em um sistema ineficiente ou inadequado.

Para se projetar um sistema com a melhor eficiência energética, foram adotados que as lâmpadas fluorescentes tubulares devem ter eficiência energética superior a 100lm/W, as lâmpadas LED no mínimo 50lm/W, e índice de reprodução de cores de no mínimo 80%.

As lâmpadas T5 em sua totalidade são revestidas internamente por uma camada de tri-fosforo que melhora a reprodução de cores e a qualidade da iluminação. De forma a privilegiar a maior durabilidade, deve-se calcular a média aritmética da vida mediana ou vida útil das lâmpadas pré-selecionadas.

Por fim, para que não haja possibilidade de se instalar lâmpadas com características inadequadas, comprometendo a qualidade original da iluminação dos ambientes e também visando à minimização dos itens em estoques, procurar-se-á utilizar, poucos modelos de lâmpadas e um único modelo para lâmpadas fluorescentes tubulares, possuidora do selo PROCEL.

### **3.3.3 Escolha das Luminárias**

As luminárias devem ser selecionadas principalmente pela função as quais devem desenvolver, de suas características refletivas e de suas curvas fotométricas. Outro fator a ser analisado é o conforto luminoso dos frequentadores dos recintos, além de serem facilmente encontradas no mercado nacional.

Inicialmente para se escolher qual luminária irá se adotar, é necessário saber o ambiente que ela será instalada. Seguindo as recomendações dos gestores e da área de saúde da instituição locais onde há a circulação de pacientes se adotará luminárias herméticas com vidro temperado visando a segurança dos mesmos. Em locais administrativos, depósitos e recepção, serão utilizadas luminárias abertas. Por fim, locais sujeitos a acúmulo de sujeira e pó como cozinhas e lavanderias terão luminárias herméticas IP66.

Após se escolher o modelo das luminárias é necessária uma análise criteriosa das características refletivas pelos seus coeficientes de utilização, a qual indica a emissão de luz efetiva que chega à superfície de trabalho. Em outras palavras, representa o rendimento da luminária,

ou ainda, a quantidade de perdas da luminária. O pé direito e as refletâncias das superfícies, teto, parede e piso, são fatores que estão diretamente ligados ao tipo de curva fotométrica deverá ser utilizado, e deste modo, influenciam diretamente na eficiência do sistema e com a minimização da carga instalada.

Outro aspecto fundamental é a fixação das luminárias, onde intervenções e adaptações dos sistemas existentes encarecem a mão de obra e retardam o *retrofit*.

### **3.3.4 Escolha dos Reatores**

Os reatores devem ser escolhidos pelo seu rendimento, fator de fluxo luminoso, fator de potência, tensão suportada e pela distorção harmônica. Preferencialmente deve se optar pelos reatores eletrônicos que possuem uma melhor relação custo benefício.

## **3.4 Estudo de Viabilidade Econômica do Sistema Proposto para o *Retrofit***

Este trabalho tem por finalidade o estudo da viabilidade da realização de um *retrofit* do sistema de iluminação, empregando equipamentos eficientes, quer seja, lâmpadas, reatores ou luminárias. De modo, a proporcionar a adoção de um sistema que proporcione a menor densidade de potência instalada, sem deixar de lado o conforto visual dos usuários.

A viabilidade da implementação da ação passa por um estudo econômico seguindo uma tendência forte do mercado por reduzir o máximo o consumo de energia e em contrapartida o aumento do conforto luminoso dos pacientes e da equipe de saúde.

Estudos econômicos são importantes também como uma medida para integrar dossiês para o pleito de programas de eficiência energética, junto à concessionária de energia elétrica local, em alocação de recursos disponíveis para realização de medidas de conservação de energia elétrica, conforme estabelece a lei 12.212 de 20 de janeiro de 2010 que prevê a aplicação de no mínimo 0,5% de todo o faturamento anual das concessionárias em programas de combate ao desperdício de energia elétrica.

Para se tornar a realização de um retrofit viável é necessário que os custos de manutenção do sistema sejam reduzidos ao máximo, de forma que a economia propiciada amortize o investimento inicial com o projeto.

A metodologia utilizada para o estudo de viabilidade econômica é descrita no PROPEE da ANEEL, e podem ser vistas no ANEXO II.

## 4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo pretende informar os resultados obtidos com a aplicação da metodologia no sistema de iluminação da instituição hospitalar, objetivo de estudo deste caso. No qual se optou por realizar um projeto luminotécnico em substituição a simples troca de lâmpadas, largamente utilizadas em *retrofit* para sistemas de iluminação.

### 4.1 Sistema de Iluminação Atual

Utilizando-se a metodologia proposta, foi possível calcular os usos finais de energia elétrica no sistema de iluminação da instituição, os quais demonstraram que o consumo atual estimado é de 130,50 MWh/ano e demanda média de 22,48 kW, representando em torno de 20,77% da energia total consumida pela instituição.

Embora as atividades desenvolvidas em muitos locais sejam semelhantes, a estimativa de consumo tem de ser feita conforme as particularidades de cada local.

Durante o levantamento do sistema de iluminação e dos hábitos de consumo, foi constatado além do sistema ineficiente que a instituição possui diversos tipos de lâmpadas e luminárias, o que acarreta em dificuldades para a manutenção e necessita de um amplo estoque de equipamentos. A seguir as Figura 9 e Figura 10 apresentam fotos da situação atual de iluminação da instituição:



**Figura 9: Exemplo de luminárias do sistema atual.**



**Figura 10: Exemplo de luminárias do sistema atual.**

A Tabela 4 apresenta os dados obtidos no levantamento do atual sistema de iluminação.

**Tabela 4: Situação Atual da Iluminação da Instituição**

<b>Sistema</b>	<b>Horas Ano</b>	<b>Qtde</b>
Incandescente 25W	2190	13
Incandescente 40W	2190	51
Incandescente 40W	4380	2
Incandescente 60W	2190	24
LFC 9W	2190	8
LFC 15W	2190	36
LFC 15W	4380	22
LFC 25W	2190	18
LFC 25W	4380	10
LFC 25W	6570	44
LFT 1x15W	8760	10
LFT 1x30W	8760	18
LFT 1x40W	2190	7
LFT 1x40W	4380	1
LFT 1x40W	8760	5
LFT 1x110W	4380	4
LFT 1x110W	8760	3
LFT 2x20W	4380	3
LFT 2x32W	4380	1
LFT 2x40W	2190	42
LFT 2x40W	4380	30
LFT 2x40W	6570	19
LFT 2x40W	8760	20
LFT 2x110W	2190	1
LFT 2x110W	4380	2
LFT 2x110W	8760	9
LFT 4x32W	8760	2
<b>Total Geral</b>		<b>405</b>



#### 4.2 Medição dos Atuais Níveis de Iluminação

Os parâmetros levantados são apresentados na Tabela 5, onde ‘Er’ é a iluminância recomendada pela NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013) e ‘Em’ é a iluminância medida no ambiente.

**Tabela 5: Análise da iluminação artificial dos ambientes.**

<b>Er</b> <b>[lux]</b>	<b>Índice de</b> <b>Ambiente</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Em</b> <b>[lux]</b>	<b>Relação</b> <b>Em/Er</b>
50	0,5<K≤1,0	Corredor 1 a Noite	38	76,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 2 a Noite	42	84,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 3 a Noite	42	84,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 4 a Noite	46	92,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 5 a Noite	51	+2,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 6 a Noite	43	86,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 7 a Noite	51	+2,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 8 a Noite	35	70,0%
100	0,5<K≤1,0	Depósito Almojarifado 1	79	79,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Almojarifado 2	91	91,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Almojarifado 3	100	+0,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Almojarifado 4	102	+2,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Almojarifado 5	103	+3,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Farmácia Externa 1	127	+27,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Farmácia Externa 2	123	+23,0%
	0,5<K≤1,0	Arquivos Faturamento	138	+38,0%
200	0,5<K≤1,0	Corredor Atendimento	412	+106%
	0,5<K≤1,0	Circulação Dependentes Químicos	372	+86,0%
	1,0<K≤1,5	Hall da Entrada Antiga	47	23,5%
	1,0<K≤1,5	Saguão Principal	301	+50,5%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 4	53	26,5%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 5	57	28,5%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 7	114	57,0%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 8	67	33,5%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 11	73	36,5%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 12	114	57,0%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 13	116	58,0%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 14	113	56,5%
	0,5<K≤1,0	Corredor Tomografia	267	+33,5%
	0,5<K≤1,0	Higienização	151	75,5%
	0,5<K≤1,0	Corredor Farmácia Externa	384	+92,0%
	0,5<K≤1,0	Rouparia	705	+252,5%
1,0<K≤1,5	Raio - X 1	214	+7,0%	
0,5<K≤1,0	Raio - X 2	110	55,0%	
0,5<K≤1,0	Corredor Raio - X	108	54,0%	

Tabela 5: Análise da iluminação artificial dos ambientes.

Er [lux]	Índice de Ambiente	Ambiente	Em [lux]	Relação Em/Er
200	0,5<K≤1,0	Corredor Ambulatório 1	212	+6,0%
	0,5<K≤1,0	Arquivos Recepção	280	+40,0%
	1,0<K<1,5	Depósito de Alimentos	123	61,5%
	1,0<K≤1,5	Refrigeradores	323	+61,5%
	0,5<K≤1,0	Depósito Farmácia Interna	216	+8,0%
	K>3,0	Entrada Ambulância	123	61,5%
	1,0<K≤1,5	Morgue	120	60,0%
300	0,5<K≤1,0	Recepção Geral	983	+227,7%
	1,0<K≤1,5	Lavanderia Área Suja	99	33,0%
	2,0<K≤3,0	Lavanderia Área Limpa	94	31,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 31	39	13,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 32	42	14,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 33	68	22,7%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 34	35	11,7%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 35	80	26,7%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 36	51	17,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 3 leitos - 37	59	19,7%
	0,5<K≤1,0	Enfermarias Particular 1 leito - 9	104	34,7%
	0,5<K≤1,0	Enfermarias Particular 1 leito - 10	112	37,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 30	253	84,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 5 leitos - 41	48	16,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 3 leitos - 21	46	15,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 3 leitos - 22	88	29,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 2 leitos - 23	170	56,7%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Particular 1 leito - 24	79	26,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Particular 1 leito - 25	90	30,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Particular 1 leito - 26	133	44,3%
	0,5<K≤1,0	Enfermaria Dependentes Químicos 2 leitos - 1	314	+4,67%
	0,5<K≤1,0	Enfermaria Dependentes Químicos 2 leitos - 2	308	+2,67%
	0,5<K≤1,0	Enfermaria Dependentes Químicos 2 leitos - 3	299	99,67%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Dependentes Químicos 3 leitos - 4	297	99,0%
	1,0<K≤1,5	Observação Feminina 4 leitos	43	14,3%
	0,5<K≤1,0	Observação Adolescente 4 leitos	53	17,7%
	1,0<K≤1,5	Observação Pediatria 5 leitos	62	20,7%
	1,0<K≤1,5	Observação Masculina 5 leitos	54	18,0%
	0,5<K≤1,0	Escritório Raio-X	188	62,7%
	1,0<K≤1,5	Tomografia	210	70,0%
	0,5<K≤1,0	VDT Tomografia	296	98,7%
	2,0<K≤3,0	Administração Cópias/Circulação	290	96,7%
	1,0<K≤1,5	Depósito Materiais e Manutenção	415	+38,3%
0,5<K≤1,0	Acolhimento	447	+49,0%	
1,0<K≤1,5	Análise de Laudos	285	95,0%	

Tabela 5: Análise da iluminação artificial dos ambientes.

Er [lux]	Índice de Ambiente	Ambiente	Em [lux]	Relação Em/Er
300	0,5<K≤1,0	Recepção Exames	400	+33,3%
	0,5<K≤1,0	Mamografia	98	32,7%
	1,0<K≤1,5	Recreação Dependentes Químicos	265	88,33%
	1,0<K≤1,5	Chefe Enfermagem	95	31,7%
	2,0<K≤3,0	Farmácia Externa	242	80,7%
	1,0<K≤1,5	Pequenos Procedimentos	125	41,67%
	0,5<K≤1,0	Sala de Injeções	292	97,3%
	0,5<K≤1,0	Recepção Farmácia Interna	120	40,0%
500	2,0<K<3,0	Cozinha	207	41,4%
	0,5<K≤1,0	Consultório Exames	65	13,0%
	1,0<K≤1,5	Vredução de Fraturas	715	+43,0%
	1,0<K≤1,5	Psicóloga	387	96,75%
	1,0<K≤1,5	Direção	241	48,2%
	1,0<K≤1,5	Vice Direção	229	45,8%
	1,0<K≤1,5	Faturamento	751	+50,2%
	1,0<K≤1,5	Administração Farmácia	498	99,6%
	1,0<K≤1,5	Administração Geral	557	+11,4%
	1,0<K≤1,5	Posto de Enfermagem 2	343	68,6%
	0,5<K≤1,0	Escritório Exames	195	39,0%
	0,5<K≤1,0	Prescrição Médica	374	74,8%
	1,0<K≤1,5	Posto de Enfermagem 1	414	82,8%
	0,5<K≤1,0	Sala Farmacêutica	624	+24,8%
	1,0<K≤1,5	Sala de Reuniões	379	75,8%
	1,0<K≤1,5	Ambulatório 2	382	76,4%
	1,0<K≤1,5	Ambulatório 3	473	94,6%
	0,5<K≤1,0	Lactário	343	68,6%
	0,5<K≤1,0	Preparo e Envase	298	59,6%
	1,0<K≤1,5	Contabilidade	434	86,8%
1,0<K≤1,5	Farmácia Interna	680	+36,0%	
0,5<K≤1,0	Nutricionista	224	44,8%	
0,5<K≤1,0	Compras/Recebimento	188	37,6%	
750	0,5<K≤1,0	Sala de Reparos/Costura	97	12,9%
1000	1,0<K≤1,5	Ambulatório 1	770	77,0%

Como pode ser visto na Tabela 5, os níveis de iluminamento médio em diversos ambientes da instituição estão abaixo do recomendado pela NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013), requerendo uma adequação luminotécnica nestes locais.

Entretanto o sistema atual existente apresenta em sua quase totalidade luminárias de baixo rendimento, com reatores eletromagnéticos, ou seja, ineficientes. Deste modo a simples troca de lâmpadas de 40W para 32W, por exemplo, não seria a escolha mais adequada, de

modo que continuaríamos tendo em muitos locais os níveis de iluminamento abaixo do recomendado pela norma.

Deste modo propõe-se a realização de um projeto luminotécnico com a utilização de luminárias de alto rendimento, lâmpadas fluorescentes tubulares T5 e lâmpadas LED.

### **4.3 Sistema de Iluminação Proposto**

Com o objetivo de encontrar a menor densidade de potência para atender as necessidades de iluminação do ambiente, foi realizado um novo projeto luminotécnico para cada ambiente, adotando para os cálculos os níveis de iluminação sugeridos pela norma NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013), norma da RDC 50 (ANVISA, 2002) e também foram levadas em consideração algumas recomendações feitas pela direção e demais funcionários da instituição. Dentre as principais recomendações feitas foi à utilização de luminárias fechadas com vidro temperado, nas enfermarias, corredores e salas de exames.

Devido a algumas enfermarias e quartos possuem características físicas e ocupacionais parecidas, tais locais serão agrupados para a realização dos cálculos luminotécnicos.

#### **4.3.1 Luminárias Escolhidas**

Atendendo as características sugeridas na seção 3.3.3 , foram selecionadas algumas luminárias para a realização de estudo deste caso.

Dentre as principais marcas, foram escolhidas as que possuem as melhores qualidades e catálogos com as informações técnicas necessárias para a realização do estudo. Como critério de seleção para a escolha da luminária admitiu-se que as mesmas devem possuir um rendimento mínimo de 70% para as luminárias herméticas, 70% para as luminárias herméticas IP65 e 80% para as luminárias comerciais.

As luminárias comerciais selecionadas são apresentadas na Tabela 6, elaborada segundo os dados obtidos nos catálogos online dos fabricantes. Dentre as luminárias relacionadas que atendem as qualificações necessárias, escolheu-se para a realização do estudo luminotécnico, as luminárias que apresentam a melhor relação custo-benefício, destacadas em negrito.

Tabela 6: Luminárias Tubulares Comerciais

Referência	Lâmpada/Potência	Refletor	Rendimento
<b>ABALUX</b>			
C11TP/E11TP	T5 - 1x28W - 2x28W	Alumínio	82%
C11/11	T5 - 1x28W - 2x28W	Alumínio	82%
<b>ITAIM</b>			
3007.300.573	T5 - 2x28W	Alumínio	85%
3837.128.300	T5 - 1x28W	Alumínio	85%
3005.228.300	T5 - 2x28W	Alumínio	86%
3006.228.300	T5 - 2x28W	Alumínio	86%
3625.228.300	T5 - 2x28W	Alumínio	95%
3625.228.301	T5 - 2x28W	Alumínio	86%
3625.228.302	T5 - 2x28W	Alumínio	82%
<b>INTRAL</b>			
WP-514 (08154)	T5 - 1x28W	Alumínio	85%
WP-514 (08155)	T5 - 2x28W	Alumínio	85%
DS-510 (08015)	T5 - 1x28W	Alumínio	85%
DS-510 (08031)	T5 - 2x28W	Alumínio	85%
LS-512 (08122)	T5 - 2x28W	Alumínio	85%
DS-500 (08013)	T5 - 1x28W	Alumínio	85%
DS-500 (08029)	T5 - 2x28W	Alumínio	85%
<b>LUMICENTER</b>			
FAC 07 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	80%
FAN 01 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	82%
FAN 02 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	90%
FAN 04 - S128	T5 - 1x28W	Alumínio	88%
FAN 04 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	83%
<b>FAN 05 - S128</b>	<b>T5 - 1x28W</b>	<b>Alumínio</b>	<b>87%</b>
<b>FAN 05 - S228</b>	<b>T5 - 2x28W</b>	<b>Alumínio</b>	<b>89%</b>
FAN 07 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	86%
FAN 08 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	83%
FAN 09 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	86%
FAN 10 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	85%
FAN 11 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	88%
<b>SYLVANIA</b>			
0043035	T5 - 1x28W	Alumínio	91%
0043051	T5 - 1x28W	Alumínio	91%
0043039	T5 - 2x28W	Alumínio	82%
0043055	T5 - 2x28W	Alumínio	82%

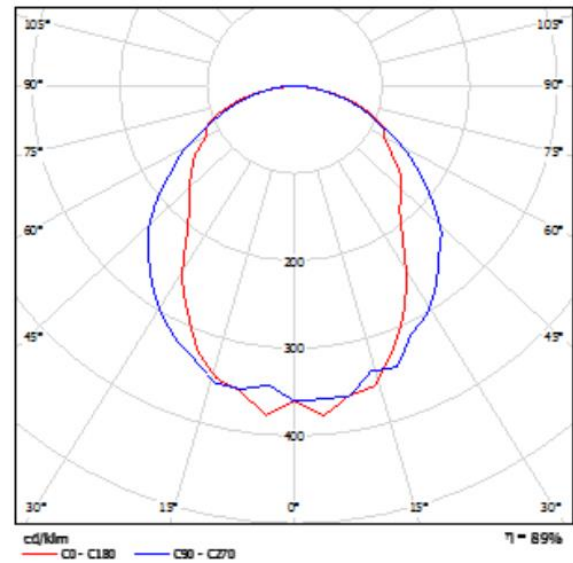
Fonte: Catálogos Online dos Fabricantes

As principais características construtivas informadas pelo catálogo do fabricante são: luminária de sobrepor, com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente, refletor facetado em alumínio anodizado com 99,85% de pureza e refletância, soquete tipo G5

de engate rápido, rotor de segurança em policarbonato e contatos em bronze fosforoso. A fotografia e o diagrama fotométrico das luminárias podem ser vistos na Figura 11.



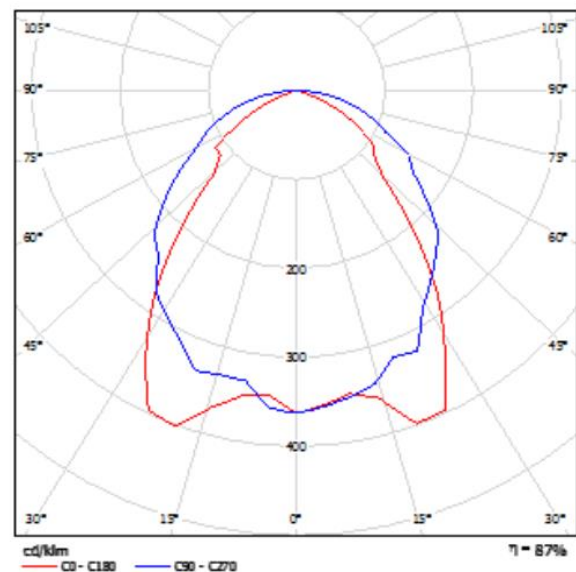
(a) Fotografia da Luminária FAN 05 S228



(b) Diagrama Fotométrico da Luminária



(c) Fotografia da Luminária FAN 05 S128



(d) Diagrama Fotométrico da Luminária

**Figura 11: Luminárias Comerciais Escolhidas para o Estudo de Caso**

Fonte: Catálogo online do fabricante

Para as enfermarias e áreas de atendimento aos pacientes, optou-se por utilizar luminárias herméticas com vidro temperado, oferecendo uma maior segurança e assepsia. As luminárias escolhidas estão destacadas em negrito na Tabela 7.

Tabela 7: Luminárias Tubulares Herméticas

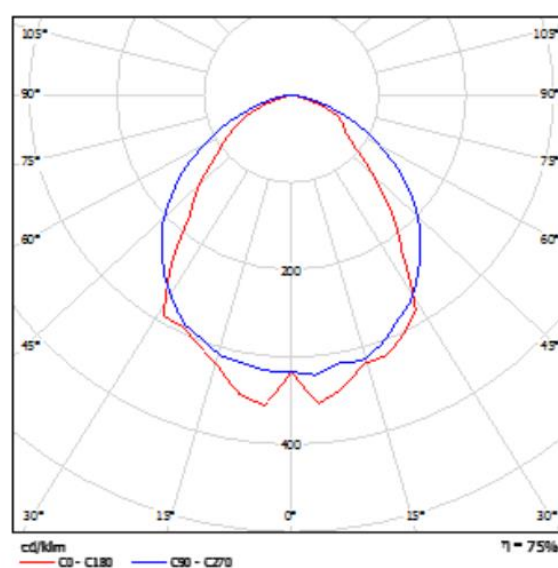
Referência	Lâmpada/Potência	Refletor	Rendimento
<b>ABALUX</b>			
C138ACT/E138ACT	T5 - 2x28W	Alumínio	75%
<b>ITAIM</b>			
7300.228.310	T5 - 2x28W	Alumínio	75%
<b>INTRAL</b>			
WP-572 (08135)	T5 - 1x28W	Alumínio	71%
WP-572 (08128)	T5 - 2x28W	Alumínio	71%
<b>LUMICENTER</b>			
FHT 02 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	73%
<b>FHT 04 - S128</b>	<b>T5 - 1x28W</b>	<b>Alumínio</b>	<b>82%</b>
<b>FHT 04 - S228</b>	<b>T5 - 2x28W</b>	<b>Alumínio</b>	<b>75%</b>
FHT 05 - S128	T5 - 1x28W	Alumínio	77%
FHT 05 - S228	T5 - 2x28W	Alumínio	77%
<b>SYLVANIA</b>			
3044600	T5 - 1x28W	Alumínio	93%
3044604	T5 - 2x28W	Alumínio	75%

Fonte: Catálogos Online dos Fabricantes

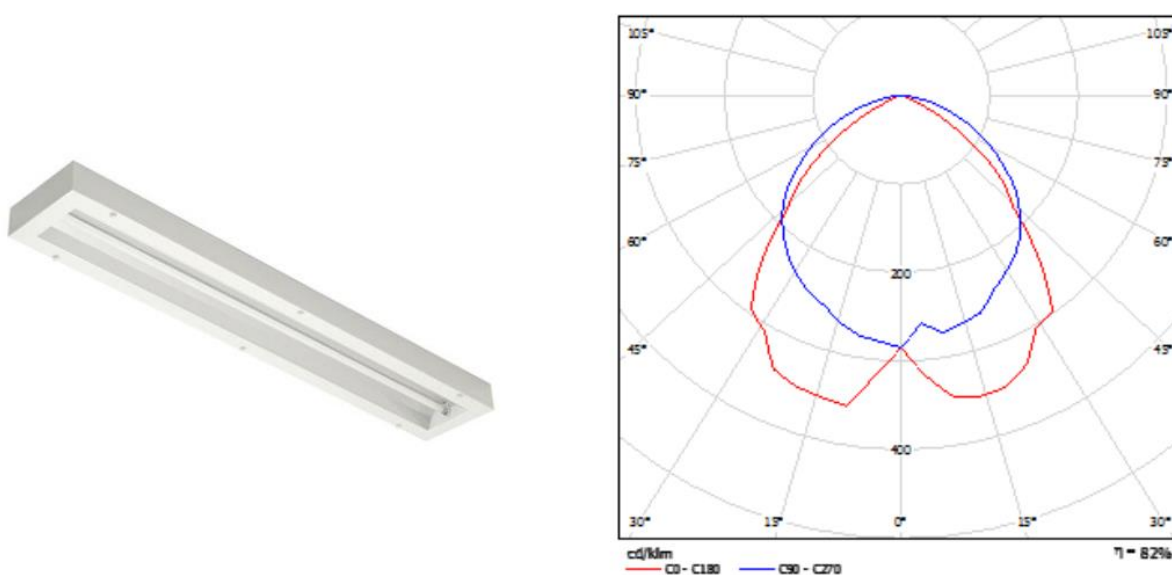
As principais características construtivas informadas pelo catálogo do fabricante são: luminária hermética de sobrepôr, com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente, refletor facetado em alumínio anodizado com 99,85% de pureza e refletância, difusor em vidro temperado e vedação através de borracha autoadesiva, soquete tipo G5 de engate rápido, rotor de segurança em policarbonato e contatos em bronze fosforoso. A fotografia e o diagrama fotométrico das luminárias podem ser vistos na Figura 12.



(a) Fotografia da Luminária FHT 04 S228



(b) Diagrama Fotométrico da Luminária



(c) Fotografia da Luminária FHT 04 S128

(d) Diagrama Fotométrico da Luminária

Figura 12: Luminárias Herméticas Escolhidas para o Estudo de Caso

Fonte: Catálogo online do fabricante

Para ambientes sujeitos a acúmulos de pó, umidade ou que exijam alto grau de limpeza, foram utilizadas luminárias herméticas IP 66. As luminárias escolhidas estão destacadas em negrito na Tabela 8.

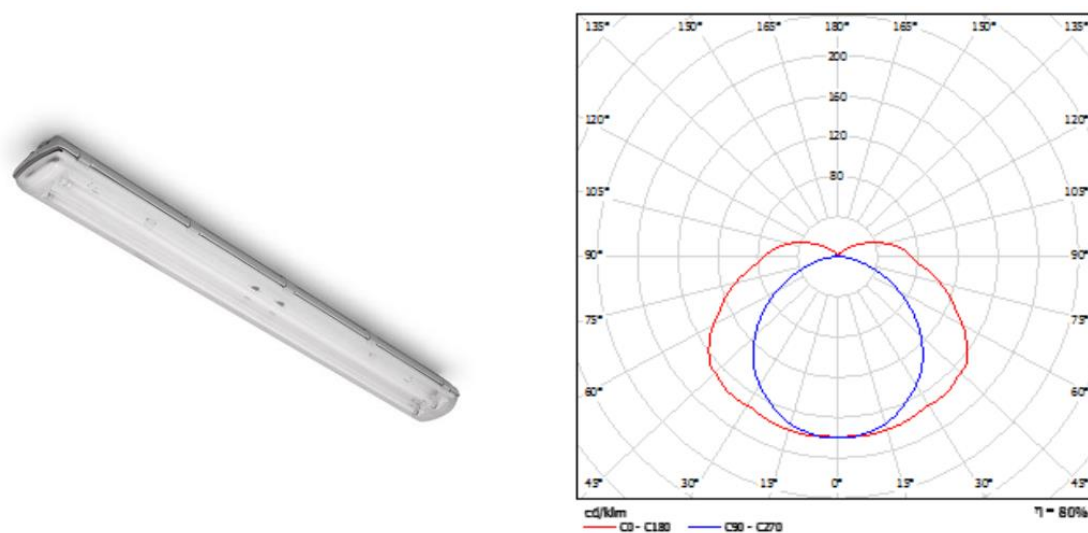
Tabela 8: Luminárias Tubulares Herméticas IP65

Referência	Lâmpada/Potência	Refletor	Rendimento
<b>ABALUX</b>			
C74-IP66/E74-IP66	T5 - 2x28W	Branco	80%
<b>ITAIM</b>			
0070241283PCA0	T5 - 1x28W	Alumínio	85%
0070242283PCA0	T5 - 2x28W	Alumínio	81%
7022.232.300	T5 - 2x28W	Alumínio	81%
<b>INTRAL</b>			
WP-572 (08135)	T5 - 1x28W	Alumínio	71%
WP-572 (08128)	T5 - 2x28W	Alumínio	71%
<b>LUMICENTER</b>			
<b>FHT 03 - S128</b>	<b>T5 - 1x28W</b>	<b>Alumínio</b>	<b>80%</b>
<b>FHT 03 - S228</b>	<b>T5 - 2x28W</b>	<b>Alumínio</b>	<b>80%</b>
<b>SYLVANIA</b>			
0045554	T5 - 2x28W	Branco/Alumínio	77%
0045551	T5 - 1x28W	Branco/Alumínio	82%
0045800	T5 - 2x28W	Branco	80%
0045802	T5 - 2x28W	Branco	79%
0045806	T5 - 1x28W	Branco	83%
0045809	T5 - 1x28W	Branco	81%

Fonte: Catálogos Online dos Fabricantes



As principais características construtivas informadas pelo catálogo do fabricante são: luminária hermética de sobrepor, com corpo em policarbonato e difusor em acrílico transparente texturizado, grau de proteção IP66, soquete tipo G5 de engate rápido, rotor de segurança em policarbonato e contatos em bronze fosforoso. A fotografia e o diagrama fotométrico das luminárias podem ser vistos na Figura 13.



(a) Fotografia da Luminária FHT 03 S228 e S128      (b) Diagrama Fotométrico da Luminária

**Figura 13: : Luminárias Herméticas IP66 Escolhidas para o Estudo de Caso**

**Fonte: Catálogo Online do Fabricante**

Para a iluminação complementar de leitura e exames sobre os leitos e da iluminação de vigia, optou-se em utilizar iluminação a LED uma vez que, além de terem um baixo consumo, possuem um fluxo luminoso menor do que as lâmpadas fluorescentes compactas e vida mediana muito superior às mesmas.

Um fator muito importante para a escolha desta tecnologia foi à dificuldade em se encontrar reatores dimerizáveis para utilização com as lâmpadas fluorescentes compactas e os modelos de lâmpadas fluorescentes compactas com reator integrado disponíveis no mercado com dimerização. Foram testados e apresentaram muitos problemas de compatibilidade com os dimers e ocorrência de cintilação, o que em ambientes hospitalares é inadmissível. Outro fator essencial e determinante para a escolha de luminárias fechadas é o fato de que ocorrem muitos furtos das lâmpadas utilizadas nas luminárias de cabeceiras dos leitos. As luminárias escolhidas estão destacadas em negrito na Tabela 9.

Tabela 9: Luminárias LED

Referência	Lâmpada/Potência	Eficiência	Fluxo Luminoso
<b>PHILIPS</b>			
BBC200 LED-HB/BL	LED 1,4W	1,1 lm/W	1,6 lm
BBC200 LED-HB/WW	LED 1,4W	5,2 lm/W	7,2 lm
BBC211 1xLED-HB/AM	LED 0,25W	8 lm/W	2,0 lm
<b>ITAIM</b>			
L238.3MW.400	LED 3,6W	45 lm/W	162 lm
L251.1AW.400	LED 3,0W	22 lm/W	66 lm
L0461DW44B	LED 1,2W	18 lm/W	22 lm
<b>SYLVANIA</b>			
<b>Rytmo</b>	<b>LED 2,9W</b>	<b>62 lm/W</b>	<b>180 lm</b>
<b>Rytmo - AS</b>	<b>LED 1,2W</b>	<b>58 lm/W</b>	<b>70 lm</b>

Fonte: Catálogo online dos fabricantes

#### 4.3.2 Lâmpadas Escolhidas

As lâmpadas fluorescentes tubulares são encontradas com grande facilidade e variedade no mercado. A seleção das lâmpadas foi feita com base nas características relacionadas no item 3.3.2. A relação das lâmpadas T5 - 28W selecionadas pode ser vista na Tabela 10, e optou-se por utilizar neste trabalho a lâmpada destacada em negrito, a qual apresentou a melhor relação custo-benefício.

Tabela 10: Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T5 – 28W

Referência	Eficiência [Lm/W]	Vida Mediana [horas]	IRC	TCC [K]	Fluxo Luminoso [Lm]
<b>OSRAM</b>					
HE 28W/840	103	20.000	80-89	4.000	2.900
<b>SYLVANIA</b>					
<b>F8A084 - 28W - FHE</b>	<b>103</b>	<b>24.000</b>	<b>85</b>	<b>4.000</b>	<b>2.900</b>
<b>GE</b>					
LongLast 28W/840	104	30.000	85	4.000	2.900
<b>PHILIPS</b>					
TL5 HE 28W/840	107	30.000	85	4.000	2.900

Fonte: Catálogo online dos fabricantes

Conforme estudo realizado por YOSHIDA et al. (2013), as lâmpadas LED tubulares tem uma relação custo benefício inferior às lâmpadas fluorescentes tubulares. Entretanto, a administração da instituição relatou ter muitos problemas pela ação dos raios ultravioletas e infravermelho sobre as embalagens dos medicamentos, ocasionando a perda dos mesmos devido aos danos causados. Deste modo, devido a estarem

isentas de emissão destes raios, optou-se por utilizá-las no estudo para a farmácia externa da instituição. A Tabela 11 apresenta as lâmpadas LED analisadas no projeto e optou-se pelos modelos destacadas em negrito.

**Tabela 11: Lâmpadas LED Tubulares**

Referência	Pot. [W]	Eficiência [Lm/W]	Vida Mediana [horas]	IRC	TCC [K]	FP	Fluxo Luminoso [Lm]
<b>OSRAM</b>							
ST8-HA2-840	11	60,00	40.000	80	4.000	0,90	670
ST8-HA4-840	21	65,00	40.000	80	4.000	0,90	1.350
ST8-HB2-840	10	75,00	30.000	80	4.000	0,90	750
ST8-HB4-840	20	75,00	30.000	80	4.000	0,90	1.500
<b>PHILIPS</b>							
MLEDT810WBN-STD	10	82,50	40.000	85	4.000	0,90	825
MLEDT819WBN-STD	19	86,84	40.000	85	4.000	0,90	1.650
MLED ESS 20W BN	10	80,00	30.000	80	4.000	0,90	800
MLED ESS 20W BN	20	80,00	30.000	80	4.000	0,90	1.600
<b>NEOLUX</b>							
<b>NEO-T8 060B</b>	<b>7</b>	<b>85,00</b>	<b>50.000</b>	<b>80</b>	<b>4.000</b>	<b>0,92</b>	<b>600</b>
<b>NEO-T8 120B</b>	<b>18</b>	<b>83,00</b>	<b>50.000</b>	<b>80</b>	<b>4.000</b>	<b>0,92</b>	<b>1.500</b>

Fonte: Catálogo online dos fabricantes

Nos corredores da instituição optou-se em substituir o atual sistema de lâmpadas fluorescentes compactas por lâmpadas LED bulbo. Devido à existência de plafons simples nestes locais o fluxo luminoso é espalhado, com isso o emprego de lâmpadas LED se torna economicamente viável, uma vez que além de possuírem uma eficiência energética igual ou superior às lâmpadas fluorescentes compactas, elas possuem uma vida útil muito maior e emissão do fluxo luminoso direcional, não necessitando da substituição dos atuais plafons por novas luminárias. A Tabela 12 apresenta os modelos de lâmpadas LED analisadas, optando-se pelo modelo em negrito.

**Tabela 12: Lâmpadas LED Bulbo**

Referência	Potência [W]	Eficiência [Lm/W]	Vida Mediana [horas]	IRC	TCC [K]	Fluxo Luminoso [Lm]
<b>OSRAM</b>						
CL A 40 D	8	56,25	25.000	80	6.500	450
CL A 40 WW	8	58,75	25.000	80	2.700	470
<b>PHILIPS</b>						
LED A-TYPE	8	56,25	25.000	80	6.500	450
LED A-TYPE	8	58,75	25.000	80	2.700	470

Referência	Potência [W]	Eficiência [Lm/W]	Vida Mediana [horas]	IRC	TCC [K]	Fluxo Luminoso [Lm]
<b>NEOLUX NEO-BL E27</b>	<b>8,5</b>	<b>70,59</b>	<b>35.000</b>	<b>80</b>	<b>4.700</b>	<b>600</b>

Fonte: Catálogo online dos fabricantes

#### 4.3.3 Reatores Escolhidos

Com base nas características mínimas estabelecidas na seção 3.3.4 foram selecionados os reatores mostrados na Tabela 13, optando-se pelo reator destacado em negrito, dado que apresentou a melhor relação custo-benefício e possui o Selo PROCEL, o qual atesta a qualidade do equipamento.

Tabela 13: Reatores selecionados para as lâmpadas tubulares T5.

Referência	Lâmpada	THD	Fator de Fluxo	Fator de Potência	Partida
<b>INTRAL</b>					
REH	T5 1x28W	10%	1,00	0,99	Direta
REH	T5 2x28W	10%	1,00	0,99	Direta
<b>LUMICENTER</b>					
<b>LEB 128</b>	<b>T5 1x28W</b>	<b>5%</b>	<b>1,00</b>	<b>0,99</b>	<b>Direta</b>
<b>LEB 228</b>	<b>T5 2x28W</b>	<b>5%</b>	<b>1,00</b>	<b>0,99</b>	<b>Direta</b>
<b>PHILIPS</b>					
EB 228A26	T5 2x28W	10%	1,00	0,99	Direta
EL 128A26	T5 1x28W	10%	1,00	0,99	Direta

Fonte: Tabela de Reatores Eletrônicos (ELETROBRAS-PROCEL 2013)

#### 4.3.4 Determinação da Quantidade de Luminárias Necessárias

Após definidas as características das luminárias, lâmpadas e reatores a serem utilizados para o estudo, foram efetuados os cálculos luminotécnicos com o software DIALUX para a determinação da quantidade de luminárias necessárias para a adequação dos níveis de luminosidade de cada ambiente.

Os cálculos luminotécnicos foram realizados segundo a norma da RDC 50 (ANVISA, 2002), o qual sugere que os quartos e enfermarias devam possuir iluminação de vigília nas paredes (a 50 cm do piso) e iluminação de cabeceira de leito na parede para leitura. A instituição dispõe de iluminação de leitura em alguns leitos, mas não possuem iluminação de vigília. De modo a adequar a instituição à norma e dimi-

nuir a potência instalada foram projetados um sistema de iluminação de leitura e vigília com lâmpadas LED de 2,9W e LED 1,2W respectivamente.

Na farmácia externa onde a utilização de iluminação é contínua ao longo de todo o ano foram utilizadas lâmpadas tubulares LED de 7 e 18W e nos corredores gerais utilizou-se lâmpadas bulbo de LED de 8,5W.

Um fator importante para a análise econômica da implementação de uma ação de eficiência energética é a Seção 8.2 do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), a qual descreve sobre o ajuste de linha de base. Esse ajuste deve ser feito em situações em que os índices estão abaixo dos valores normatizados pela ABNT. Nestes casos, considera-se pertinente um ajuste da linha de base inicial para trazer as condições do local às preconizadas pela norma.

O ajuste da linha de base deve ser feito supondo-se a utilização da nova tecnologia empregada na ação de eficiência energética (por exemplo, um local que apresenta 100 lux e a norma indica no mínimo 300 lux, a linha de base deve considerar a energia medida para atender aos 100 lux com a tecnologia existente somada à energia necessária para fornecer mais 200 lux com a nova tecnologia) ANEEL (PROPEE, 2013).

Este ajuste da linha de base foi utilizado em alguns locais da instituição onde os níveis atuais de iluminância estão muito abaixo da norma. A Tabela 14, apresenta o sistema proposto:

**Tabela 14: Sistema de Iluminação Proposto**

<b>Sistema</b>	<b>Horas Ano</b>	<b>Qtd</b>
LFT T5 - 1 x 28W	2190	24
LFT T5 - 1 x 28W	4380	29
LFT T5 - 1 x 28W	6570	4
LFT T5 - 1 x 28W	8760	21
LFT T5 - 2 x 28W	2190	71
LFT T5 - 2 x 28W	3744	3
LFT T5 - 2 x 28W	4380	42
LFT T5 - 2 x 28W	6570	21
LFT T5 - 2 x 28W	8760	27
LED 1,2W	2190	38
LED 2,9W	2190	87
LED 2,9W	4380	14
LED 7 W	8760	28
LED 2 x 18W	8760	14
LED 8,5W	6570	60
<b>Total Geral</b>		<b>483</b>

A nova quantidade de luminárias de cada ambiente é apresentada na Tabela 15:

Tabela 15: Determinação da quantidade de luminárias em cada ambiente.

Er [lux]	Índice de Ambiente	Ambiente	Em Calculada [lux]	UGR <sub>L</sub>	Qtd. 1x28W	Qtd. 2x28W	Qtd. 1,2W	Qtd. 2,9W	Qtd. 7W	Qtd. 8,5W	Qtd. 2x18W	Relação Em/Er
50	0,5<K≤1,0	Corredor 1 a Noite	56	-						4		+12,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 2 a Noite	61	-						8		+22,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 3 a Noite	55	-						8		+10,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 4 a Noite	54	-						8		+8,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 5 a Noite	64	-						8		+28,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 6 a Noite	63	-						8		+26,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 7 a Noite	74	-						6		+48,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor 8 a Noite	52	-						8		+4,0%
100	0,5<K≤1,0	Depósito Almoxarifado 1	114	14	1							+14,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Almoxarifado 2	131	16	1							+31,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Almoxarifado 3	145	16	1							+45,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Almoxarifado 4	148	16	1							+48,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Almoxarifado 5	149	16	1							+49,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Farmácia Externa 1	137	16				2				+37,0%
	0,5<K≤1,0	Depósito Farmácia Externa 2	143	16				2				+43,0%
	0,5<K≤1,0	Arquivos Faturamento	118	10	2							+18,0%
200	0,5<K≤1,0	Corredor Atendimento	201	20	11							+0,5%
	0,5<K≤1,0	Circulação Dependentes Químicos	203	22	3							+1,5%
	1,0<K≤1,5	Hall da Entrada Antiga	204	16					1			+2,0%
	1,0<K≤1,5	Saguão Principal	269	20					3			+34,5%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 4	202	20	1			1	1			+1,0%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 5	202	20	1			1	1			+1,0%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 7	202	20	1			1	1			+1,0%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 8	202	20	1			1	1			+1,0%

Tabela 15: Determinação da quantidade de luminárias em cada ambiente.

Er [lux]	Índice de Ambiente	Ambiente	Em Calculada [lux]	UGR <sub>L</sub>	Qtd. 1x28W	Qtd. 2x28W	Qtd. 1,2W	Qtd. 2,9W	Qtd. 7W	Qtd. 8,5W	Qtd. 2x18W	Relação Em/Er
200	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 11	202	20	1		1	1				+1,0%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 12	202	20	1		1	1				+1,0%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 13	202	20	1		1	1				+1,0%
	0,5<K≤1,0	Quarto Particular 1 leito - 14	202	20	1		1	1				+1,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor Tomografia	203	10	1							+1,5%
	0,5<K≤1,0	Higienização	244	24	2							+22,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor Farmácia Externa	204	20	3							+2,0%
	0,5<K≤1,0	Rouparia	252	22		1						+26,0%
	1,0<K≤1,5	Raio-X 1	239	17	3							+19,5%
	0,5<K≤1,0	Raio-X 2	214	16	2							+7,0%
	0,5<K≤1,0	Corredor Raio-X	217	18	1							+8,5%
	0,5<K≤1,0	Corredor Ambulatório 1	240	10	1							+20,0%
	0,5<K≤1,0	Arquivos Recepção	217	20	2							+8,5%
	1,0<K<1,5	Depósito de Alimentos	208	24		3						+4,0%
	1,0<K≤1,5	Refrigeradores	205	18	2							+2,5%
	0,5<K≤1,0	Depósito Farmácia Interna	236	10	1							+18,0%
	K>3,0	Entrada Ambulância	238	19		6						+19,0%
1,0<K≤1,5	Morgue	211	10	1	1						+5,5%	
300	0,5<K≤1,0	Recepção Geral	312	20	3							+4,0%
	1,0<K≤1,5	Lavanderia Área Suja	359	19		3						+19,7%
	2,0<K≤3,0	Lavanderia Área Limpa	302	22	6	7						+0,7%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 31	330	15		2	1	5				+10,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 32	330	15		2	1	5				+10,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 33	330	15		2	1	5				+10,0%

Tabela 15: Determinação da quantidade de luminárias em cada ambiente.

Er [lux]	Índice de Ambiente	Ambiente	Em Calculada [lux]	UGR <sub>L</sub>	Qtd. 1x28W	Qtd. 2x28W	Qtd. 1,2W	Qtd. 2,9W	Qtd. 7W	Qtd. 8,5W	Qtd. 2x18W	Relação Em/Er
300	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos – 34	330	15		2	1	5				+10,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos – 35	330	15		2	1	5				+10,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos – 36	330	15		2	1	5				+10,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 3 leitos - 37	319	15		2	1	4				+6,3%
	0,5<K≤1,0	Enfermaria Particular 1 leito - 9	334	17		1	1	1				+11,3%
	0,5<K≤1,0	Enfermaria Particular 1 leito - 10	334	17		1	1	1				+11,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 4 leitos - 30	361	17		3	2	4				+20,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 5 leitos - 41	303	17		3	1	6				+1,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 3 leitos - 21	301	18		2	1	4				+0,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 3 leitos - 22	301	18		2	1	4				+0,3%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Coletiva 2 leitos - 23	327	19		2	1	3				+9,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Particular 1 leito - 24	312	19		1	1	3				+4,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Particular 1 leito - 25	312	19		1	1	3				+4,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Particular 1 leito - 26	312	19		1	1	3				+4,0%
	0,5<K≤1,0	Enfermaria Dependentes Químicos 2 leitos - 1	303	18		1	1	2				+1,0%
	0,5<K≤1,0	Enfermaria Dependentes Químicos 2 leitos - 2	303	18		1	1	2				+1,0%
	0,5<K≤1,0	Enfermaria Dependentes Químicos 2 leitos - 3	303	18		1	1	2				+1,0%
	1,0<K≤1,5	Enfermaria Dependentes Químicos 3 leitos - 4	401	15	2	2	2	3				+33,7%
	1,0<K≤1,5	Observação Feminina 4 leitos	331	19		2	2	4				+10,3%
	0,5<K≤1,0	Observação Adolescentes 4 leitos	390	16		2	1	4				+30,0%





Tabela 15: Determinação da quantidade de luminárias em cada ambiente.

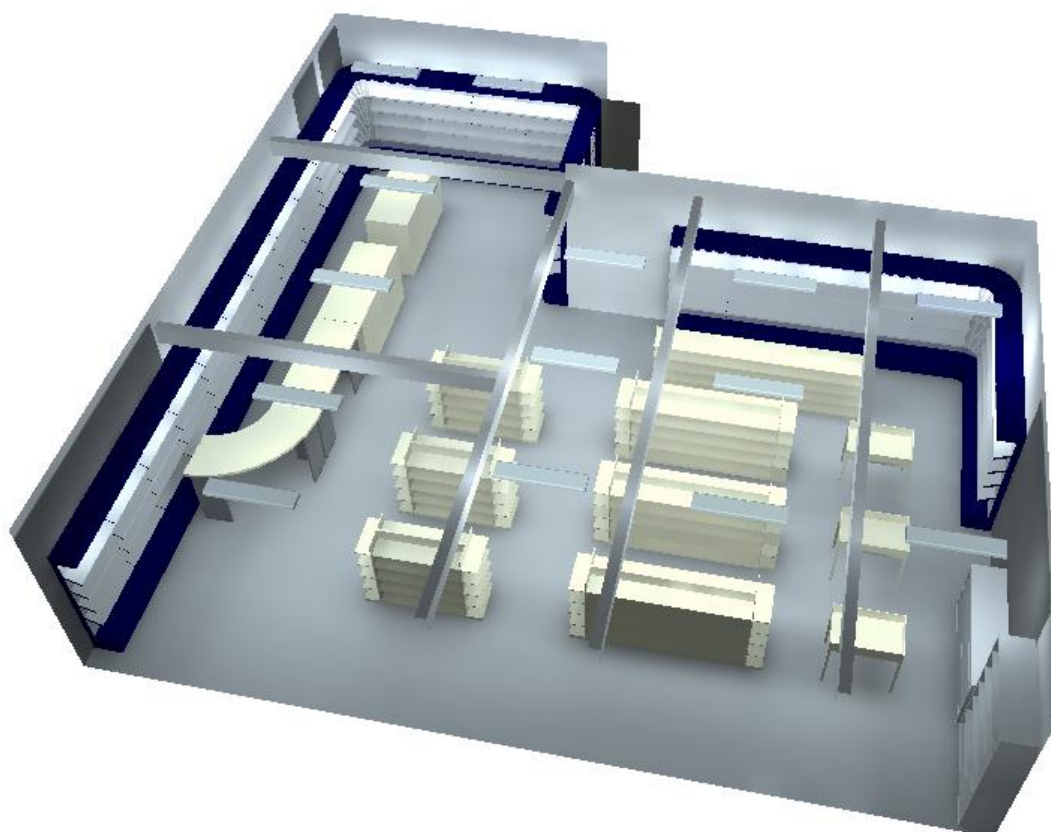
Er [lux]	Índice de Ambiente	Ambiente	Em Calculada [lux]	UGR <sub>L</sub>	Qtd. 1x28W	Qtd. 2x28W	Qtd. 1,2W	Qtd. 2,9W	Qtd. 7W	Qtd. 8,5W	Qtd. 2x18W	Relação Em/Er
500	1,0<K≤1,5	Administração Farmácia	507	17		3						+1,4%
	1,0<K≤1,5	Administração Geral	541	17	1	1						+8,2%
	1,0<K≤1,5	Posto de Enfermagem 2	518	18		3						+3,6%
	0,5<K≤1,0	Escritório Exames	567	18	2	1						+13,4%
	0,5<K≤1,0	Prescrição Médica	501	18		2						+0,2%
	1,0<K≤1,5	Posto de Enfermagem 1	528	18		3						+5,6%
	0,5<K≤1,0	Sala Farmacêutica	601	13		2						+20,2%
	1,0<K≤1,5	Sala de Reuniões	549	17		4						+9,8%
	1,0<K≤1,5	Ambulatório 2	500	14		3						0,0%
	1,0<K≤1,5	Ambulatório 3	549	18		3						+9,8%
	0,5<K≤1,0	Lactário	547	10		2						+9,4%
	0,5<K≤1,0	Preparo e Envase	532	10		2						+6,4%
	1,0<K≤1,5	Contabilidade	538	19		7						+7,6%
	1,0<K≤1,5	Farmácia Interna	502	13		4						+0,4%
	0,5<K≤1,0	Nutricionista	569	14		2						+13,8%
0,5<K≤1,0	Compras/Recebimento	558	10		2						+11,6%	
750	0,5<K≤1,0	Sala de Reparos/Costura	771	10	1	2						+2,8%
1000	1,0<K≤1,5	Ambulatório 1	1029	15		6						+2,9%
<b>Total</b>					<b>78</b>	<b>164</b>	<b>38</b>	<b>101</b>	<b>28</b>	<b>60</b>	<b>14</b>	<b>483</b>

Fonte: Diagnóstico Energético Próprio

Com a realização do novo cálculo luminotécnico para a instituição pode-se melhorar os atuais níveis de iluminação e ainda reduzir a potência instalada.

A proposta de efficientização dos sistemas de iluminação anteriormente apresentadas contemplam melhorias e equipamentos, demanda e consumo de energia elétrica, e ainda, adequação do nível de iluminamento à norma correspondente. Entretanto, outros benefícios não mensuráveis podem ser observados, como a melhora do iluminamento, propiciando ambientes mais agradáveis e confortáveis, para pacientes e funcionários.

A Figura 14, mostra um exemplo de cálculo luminotécnico com o software DIALUX, com a nova quantidade e distribuição das luminárias para a farmácia externa, a qual possui além da iluminação superior, iluminação das gôndolas, a qual tem por objetivo a iluminação das descrições dos produtos contidos na mesma, facilitando, deste modo, a localização de tais medicamentos e dando um maior destaque.



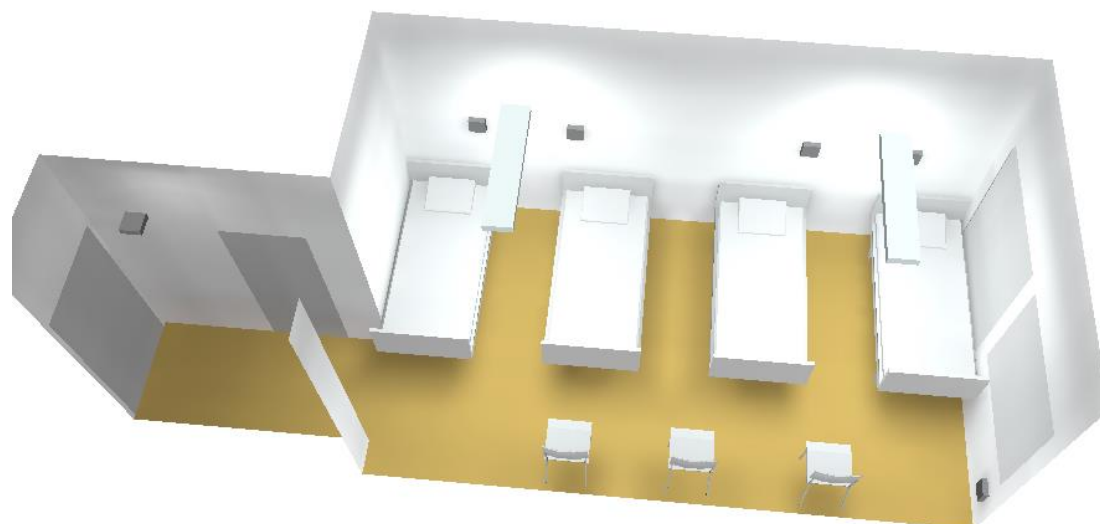
**Figura 14: Cálculo Luminotécnico para a Farmácia Externa**

A Figura 15 mostra outro exemplo do cálculo luminotécnico realizado para o ambiente do faturamento e administração geral da instituição.

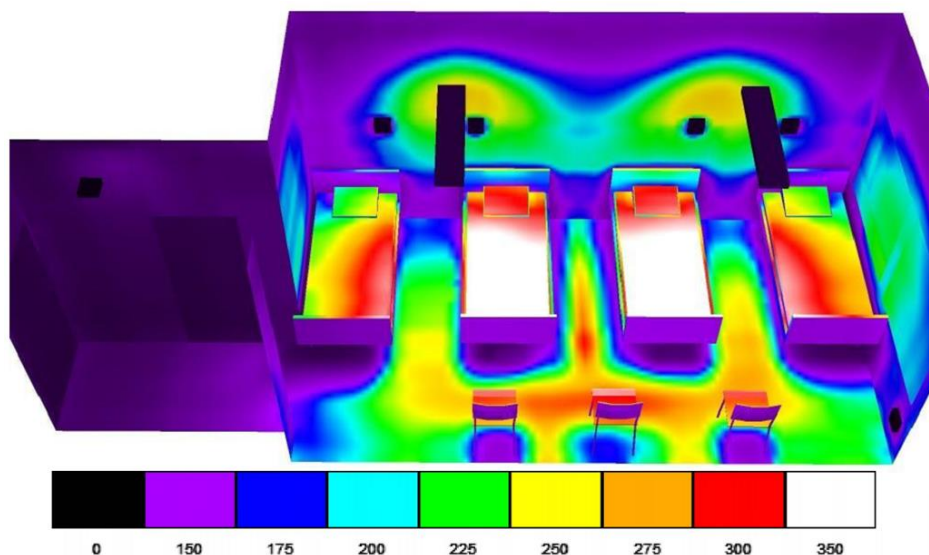


**Figura 15: Cálculo Luminotécnico para o Faturamento e Administração Geral**

A Figura 16 apresenta o estudo luminotécnico realizado para uma enfermaria coletiva, onde os níveis de iluminamento médio recomendados para os leitos são de 300 lux e para a iluminação geral ao nível do piso é de 100 lux. Já a Figura 17 apresenta a representação de cores falsas da enfermaria anterior.



**Figura 16: Cálculo Luminotécnico para uma Enfermaria Coletiva**



**Figura 17: Representação de cores falsas da enfermaria coletiva.**

A Figura 18 apresenta o levantamento dos atuais níveis de iluminância da enfermaria citada acima. A qual apresentou uma iluminância média de 80 lux, muito abaixo dos 300 lux exigidos pela NBR ISO/CIE8995:1 (ABNT, 2013). Com algumas amostras cedidas pelas empresas da região foram realizados alguns testes em alguns ambientes da instituição, o qual pode ser visto na Figura 19.

62	83	95	51
76	97	102	70
75	103	101	81
67	70	82	70

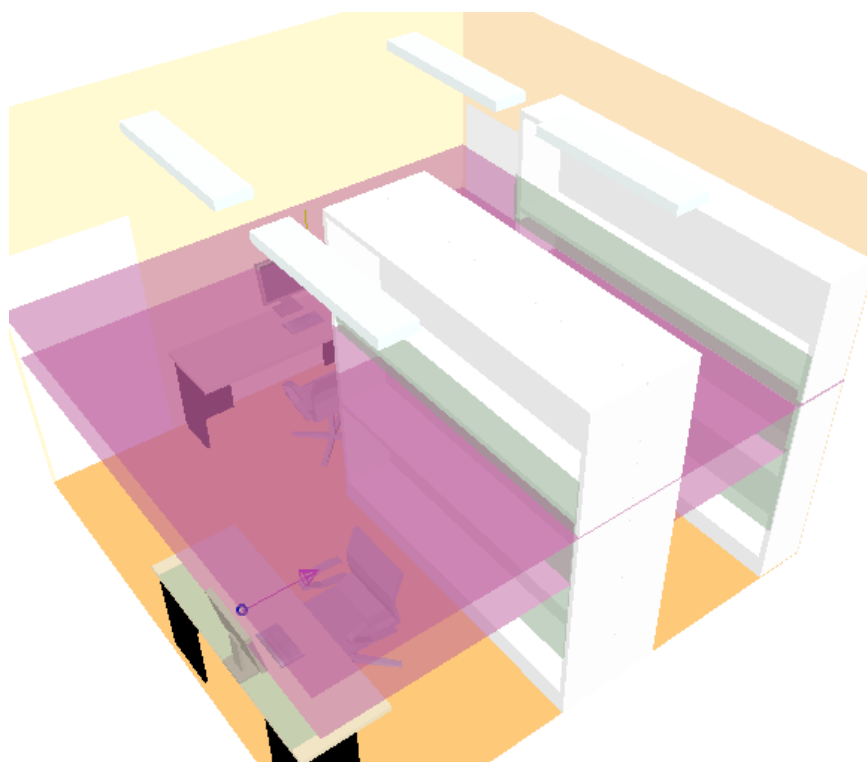
**Figura 18: Medição dos níveis atuais de iluminância de uma enfermaria coletiva.**

260	422	388	270
354	560	550	358
366	580	578	366
344	567	563	343

**Figura 19: Medição dos níveis de iluminância da enfermaria com o sistema proposto.**

O sistema proposto apresentou inicialmente uma iluminância média de 429lux, aplicando-se o fator de manutenção 0,8 obtêm-se uma iluminância média de 343lux. Esses valores encontram-se muito próximo aos valores encontrados no cálculo luminotécnico realizado com o auxílio do software DIALUX, que apresentou uma iluminância média de 330 lux. Deste modo é possível concluir que os cálculos realizados estão muito próximos dos níveis reais.

A Figura 20 apresenta um exemplo de cálculo luminotécnico para áreas de tarefa verticais e determinação do índice de ofuscamento do recinto.



**Figura 20:** Cálculo luminotécnico para áreas de trabalho verticais e ofuscamento.

#### **4.4 Estudo de Viabilidade Econômica do *Retrofit* da Solução Proposta**

Para se determinar a viabilidade econômica da implantação do *retrofit* das soluções sugeridas, é necessária a determinação da energia economizada, da redução de demanda e dos custos envolvidos.

Para os cálculos de *retrofit*, de energia economizada e redução de demanda de ponta será utilizada a metodologia desenvolvida pela ANEEL para programas de eficiência energética, descrita no PROPEE. A seção 3.4 contém as principais equações necessárias para a realização do estudo. A Tabela 16 apresenta os cálculos de energia economizada e redução de demanda de ponta para o sistema proposto.

Tabela 16: Cálculo da Energia Economizada e Redução de Demanda de Ponta

SISTEMA ATUAL										
	Sistema 1					Sistema 2		Sistema 3	Sistema 4	
Tipo lâmpada	INC 60W	INC 40W	INC 25W	LFC 9W	LED 2,9W	INC 40W	LED 1,2W	LFC 15W	LFT 1X15W	LFT 1X30W
Potência Lâmpada + Reator	60	40	25	9	2,9	40	1,2	15	26	40
Quantidade	24	27	13	8	15	24	14	14	10	18
Potência Instalada (kW)	1,440	1,080	0,325	0,072	0,044	0,960	0,017	0,210	0,260	0,720
Funcionamento (Horas/ano)	2190	2190	2190	2190	2190	4380	4380	4380	8760	8760
Fator de Coincidência na Ponta	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Energia Consumida (MWh/ano)	3,154	2,365	0,712	0,158	0,095	4,205	0,074	0,920	2,278	6,307
Demanda Média na Ponta (kW)	1,080	0,810	0,244	0,054	0,033	0,960	0,017	0,210	0,260	0,720
SISTEMA PROPOSTO										
	Sistema 1					Sistema 2		Sistema 3	Sistema 4	
Tipo Lâmpada	LED 2,9W					LED 1,2W		LED 2,9W	LED 1 x 7W	
Potência Lâmpada + Reator	2,9					1,2		2,9	7	
Quantidade	87					38		14	28	
Potência Instalada (kW)	0,252					0,046		0,041	0,196	
Funcionamento (Horas/ano)	2190					4380		4380	8760	
Fator de Coincidência na Ponta	0,75					1,00		1,00	1,00	
Energia Consumida (MWh/ano)	0,553					0,200		0,178	1,717	
Demanda Média na Ponta (kW)	0,189					0,046		0,041	0,196	
RESULTADOS ESPERADOS										
	Sistema 1					Sistema 2		Sistema 3	Sistema 4	
Redução Demanda na Ponta (kW)	2,031					0,931		0,169	0,784	
Redução Demanda na Ponta (%)	91,48%					95,33%		80,67%	80,00%	
Energia Economizada (MWh/ano)	5,931					2,039		0,742	6,868	
Energia Economizada (%)	91,48%					95,33%		80,67%	80,00%	

Tabela 16: Cálculo da Energia Economizada e Redução de Demanda de Ponta

<b>SISTEMA ATUAL</b>									
	<b>Sistema 5</b>					<b>Sistema 6</b>			<b>Sistema 7</b>
Tipo lâmpada	LFC 15W	LFC 25W	LFC 25W	LFT 2X40W	T5 1x28W	LFT 1X40W	LFT 1X110W	LFT 2X110W	LFC 25W
Potência Lâmpada + Reator	15	25	25	94	34	54	131	241	25
Quantidade	5	5	40	7	8	4	3	4	40
Potência Instalada (kW)	0,075	0,125	1,000	0,658	0,272	0,216	0,393	0,964	1,000
Funcionamento (Horas/ano)	2190	2190	6570	2190	2190	8760	8760	8760	6570
Fator de Coincidência na Ponta	0,75	0,75	1,00	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00
Energia Consumida (MWh/ano)	0,164	0,274	6,570	1,441	0,596	1,892	3,443	8,445	6,570
Demanda Média na Ponta (kW)	0,056	0,094	1,000	0,494	0,204	0,216	0,393	0,964	1,000
<b>SISTEMA PROPOSTO</b>									
	<b>Sistema 5</b>					<b>Sistema 6</b>			<b>Sistema 7</b>
Tipo Lâmpada	T5 1X28W					T5 1X28W			LED 8,5W
Potência Lâmpada + Reator	34					34			8,5
Quantidade	24					21			60
Potência Instalada (kW)	0,816					0,714			0,510
Funcionamento (Horas/ano)	2190					8760			6570
Fator de Coincidência na Ponta	0,75					1,00			1,00
Energia Consumida (MWh/ano)	1,787					6,255			3,351
Demanda Média na Ponta (kW)	0,612					0,714			0,510
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>									
	<b>Sistema 5</b>					<b>Sistema 6</b>			<b>Sistema 7</b>
Redução Demanda na Ponta (kW)	0,438					0,859			0,490
Redução Demanda na Ponta (%)	41,71%					54,61%			49,00%
Energia Economizada (MWh/ano)	1,279					7,525			3,219
Energia Economizada (%)	41,71%					54,61%			49,00%



Tabela 16: Cálculo da Energia Economizada e Redução de Demanda de Ponta

SISTEMA ATUAL									
	Sistema 8								
Tipo lâmpada	LFC 25W	LFC 15W	INC 40W	LFT 2X20W	LFT 2X32W	LFT 1X110W	LFT 2X110W	LFT 2X40W	T5 1x28W
Potência Lâmpada + Reator	25	15	40	54	78	131	241	94	66
Quantidade	1	6	2	1	1	3	1	11	4
Potência Instalada (kW)	0,025	0,090	0,080	0,054	0,078	0,393	0,241	1,034	0,264
Funcionamento (Horas/ano)	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
Fator de Coincidência na Ponta	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Energia Consumida (MWh/ano)	0,110	0,394	0,350	0,237	0,342	1,721	1,056	4,529	1,156
Demanda Média na Ponta (kW)	0,019	0,068	0,060	0,041	0,059	0,295	0,181	0,776	0,198
SISTEMA PROPOSTO									
	Sistema 8								
Tipo Lâmpada	T5 1X28W								
Potência Lâmpada + Reator	34								
Quantidade	29								
Potência Instalada (kW)	0,986								
Funcionamento (Horas/ano)	4380								
Fator de Coincidência na Ponta	0,75								
Energia Consumida (MWh/ano)	4,319								
Demanda Média na Ponta (kW)	0,740								
RESULTADOS ESPERADOS									
	Sistema 8								
Redução Demanda na Ponta (kW)	0,955								
Redução Demanda na Ponta (%)	56,35%								
Energia Economizada (MWh/ano)	5,576								
Energia Economizada (%)	56,35%								

Tabela 16: Cálculo da Energia Economizada e Redução de Demanda de Ponta

<b>SISTEMA ATUAL</b>										
	<b>Sistema 9</b>					<b>Sistema 10</b>				
Tipo lâmpada	LFT 4X32W	LFT 2X40W	LFC 25W	LFT 2X110W	T5 2X28W	LFT 4X32W	LFT 1X40W	LFT 2X40W	LFT 2X110W	T5 2X28W
Potência Lâmpada + Reator	156	94	25	241	66	156	54	94	241	66
Quantidade	2	3	40	5	4	2	1	10	5	4
Potência Instalada (kW)	0,312	0,282	1,000	1,205	0,264	0,312	0,054	0,940	1,205	0,264
Funcionamento (Horas/ano)	8760	6570	6570	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
Fator de Coincidência na Ponta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Energia Consumida (MWh/ano)	2,733	1,853	6,570	10,556	2,313	2,733	0,473	8,234	10,556	2,313
Demanda Média na Ponta (kW)	0,312	0,282	1,000	1,205	0,264	0,312	0,054	0,940	1,205	0,264
<b>SISTEMA PROPOSTO</b>										
						<b>Sistema 10</b>				
Tipo Lâmpada	T5 2X28W					T5 2X28W				
Potência Lâmpada + Reator	66					66				
Quantidade	27					27				
Potência Instalada (kW)	1,782					1,782				
Funcionamento (Horas/ano)	8760					8760				
Fator de Coincidência na Ponta	1,00					1,00				
Energia Consumida (MWh/ano)	15,610					15,610				
Demanda Média na Ponta (kW)	1,782					1,782				
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>										
						<b>Sistema 10</b>				
Redução Demanda na Ponta (kW)	0,993					0,993				
Redução Demanda na Ponta (%)	35,78%					35,78%				
Energia Economizada (MWh/ano)	8,699					8,699				
Energia Economizada (%)	35,78%					35,78%				

Tabela 16: Cálculo da Energia Economizada e Redução de Demanda de Ponta

SISTEMA ATUAL										
	Sistema 11							Sistema 12		
Tipo lâmpada	LFC 25W	LFC 15W	LFT 2X20W	LFT 2X110W	LFT 1X110W	LFT 1X40W	LFT 2X40W	T5 2X28W	LFT 2X40W	T5 2X28W
Potência Lâmpada + Reator	25	15	54	241	131	54	94	66	94	66
Quantidade	9	2	2	1	1	1	19	12	15	6
Potência Instalada (kW)	0,225	0,030	0,108	0,241	0,131	0,054	1,786	0,792	1,410	0,396
Funcionamento (Horas/ano)	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	6570	6570
Fator de Coincidência na Ponta	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00
Energia Consumida (MWh/ano)	0,986	0,131	0,473	1,056	0,574	0,237	7,823	3,469	9,264	2,602
Demanda Média na Ponta (kW)	0,169	0,023	0,081	0,181	0,098	0,041	1,340	0,594	1,410	0,396
SISTEMA PROPOSTO										
	Sistema 11							Sistema 12		
Tipo Lâmpada	T5 2X28W							T5 2X28W		
Potência Lâmpada + Reator	66							66		
Quantidade	42							21		
Potência Instalada (kW)	2,772							1,386		
Funcionamento (Horas/ano)	4380							6570		
Fator de Coincidência na Ponta	0,75							1,00		
Energia Consumida (MWh/ano)	12,141							9,106		
Demanda Média na Ponta (kW)	2,079							1,386		
RESULTADOS ESPERADOS										
	Sistema 11							Sistema 12		
Redução Demanda na Ponta(kW)	0,446							0,420		
Redução Demanda na Ponta (%)	17,67%							23,26%		
Energia Economizada (MWh/ano)	2,606							2,759		
Energia Economizada (%)	17,67%							23,26%		

Tabela 16: Cálculo da Energia Economizada e Redução de Demanda de Ponta

<b>SISTEMA ATUAL</b>									
	<b>Sistema 13</b>						<b>Sistema 14</b>		<b>TOTAL</b>
Tipo lâmpada	LFC 15W	LFC 25W	LFT 1x40W	LFT 2x40W	LFT 2X110W	T5 2x28W	LFT 2X40W	LED 2X18W	
Potência Lâmpada + Reator	15	25	54	94	241	66	94	36	-
Quantidade	31	13	2	35	1	28	10	4	500
Potência Instalada (kW)	0,465	0,325	0,108	3,290	0,241	1,848	0,940	0,144	27,14
Funcionamento (Horas/ano)	2190	2190	2190	2190	2190	2190	8760	8760	-
Fator de Coincidência na Ponta	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	-
Energia Consumida (MWh/ano)	1,018	0,712	0,237	7,205	0,528	4,047	8,234	1,261	130,87
Demanda Média na Ponta (kW)	0,349	0,244	0,081	2,468	0,181	1,386	0,940	0,144	23,08
<b>SISTEMA PROPOSTO</b>									
	<b>Sistema 13</b>						<b>Sistema 14</b>		<b>TOTAL</b>
Tipo Lâmpada	T5 2X28W						LED 2 x 18W		
Potência Lâmpada + Reator	66						36		-
Quantidade	71						14		483
Potência Instalada (kW)	4,686						0,504		15,02
Funcionamento (Horas/ano)	2190						8760		-
Fator de Coincidência na Ponta	0,75						1,00		-
Energia Consumida (MWh/ano)	10,262						4,415		71,53
Demanda Média na Ponta (kW)	3,515						0,504		12,55
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>									
	<b>Sistema 14</b>						<b>Sistema 14</b>		<b>TOTAL</b>
Redução Demanda na Ponta (kW)	1,193						0,784		
Redução Demanda na Ponta (%)	25,35%						80,00%		45,63%
Energia Economizada (MWh/ano)	3,484						6,868		57,30
Energia Economizada (%)	25,35%						80,00%		45,34%

#### 4.4.1 Determinação dos Custos do Investimento Inicial

Os custos envolvidos para a realização da ação na instituição, estudo de caso deste trabalho, são:

- Custo de realização dos estudos de diagnóstico energético e elaboração dos projetos e cálculos luminotécnicos;
- Custo de aquisição dos novos equipamentos de iluminação e materiais necessários para a instalação e adequação da infraestrutura; e,
- Custo de remoção dos equipamentos de iluminação ineficientes existentes e instalação dos novos equipamentos eficientes;

A Tabela 17 apresenta o valor de aquisição dos equipamentos necessários para a implementação da ação na instituição.

**Tabela 17: Custos de aquisição dos equipamentos para a implementação do *retrofit***

<b>Equipamento</b>	<b>Qtde</b>	<b>Unid.</b>	<b>Preço Unit.</b>	<b>Preço Total</b>
Luminária FHT 03 S128	6	pç	R\$ 59,32	R\$ 355,92
Luminária FHT 03 S228	39	pç	R\$ 60,13	R\$ 1.350,82
Luminária FHT 04 S128	43	pç	R\$ 111,75	R\$ 4.805,25
Luminária FHT 04 S228	86	pç	R\$ 133,92	R\$ 11.517,12
Luminária FAN 05 S128	29	pç	R\$ 46,58	R\$ 1.350,82
Luminária FAN 05 S228	39	pç	R\$ 61,66	R\$ 2.404,74
Luminária RYTMO 2,9W	101	pç	R\$ 65,00	R\$ 6.565,00
Luminária RYTMO AS 1,2W	38	pç	R\$ 40,00	R\$ 1.520,00
Reator Eletrônico LEB 128	78	pç	R\$ 26,97	R\$ 2.103,66
Reator Eletrônico LEB 228	164	pç	R\$ 31,62	R\$ 5.185,68
Lâmpada Tubular LED 7W	28	pç	R\$ 65,89	R\$ 1.844,92
Lâmpada Tubular LED 18W	28	pç	R\$ 98,89	R\$ 2.768,92
Lâmpada LED Bulbo 8,5W	60	pç	R\$ 50,49	R\$ 3.029,40
Lâmpada Fluorescente Tubular 28W	406	pç	R\$ 4,65	R\$ 1.887,90
Fio cobre singelo 1,5mm <sup>2</sup> - 750V	300	m	R\$ 0,53	R\$ 159,00
Tampa Cega Branca 3x3	50	pç	R\$ 1,80	R\$ 90,00
Sensor de Presença	2	pç	R\$ 20,50	R\$ 41,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 47.974,40</b>

Os custos relativos ao projeto, diagnóstico energético e cálculos luminotécnicos é de R\$ 6.000,00, os custos relativos à mão de obra para a execução dos trabalhos foi orçado em R\$ 4.500,00 junto à empresa terceirizada, a qual presta todos os serviços relativos à eletricidade da instituição e os custos de descarte correto das lâmpadas e luminárias foi orçado em R\$ 650,00.

Deste modo, o custo total para a implementação do retrofit no sistema de iluminação da instituição é de R\$ 59.124,40.

Com posse dos custos referentes à implementação da ação na instituição pode-se determinar os custos anualizados ( $CA_T$ ), conforme apresenta a Tabela 18.

**Tabela 18: Custos Anualizados Totais**

<b>Equipamento</b>	<b><math>u</math> (anos)</b>	<b><math>i</math></b>	<b>FRC</b>	<b><math>CA_n</math></b>
Luminárias Superiores	15	8%	0,1168	R\$ 3.279,77
Lâmpadas Rytmo – Rytmo AS	12,45	8%	0,1298	R\$ 1.301,94
Reatores	11,03	8%	0,1398	R\$ 1.256,08
Lâmpadas LED 7W – LED 18W	5,71	8%	0,2250	R\$ 1.279,60
Lâmpadas LED 8,5W	5,33	8%	0,2379	R\$ 888,02
Lâmpadas Fluor. Tub. 28W	5,30	8%	0,2390	R\$ 556,12
Equipamentos Gerais	20	8%	0,1019	R\$ 41,75
<b>Custo Anualizado Total (<math>CA_T</math>)</b>				<b>R\$ 8.603,27</b>

#### 4.4.2 Determinação dos Benefícios

Para o cálculo do benefício anualizado são aplicadas as fórmulas do Custo Evitado de Demanda – CED e do Custo Evitado de Energia – CEE que encontramos no PRO-PEE. Deste modo, tem-se:

$$BA_T = (EE \times CEE) + (RDP \times CED) \quad (4)$$

Onde:

$$EE = 57,30 \text{ MWh/ano}$$

$$RDP = 10,53 \text{ kW.ano}$$

$$CEE = 184,87 \text{ R\$/MWh}^4$$

$$CED = 471,45 \text{ R\$/kW.ano}^4$$

$$BA_T = \text{R\$ } 28.961,40$$

#### 4.4.3 Relação Custo Benefício (RCB) e Tempo de Retorno Simples

A partir dos dados obtidos é possível a determinação do tempo de retorno simples do investimento.

<sup>4</sup> De acordo com o preço final da energia e da demanda paga pela instituição, incluindo impostos e encargos.

$$\text{Tempo de Retorno Simples} = \frac{59.124,40}{\frac{28.961,40}{12}} = 24,50 \text{ meses} \quad (5)$$

Por fim, o cálculo da Relação Custo Benefício (RCB) da solução proposta é feito através da razão entre os Custos Anualizados e os Benefícios Anualizados, como é apresentado a seguir.

$$RCB = \frac{8.603,27}{28.961,40} \quad RCB = 0,30 \quad (6)$$

#### 4.5 Considerações Finais

Como se esperava, o setor hospitalar apresenta um grande potencial de conservação de energia, onde na instituição deste estudo de caso apresentou um potencial de redução anual de energia de 57,30 MWh e uma demanda evitada na ponta de 10,53 kW. Estes valores representam uma economia de 45,63% do consumo com o sistema de iluminação e gerando uma redução anual na fatura de energia de 14,19%.

Com o investimento de R\$ 59.124,40 na implementação desta ação, obtêm-se um tempo de retorno de investimento de 24,50 meses e um RCB de 0,30. Isto demonstra o grande potencial de conservação de energia que instituições hospitalares apresentam.

Embora a ótica vista pelo sistema não seja tão atraente quanto à ótica do consumidor, o projeto ainda é atraente uma vez que apresenta um retorno de investimento de 51,43 meses e um RCB de 0,62, onde a ANEEL estabelece como viável qualquer projeto que apresente um RCB inferior a 0,8. Isto significa que cada real investido em projetos de eficiência energética, deve proporcionar uma economia de energia e/ou demanda evitada, cujo valor monetário seja de no mínimo R\$ 1,25.

A Tabela 19 e a Tabela 20 apresentam o sistema atual e o proposto:

**Tabela 19: Consumo e Demanda do sistema Atual e Proposto**

Sistema	Consumo [kWh/ano]	Demanda [kW]	EE [Mwh/ano]	RDP [kW]
Atual	130,87	23,08	57,30	10,53
Proposto	71,53	12,55		

**Tabela 20: Retorno do investimento e RCB pela ótica do consumidor e do sistema**

Ótica	Retorno Simples [meses]	Retorno Composto [meses]	RCB
Consumidor	24,5	28	0,30
Sistema	51,43	66	0,62

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho consistiu em identificar as principais características de consumo de energia elétrica de uma instituição hospitalar de pequeno porte, com ênfase no sistema de iluminação, estimando o consumo de energia elétrica, o potencial de conservação de energia elétrica, o investimento necessário para a implementação da ação de eficiência energética e o tempo médio de retorno para esse projeto.

Os sistemas de iluminação não fazem parte da atividade-fim de uma instituição hospitalar, porém seria impraticável gerir um hospital sem a presença da iluminação, pois em muitos ambientes a luz natural não é suficiente, além de estar disponível em certos períodos do dia. Deste modo a qualidade desse sistema é muito importante para uma instituição hospitalar, e projetos de eficiência energética, além de proporcionarem a redução da fatura de energia, reduzindo os custos dos hospitais, proporcionam ainda uma melhora na qualidade da iluminação.

Os incentivos da ANEEL, disponibilizando recursos para serem investidos em programas de eficiência energética, mostram-se uma política válida para a renovação de equipamentos de iluminação gerando grandes economias de energia elétrica, tanto para o cliente quanto para a própria geração, uma vez que, os sistemas de iluminação representam uma parcela significativa da demanda total de energia do sistema elétrico nacional.

Deste modo, é possível afirmar que projetos que contemplem a efficientização em todos os setores da economia do país, contribuem para o desenvolvimento do setor energético, evitando o desperdício de energia elétrica e postergam investimentos na geração, transmissão e distribuição do setor elétrico nacional.



### **5.1 Sugestão para trabalhos futuros**

A seguir são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros que complementariam o trabalho feito nessa dissertação:

- Utilização de iluminação natural em projetos de eficiência energética;
- Benefícios da iluminação natural para pacientes;
- Pesquisa sobre o desempenho da equipe de saúde após a implementação do projeto;
- Implementação de projetos de eficiência energética nos sistemas de refrigeração, climatização e aquecimento solar de água;
- Estudos de viabilidade de retrofit em outras instituições hospitalares;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

ABNT NBR 15215-4. “Iluminação natural Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição.” 2005.

ABNT NBR ISO/CIE8995:1. “Iluminação de Ambientes de Trabalho.” 21 de abril de 2013.

AMS, Assistência Médico-Sanitária. “Estatísticas da Saúde.” 2009. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/ams/2009/ams2009.pdf> (acesso em 3 de novembro de 2013).

ANVISA RDC 50, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. “Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.” 21 de fevereiro de 2002.

AZEVEDO, R. “Em 11 anos, tava de leitos hospitalares caiu 15% no Brasil.” Revista Veja. 22 de agosto de 2013. <http://veja.abril.com.br/blog/reinaldo/geral/em-11-anos-taxa-de-leitos-hospitalares-caiu-15-no-brasil-o-bravateiro-no-entanto-dava-licoes-a-obama-vinda-de-cubanos-serve-para-demonizar-medicos-brasileiros-e-e-projeto-ideologico-dos-paises-do/> (acesso em 3 de setembro de 2013).

A. Salem Szklo, J. Borghetti Soares, and M. c. Tiomno Tolmasquim, "Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector," *Energy Conversion and Management*, vol. 45, pp. 2075-2091, 8// 2004.

BIGONI, Silvia. “Eficiência dos conjuntos óticos de alumínio especular de alto desempenho energético.” São Paulo, 2013.

BOYCE, Peter R. “The Impac of Light in Buildings on Human Health. Indoor and Built Environment.” 2010.

CAYE, Alysson. “Eficientização de projetos luminotécnicos em ambientes de escola pública.” Porto Alegre, 2010.

CEI, - COMITÉ ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN. “Guía técnica de eficiencia energética en iluminación. Hospitales y centros de atención primaria.” Madrid, 2001.

CORBELLA, O. D., e S. YANNAS. “Em busca de arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental.” p.288. Rio de Janeiro, 2003.

COSTA, Daniel. “Estudo e determinação das características de lâmpadas de diferentes tipos.” 2010.

COSTA, G.J.C. “Iluminação econômica: cálculo e avaliação.” p.576. EDIPUCRS, Porto Alegre, 2006.

COSTI, M. “A luz em estabelecimentos de saúde.” Artigo técnico. São Pedro: ENCAC, 2001.

DIAL, DIALUX. *The software for individual product presentation*. 2013. <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html> (acesso em 16 de 09 de 2013).

ECP. “Caderno de Orientação Técnica - Luminárias de Alto Rendimento.” 2013. <http://www.ecp.com.br/> (acesso em 6 de setembro de 2013).

ELETROBRAS. “Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil.” Rio de Janeiro, RJ, 2009.

ELETROBRAS PROCEL. “Resultados do Procel 2012: ano base 2011.” Rio de Janeiro, 2012.

ELETROBRAS-PROCEL. 2013. [http://www.eletrobras.gov.br/EM\\_Programas\\_Procel/default.asp](http://www.eletrobras.gov.br/EM_Programas_Procel/default.asp) (acesso em 26 de Junho de 2013).

ESCUYER, S., e M. FONTOYNONT. “Testing in situ automatic ambient and manually controlled task lighting: office occupants reactions.” 2001, p.70-75.

FBH, FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE HOSPITAIS. “FBH Notícias. Boletim n. 11/01.” Novembro de 2001. <http://www.fbh.com.br> (acesso em 23 de Junho de 2013).

FILIPPÍN, C. *Energy Use of Buildings in Central Argentina*. Journal of BUILDING PHYSICS, Argentina, 2005.

FREITAS, Luciana. *A era dos LEDs*. Revista Lumière, 2010.

GARCIA, A. G. P. “ Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria .” Dissertação de Mestrado, Programa de Planejamento Energético, COPPE, UFRJ., 2003.

GELLER, H.S. “Governo não prioriza a eficiência energética.” *Folha de São Paulo*, São Paulo, 27 de Maio de 2007. [www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi2605200727.htm](http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi2605200727.htm) (acesso em 23 de Junho de 2013).

GHISI, E., e R. LAMBERTS. *Influência das Características Reflexivas da Luminária e da Refletância das Paredes na Potência Instalada em Sistemas de Iluminação*. ENTAC, Santa Catarina, 1998.

G. D. M. J. Marcos Danella, Ernesto Ruppert Filho, Marcio Massakiti Kubo, Evandro Romanini, José Angelo Paccola, Herculano Xavier da Silva Júnior, "Projeto de Eficiência Energética no Hospital de Clínicas da UNICAMP," presented at the Anais do XVII SENDI - Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Belo Horizonte - MG, 2006.

G. Bizzarri and G. L. Morini, "New technologies for an effective energy retrofit of hospitals," *Applied Thermal Engineering*, vol. 26, pp. 161-169, 2// 2006.

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Light's Labor Lost*. Fact Sheet Paris, France, 2006.

IESNA, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. *Lighting Handbook*. Reference & Application. 8th. edition. New York, 1995.

JANNUZZI G. e SWISHER J. “Planejamento integrado de recursos energéticos.” p.251. Campinas, 1997.

LAMBERTS, R., e F. WESTPHA. *Energy efficiency in building in Brazil - Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação na Construção (CIB)*. Florianópolis, 2000.

LUMIÈRE, Portal. “UE conclui 3a etapa da abolição de incandescentes.” 08 de setembro de 2011. [www.revistalumiere.com.br](http://www.revistalumiere.com.br) (acesso em 03 de setembro de 2013).

MAHLIA, T. M. I., H. H. MASJUKI, e CHOUDHURY I. A. “Potential Electricity Savings by Implementing Energy Labels for Room Air Conditioner in Malaysia, Malásia, Energy Conversion and Management.” 2001 , p.2225-2233.

MARTINI, J.L. *Infraestrutura para centros comerciais*. Revista Lumière, São Paulo, 2008.

MME, Ministério de Minas e Energia. “Portaria Interministerial N° 1.007.” 31 de dezembro de 2010. [http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos\\_comite/cgiee/Portaria\\_Interministerial\\_nx\\_1007\\_2010.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Portaria_Interministerial_nx_1007_2010.pdf) (acesso em 03 de setembro de 2013).

MOREIRA, J.F.C. *Método para Retrofit em Sistemas de Iluminação de Hospitais Públicos: Estudo de Caso no Hospital Público Regional de Betim*. Florianópolis, 2010.

MOREIRA, J.R. “Iluminação e conservação de energia.” Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE). Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2007.

OSRAM. “Catálogo Gerais.” 2013. [http://www.osram.com.br/osram\\_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp](http://www.osram.com.br/osram_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp) (acesso em 4 de setembro de 2013).

—. “Manual do Curso Iluminação, Conceitos e Projetos.” 2012. [http://www.osram.com.br/osram\\_br/Ferramentas\\_%26\\_Catlogos/Downloads/Iluminacao\\_Geral/Catalogo\\_Geral\\_2012/index.html](http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Catlogos/Downloads/Iluminacao_Geral/Catalogo_Geral_2012/index.html) (acesso em 04 de Julho de 2013).

PENA, S. “Sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração.” PROCEL EPP, RJ, 2002 .

PHILIPS. “Catálogo de Produtos.” 2013. <http://www.ecat.lighting.philips.com.br/l/lampadas/41334/cat/> (acesso em 4 de setembro de 2013).

PROCEL. “Conservação de Energia Elétrica, Eficiência Energética em Instalações e Equipamento.” PROCEL - Eletrobrás/EFEI, 2001.

PROCEL Educação. “Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações.” Itajubá, 2006.

PROCEL. “Manual de eficiência energética em prédios públicos.” 2003.

PROCEL, "AVALIAÇÃO DO MERCADO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO BRASIL - PESQUISA DE POSSE DE EQUIPAMENTOS E HÁBITOS DE USO - ANO BASE 2005 -CLASSE COMERCIAL – ALTA TENSÃO RELATÓRIO SETORIAL: HOSPITAIS / CLÍNICAS," 2006.

PROCOBRE, - INSTITUTO NACIONAL DO COBRE. "Conservação de energia." p.6. São Paulo, ed. Novembro de, 2000.

PROPEE ANEEL. "Procedimentos do Programa de Eficiência Energética." 2013.

RAMIREZ, G. "A Ação da Iluminação Sobre o Homem." De Portal Lumière. São Paulo, 2006.

ROIZENBLATT, I. *Contribuição para uma iluminação eficiente*. Dissertação (Mestrado em Energia). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2003.

SCHAEFFER, Roberto et al. "Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: Projeto GEF/BIRD/PNUD/ELETRORBRAS/PUC/ECOLUZ,2007." 2011.

SHIBATA, O. "Earthport Tokyo Gas Kohoku New Town Building - An Office Building with Life-cycle Energy Saving Features, ecodesign." First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing. IEEE, Tóquio, 1999.

SILVEIRA, A. H. da. "Avaliação do potencial de conservação de energia no setor hospitalar da região su do Brasil." Porto Alegre, 2008.

SOUZA, Roberta V. G., Paula R. LEITE, e Carla P. S. SOARES. "Revista Lumière." n. v.159. junho de 2011.

SZKLO, A.S., M.T. TOLMASQUIM, e J. B. SOARES. "Mercado de Gás Natural na Indústria Química e no Setor Hospitalar do Brasil." p.346. COPPE/UFRJ/Petrobras, Rio de Janeiro, 2003.

TEIXEIRA, W. "Arquivos fotométricos digitais." São Paulo, 2003, p. 102-104.

VARGAS Jr, Raunilo H. "Análise do potencial de conservação de energia elétrica em hospitais públicos de pequeno porte no Brasil: Sistemas de iluminação e ar condicionado do tipo Janela." Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006, p.218.

VASCONCELOS, R.T.B. *Humanização de ambientes hospitalares: Características arquitetônicas responsáveis pela integração interior/exterior*. UFSC, Florianópolis: Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), 2004, p.177.

VEITH, J.A., e D.W. HINE. *End users knowledge, beliefs, and preferences, for lighting*. Journal for Interior Design, 1993.

V. d. M. Godoy, "Análise dos equipamentos de aquecimento do HUSM com proposta de cenários, visando a eficiência energética," graduation Graduation, Campus Alegrete, Unipampa, Biblioteca do Campus Alegrete da Unipampa, 2013.

WALSH, J.M., B.S. RABIN, R. WILLIAMS DAY, e J. CHOI. "The effect of sunlight on post-operative analgesic medication usage: A prospective study of spinal surgery patients." p. 156-163. Pittsburgh, 2005.

WESTPHAL, F. S., E. GHISI, e R. LAMBERTS. " Simulação energética do edifício sede da FIESC: estudo de retrofit no sistema de iluminação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO." Florianópolis, Santa Catarina: ENTAC, 1998.

YOSHIDA, F. T., e R. K. PORTELINHA. "Estudo de um sistema de iluminação eficiente utilizando a tecnologia led no bloco e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Curitiba." Curitiba, 2013.

## ANEXO I

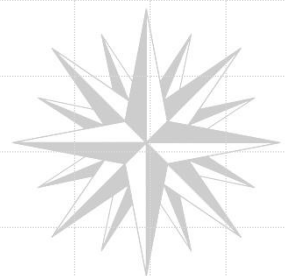
### Modelo de Planilha do diagnóstico energético da iluminação da instituição.

#### Levantamento do Sistema de Iluminação

<b>Ambiente</b>													<b>Observação</b>				
Localização																	
Finalidade																	
Horário de Funcionamento			às		-		às										
Dias de Funcionamento	S		T		Q		Q		S		S		D				
<b>Sistema de Iluminação</b>	<b>Em funcionamento / Com defeito</b>						<b>Tempo Funcionamento</b>			<b>Tempo Ligado</b>			<b>Tipo de Reator</b>				
Lâmpada Incandescente 25W							às					às					
Lâmpada Incandescente 40W							às					às					
Lâmpada Incandescente 60W							às					às					
Lâmpada Incandescente 100W							às					às					
Lâmpada Fluorescente Compacta 9W							às					às			Elt		Elm
Lâmpada Fluorescente Compacta 11W							às					às			Elt		Elm
Lâmpada Fluorescente Compacta 15W							às					às			Elt		Elm
Lâmpada Fluorescente Compacta 20W							às					às			Elt		Elm
Lâmpada Fluorescente Compacta 23W							às					às			Elt		Elm
Lâmpada Fluorescente Compacta 25W							às					às			Elt		Elm
Luminária Fluorescente 1x32W							às					às			Elt		Elm
Luminária Fluorescente 2x32W							às					às			Elt		Elm
Luminária Fluorescente 4x32W							às					às			Elt		Elm
Luminária Fluorescente 1x40W							às					às			Elt		Elm
Luminária Fluorescente 2x40W							às					às			Elt		Elm
Luminária Fluorescente 4x40W							às					às			Elt		Elm
Luminária Fluorescente 1x110W							às					às			Elt		Elm
Luminária Fluorescente 2x110W							às					às			Elt		Elm
							às					às			Elt		Elm



Dimensões do Ambiente: \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_



## ANEXO II

### Fórmulas para Cálculo da Viabilidade Econômica seguindo a metodologia da ANEEL

- **Determinação da Energia Consumida, Demanda Média na Ponta, Energia Economizada e Redução de Demanda de Ponta**

$$Pa_1 = \frac{pa_1 \times qa_1}{1.000}$$

$$Pp_1 = \frac{pa_1 \times qp_1}{1.000}$$

$$FCPa_1 = \frac{Da_1}{Pa_1}$$

$$FCPp_1 = \frac{Dp_1}{Pp_1}$$

$$Ea_1 = \frac{Pa_1 \times ha_1}{1.000}$$

$$Ep_1 = \frac{Pp_1 \times hp_1}{1.000}$$

$$Ea = \sum Ea_i$$

$$Ep = \sum Ep_i$$

$$Da = \sum Da_i$$

$$Dp = \sum Dp_i$$

$$RDP_1 = Da_1 - Dp_1$$

$$RDP = \sum RDP$$

$$RDP_1\% = \frac{RDP_1}{Da_1}$$

$$RDP\% = \frac{RDP}{Da}$$

$$EE_1 = Ea_1 - Ep_1$$

$$EE = \sum EE_i$$

$$EE_1\% = \frac{EE_1}{Ea_2}$$

$$EE\% = \frac{EE}{Ea}$$

$$EE = \left[ \sum_{\text{Sistema } i} (qa_i \times pa_i \times ha_i) - \sum_{\text{Sistema } i} (qp_i \times pp_i \times hp_i) \right] \times 10^{-6} \quad (\text{MWh/ano})$$

$$RDP = \left[ \sum_{\text{Sistema } i} (qa_i \times pa_i \times FCPa_i) - \sum_{\text{Sistema } i} (qp_i \times pp_i \times FCPp_i) \right] \times 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

Onde:

$Pa_i$  = Potência Instalada Sistema  $i$  atual [kW];

$Ea_i$  = Energia Consumida no Sistema  $i$  atual [MWh/ano];

$Da_i$  = Demanda Média na Ponta do Sistema  $i$  atual [kW];

$EE$  = Energia Economizada [MWh/ano];

$qa_i$  = número de lâmpadas no Sistema  $i$  atual [unidade];

$pa_i$  = potência da lâmpada e reator no Sistema  $i$  atual [W];

$ha_i$  = tempo de funcionamento do Sistema  $i$  atual [h/ano];

$Pp_i$  = Potência Instalada Sistema  $i$  proposto [kW];

$Ep_i$  = Energia Consumida no Sistema  $i$  proposto [MWh/ano];

$Dp_i$  = Demanda Média na Ponta do Sistema  $i$  proposto [kW];

$qp_i$  = número de lâmpadas no Sistema  $i$  proposto [unidade];

$pp_i$  = potência da lâmpada e reator no Sistema  $i$  proposto [W];

$hp_i$  = tempo de funcionamento do Sistema  $i$  proposto [h/ano];

$RDP$  = Redução de Demanda na Ponta [kW];

$FCPa_i$  = fator de coincidência na ponta no Sistema  $i$  atual [unidade];

$FCPp_i$  = fator de coincidência na ponta no Sistema  $i$  proposto [unidade];

- **Custo Unitário Evitado de Demanda (CED)**

$$CED = (12 \times C_1) + (12 \times C_2 \times LP) \quad [R\$/kW.ano]$$

- **Custo Unitário Evitado de Energia (CEE)**

$$CEE = \frac{(C_3 \times LE_1) + (C_4 \times LE_2) + (C_5 \times LE_3) + (C_6 \times LE_4)}{LE_1 + LE_2 + LE_3 + LE_4} \quad [R\$/MWh]$$

Onde:

$LP$  - constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta.

$LE_1, LE_2, LE_3$  e  $LE_4$  - constantes de perdas de energia nos postos de ponta e fora de ponta para os períodos seco e úmido, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta.

$C_1$  - custo unitário da demanda no horário de ponta [R\$/kW.mês];

$C_2$  - custo unitário da demanda fora do horário de ponta [R\$/kW.mês];

$C_3$  - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];

*C4 - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh];*

*C5 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];*

*C6 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh].*

Os valores das constantes LP e LE foram calculados a partir dos postos horários da tarifa horosazonal azul (ótica do sistema) e horosazonal verde (ótica da instituição), com base em uma série de Fatores de Carga (FC) e Fatores de Perdas (Fp), segundo a fórmula a seguir:

$$F_p = k \times FC + (1 - k) \times FC^2$$

Onde:

$$k = 0,15.$$

$$FC - \text{Fator de carga médio da instituição dos últimos 12 meses} = 0,45$$

- **Fator de Recuperação de Capital (FRC)**

$$FRC = \frac{(i \times (1 + i)^n)}{((1 + i)^n - 1)}$$

Onde:

$$i = \text{taxa de juros} = 8\%$$

$$n = \text{vida útil do equipamento}$$

- **Custo Total Estimado em Equipamentos (CE<sub>T</sub>)**

$$CE_T = \sum_n CE_n \quad [R\$]$$

- **Custo Estimado Anualizado dos Equipamentos**

$$CA_n = CE_n \times \frac{CT}{CE_T} \times FRC_u \quad [R\$]$$

- **Benefícios Anualizados (BA<sub>T</sub>)**

$$BA_T = (EE \times CEE) + (RDP \times CED)$$

- **Relação Custo Benefício Estimada (RCB)**

$$RCB = \frac{\text{Custo Anualizado Total}}{\text{Benefício Anualizado}}$$