

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

MARCOS PISTORI FILHO

**AVALIAÇÃO E PROPOSIÇÕES SOBRE CONSUMO EFICIENTE EM USOS  
FINAIS DE ENERGIA ELÉTRICA EM UM AMBIENTE HOSPITALAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2015

MARCOS PISTORI FILHO

**AVALIAÇÃO E PROPOSIÇÕES SOBRE CONSUMO EFICIENTE EM  
USOS FINAIS DE ENERGIA ELÉTRICA EM UM AMBIENTE  
HOSPITALAR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Elétrica – DAELE – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Avancini Schenatto

Coorientador: Prof<sup>a</sup>. M.Sc. Beatriz Antônia Fontana de Vargas

PATO BRANCO

2015

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**AVALIAÇÃO E PROPOSIÇÕES SOBRE CONSUMO EFICIENTE EM USOS FINAIS DE ENERGIA ELÉTRICA EM UM AMBIENTE HOSPITALAR**”, do aluno **MARCOS PISTORI FILHO** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° **84** de 2015.

Fizeram parte da banca os professores:

**Dr. Fernando José Avancini Schenatto**

**M.Sc. Beatriz Antônia Fontana de Vargas**

**M.Sc Ana Cristina Alves Silveira Lima**

**M.Sc Fábio Brignol de Moraes**

**A ATA de Defesa assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica**

## DEDICATÓRIA

A Deus pela minha vida e aos meus pais, Marcos e Fátima, a minhas irmãs Mariana e Vanessa e minha namorada Tainara pelo carinho a mim dedicado durante toda a minha trajetória acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais, Marcos e Fátima, e as minhas irmãs, pelo apoio e dedicação ao longo de toda a minha vida.

A minha namorada Tainara pelo carinho, atenção e companheirismo durante todos esses anos, me ajudando nos momentos mais difíceis.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Fernando José Avancini Schenatto e Prof.<sup>a</sup> M.Sc. Beatriz Antônia Fontana de Vargas, pela atenção, paciência e credibilidade para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos que durante todos esses anos proporcionaram-me muito carinho, confiança e dedicação, tornando esses momentos longe de casa mais acolhedores e divertidos.

Ao Sr. Rubens Faria, pela atenção, fornecendo o analisador de energia e apoiando no acesso a instalação hospitalar para realização do trabalho.

Ao Sr. Jesus Divino pela disponibilidade em acompanhar todas as medições, dando suporte técnico para o desenvolvimento do projeto.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a sua realização.

## EPÍGRAFE

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis (José de Alencar).

## RESUMO

PISTORI, Marcos F. **Avaliação e proposições sobre consumo eficiente em usos finais de energia elétrica em um ambiente hospitalar**. 2015. 125 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

Diante da crise de energia elétrica e da escassez de recursos naturais despertou-se a consciência da necessidade de conservação de energia, bem como do benefício financeiro desta atividade. Neste cenário, destacam-se os estabelecimentos assistenciais de saúde, principalmente os hospitais, instituições que utilizam amplamente a energia elétrica para suas atividades. Desta forma este trabalho objetiva estimar o potencial de conservação de energia elétrica a partir da implementação de projeto de eficiência energética em um hospital de pequeno porte (com número de leitos menor ou igual a 150). O trabalho analisa a viabilidade técnica da atuação específica em sistemas de iluminação, ar condicionado e equipamentos hospitalares. A partir de diagnósticos energéticos, o estudo de caso realizado na Associação Hospitalar CASSEMS incluiu, além da troca simples de equipamentos e estimativa da carga térmica, a análise do enquadramento tarifário e a viabilidade da geração alternativa no horário de ponta. Os resultados apontam um potencial de conservação de energia elétrica de 47,6 % no sistema de iluminação, 23 % no sistema climatização e para os equipamentos específicos do ambiente hospitalar, estimou-se o potencial de conservação de 6 % no sistema de esterilização e 0,74 % no aparelho de Raios X. De forma geral, estima-se uma conservação de energia elétrica em torno de 20 % em comparação ao consumo atual. Assim, este trabalho mostra a grande importância de se combater o desperdício de energia elétrica no setor e os benefícios que as ações de conservação de energia trariam para a sociedade.

**Palavras-chave:** Gestão de energia. Gestão hospitalar. Potencial de conservação de energia elétrica.

## ABSTRACT

Pistori, Marcos F. **Evaluation and Propositions about Efficient End-Use Electricity Consumption in a Hospital Setting**. 2015. Monograph. Course of Electrical Engineering, Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2015.

Due to the energy crisis and the scarcity of natural resources, the necessity of energy conservation, as well as the financial benefits of this activity, has been highlighted. According to this scenario, health care facilities, mainly hospitals, are the institutions which widely make use of electricity in their activities. Therefore, this study aims to estimate potential energy savings from the development of an energy efficiency project in a small hospital (which has about 150 beds). This paper analyzes the technical feasibility of specific performance in lighting, air conditioning and hospital equipment. From energy audits, the case study done in CASSEMS Hospital Association included, besides the simple exchange of equipment and analysis of the thermal load, the analysis of the tariff framework and the viability of alternative generation at peak hours. The results indicate potential power conservation of 47.6% in the lighting system, 23% in the air conditioning system and, concerning specific hospital equipment, it was estimated a 6% potential conservation in the sterilization system and 0,74% in the X-ray machine. In general, it is estimated an electrical energy saving around 20% compared to current consumption. This work shows the great importance of avoiding the waste of energy in the hospital sector and the benefits that energy conservation actions would bring to society.

**Keywords:** Power management. Hospital Management. Potential of Electricity Saving.

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo de eletricidade por setor no Brasil.....	16
Figura 2 – Consumo Energético do Setor Comercial no Brasil .....	16
Figura 3 – Gráfico típico gerado a partir do analisador de energia.....	29
Figura 4 - Componentes de controle de luz em luminárias. ....	50
Figura 5 - Bisturi eletrônico.....	57
Figura 6 – Esterilizador a Vapor - HI SPEED. ....	58
Figura 7 – Bomba de infusão. ....	58
Figura 8 – Respirador hospitalar. ....	59
Figura 9 – Eletrocardiógrafo.....	59
Figura 10 – Incubadora Neonatal. ....	60
Figura 11 – Aparelho de Raios-X.....	61
Figura 12 – Foco cirúrgico de teto.....	61
Figura 13 – Layout das instalações do Hospital.....	64
Figura 14 – Exemplo da fatura de energia elétrica expedida pela concessionária....	66
Figura 15 – Planilha para levantamento de dados por inspeção.....	70
Figura 16 – Associação Hospitalar CASSEMS – Curva de carga e fator de potência semanal.....	75
Figura 17 – Associação Hospitalar CASSEMS – Curva de carga e fator de potência de um dia típico. ....	75
Figura 18 - Histórico de demanda no horário de ponta e fora de ponta. ....	78
Figura 19 - Máxima demanda medida no horário de ponta e fora de ponta.....	78
Figura 20 – Desagregação da potência instalada em iluminação por tecnologia utilizada. ....	86
Figura 21 – Tipos de luminárias ineficientes existentes na instalação em estudo.....	87
Figura 22 – Aparelhos de ar condicionado em má condição de uso. ....	89
Figura 23 – Sistema de Esterilização – Autoclaves.....	90
Figura 24 – Curva de carga do sistema de Esterilização – Autoclaves.....	90
Figura 25 – Histórico de realização de cirurgias na unidade em estudo. ....	91
Figura 26 – Curva de carga do aparelho de Raios-X. ....	93
Figura 27 - Exemplo de conexões ineficientes. ....	102
Figura 28 - Exemplo de quadros sem proteção e identificação.....	103
Figura 29 - Curva de carga de um dia típico do Hospital da Cassems.....	104

## LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação hospitalar .....	43
Quadro 2 - Classificação em Grupos dos estabelecimentos assistenciais.....	45
Quadro 3 - Vantagens e desvantagens entre os tipos de sistemas de climatização.	56
Quadro 4 - Descrição da fatura de energia elétrica.....	67

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Percentual de fatores que dificultam a conservação de energia .....	25
Tabela 2 - Carga térmica estimada. ....	38
Tabela 3 - Percentual de redução da carga instalada em relação ao tipo de luminária utilizada. ....	50
Tabela 4 - Valores médios de eficiência e vida média dos principais tipos de lâmpadas.....	51
Tabela 5 - Grandezas características da instalação hospitalar no período de um mês .....	76
Tabela 6 - Histórico de consumo do Hospital Cassems. ....	77
Tabela 7 - Tarifas de demanda nas modalidades horária Azul e verde. ....	80
Tabela 8 - Custo da demanda na modalidade horária azul. ....	81
Tabela 9 - Custo da demanda na modalidade horária verde.....	81
Tabela 10 - Custo do consumo na modalidade horária azul. ....	83
Tabela 11 - Custo do consumo na modalidade horária verde. ....	84
Tabela 12 - Grandezas do sistema de iluminação. ....	86
Tabela 13 - Potência instalada do sistema de climatização. ....	88
Tabela 14 - Ciclo ideal de esterilização. ....	91
Tabela 15 - Carga instala em focos cirúrgicos. ....	92
Tabela 16 - Consumo global desagregado em usos finais.....	94
Tabela 17 - Comparativo de tecnologias de iluminação. ....	96
Tabela 18 - Potencial de conservação do sistema de Iluminação.....	97
Tabela 19 - Potencial de conservação do aparelho de Raios-X.....	100
Tabela 20 - Potencial de conservação do sistema de Esterilização.....	101
Tabela 21 - Demanda registrada nas faturas de energia. ....	105
Tabela 22 - Comparação entre os custos da geração diesel e pela concessionária. ....	108

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO.....	17
1.2 OBJETIVO.....	18
<b>1.2.1 Geral</b> .....	18
<b>1.2.2 Específicos</b> .....	18
1.3 JUSTIFICATIVA.....	18
1.4 METODOLOGIA.....	20
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA.....	22
<b>2.1.1 Considerações sobre eficiência energética no setor hospitalar</b> .....	24
2.2 ASPECTOS TÉCNICOS DA DETERMINAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	26
<b>2.2.1 O diagnóstico energético</b> .....	27
2.2.1.1 <i>Análise das Contas de Energia Elétrica</i> .....	27
2.2.1.2 <i>Medição direta</i> .....	28
2.2.1.3 <i>Levantamento por inspeção</i> .....	29
<b>2.2.2 O consumo de energia elétrica e seus indicadores de uso</b> .....	29
2.2.2.1 <i>Consumo global</i> .....	30
2.2.2.2 <i>Consumo desagregado em usos finais</i> .....	30
2.2.2.3 <i>Indicadores de uso de energia elétrica</i> .....	31
2.2.2.3.1 Fator de carga.....	31
2.2.2.3.2 Consumo mensal por área útil.....	32
<b>2.2.3 Análise tarifária</b> .....	32
2.2.3.1 <i>Estruturas tarifárias</i> .....	32
2.2.3.2 <i>Bandeiras tarifárias</i> .....	33

<b>2.2.4 Potenciais de conservações de energia elétrica</b> .....	33
2.2.4.1 <i>Potenciais de conservações do sistema de iluminação</i> .....	34
2.2.4.2 <i>Potenciais de conservações do sistema de climatização</i> .....	36
2.2.4.3 <i>Potenciais de conservações de equipamento específicos</i> .....	39
<b>2.3 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE HOSPITALAR E SEU CONTEXTO ENERGÉTICO</b> .....	40
<b>2.3.1 Normatização e caracterização da infraestrutura do ambiente hospitalar</b>	41
<b>2.3.2 Demandas energéticas no ambiente hospitalar</b> .....	47
2.3.2.1 <i>Sistema de iluminação</i> .....	47
2.3.2.2 <i>Sistema de climatização</i> .....	53
2.3.2.2.1 Condicionadores de ar de janela .....	54
2.3.2.2.2 Condicionador tipo self-contained .....	55
2.3.2.2.3 Sistemas tipo splits.....	55
2.3.2.2.4 Sistemas tipo fan-coil/chiller .....	55
2.3.2.3 <i>Equipamentos médicos</i> .....	57
<b>3. METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	63
3.1 CARATERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	63
3.2 UNIDADE DE ANÁLISE .....	63
3.3 ETAPAS DA PESQUISA .....	65
<b>3.3.1 Levantamento de dados primários e secundários</b> .....	65
3.3.1.1 <i>Análise das contas de energia elétrica</i> .....	65
3.3.1.2 <i>Medição direta</i> .....	68
3.3.1.3 <i>Levantamento por inspeção</i> .....	68
<b>3.3.2 Instrumentos de coleta e registro de dados</b> .....	69
<b>3.3.3 Técnicas e ferramentas de análise de dados</b> .....	71
<b>4. ESTUDO DE CASO</b> .....	72
4.1 UNIVERSO DE ESTUDO- ASSOCIAÇÃO HOSPITALAR CASSEMS.....	72

4.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA .....	73
4.3 RESULTADOS OBTIDOS NO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	74
<b>4.3.1 Análise da fatura de energia elétrica .....</b>	<b>77</b>
4.3.1.1 <i>Demanda contratual</i> .....	78
4.3.1.2 <i>Enquadramento tarifário</i> .....	79
<b>4.3.4 Sistema de iluminação .....</b>	<b>85</b>
<b>4.3.3 Sistema de climatização .....</b>	<b>88</b>
<b>4.3.4 Equipamentos hospitalares .....</b>	<b>89</b>
<b>4.3.5 Desagregação do consumo por usos finais .....</b>	<b>94</b>
4.4 POTENCIAIS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	95
<b>4.4.1 Potenciais de conservação do sistema de iluminação .....</b>	<b>95</b>
<b>4.4.2 Potenciais de conservação do sistema de climatização .....</b>	<b>98</b>
<b>4.4.3 Potenciais de conservação de equipamentos hospitalares .....</b>	<b>99</b>
4.4.3.1 <i>Aparelhos de raios x</i> .....	99
4.4.3.2 <i>Autoclaves</i> .....	100
<b>4.4.4 Potenciais de conservação nos circuitos elétricos .....</b>	<b>102</b>
<b>4.4.5 Potenciais de conservação com geração alternativa .....</b>	<b>104</b>
4.4.5.1 <i>Dimensionamento do grupo gerador</i> .....	105
4.4.5.2 <i>Viabilidade econômica da implantação do grupo gerador</i> .....	106
5. CONCLUSÕES .....	110
REFERÊNCIAS .....	113
ANEXO A – CONSUMO DESAGREGADO EM USOS FINAIS .....	117
ANEXO B – NOÇÕES SOBRE TARIAS DE ENERGIA ELÉTRICA .....	120
ANEXO C – BANDEIRAS TARIFÁRIAS .....	127

## 1. INTRODUÇÃO

Após grande desenvolvimento entre os anos 50 e 70, o mercado brasileiro de energia elétrica passou por um período de dificuldade para acompanhar a velocidade do crescimento e a qualidade exigidas pelos consumidores (VILLA VERDE, 2000).

As crises nos anos 1985 e 2001 pela escassez de recursos, durante longos períodos de estiagem, aprofundou a crise no setor energético, aumentando o custo da energia para consumidor, principalmente devido a utilização das usinas termelétricas (BARDELIN, 2004).

Neste contexto a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL como objetivo de organizar as ações de eficiência energética no país, cria cláusulas de obrigatoriedade para conservação de energia, nos contratos de concessão das novas empresas distribuidoras, implicando a concessionária de energia reservar no mínimo de 1% de suas receitas operacionais para implementação de projetos de ineficiência energética (VILLA VERDE, 2000).

No entanto realizar uma análise no histórico da conservação de energia no Brasil é, contudo, uma tarefa bastante difícil, principalmente pela ausência de dados confiáveis, quando não pela total falta de registros dos resultados das ações empreendidas (EPE, 2014).

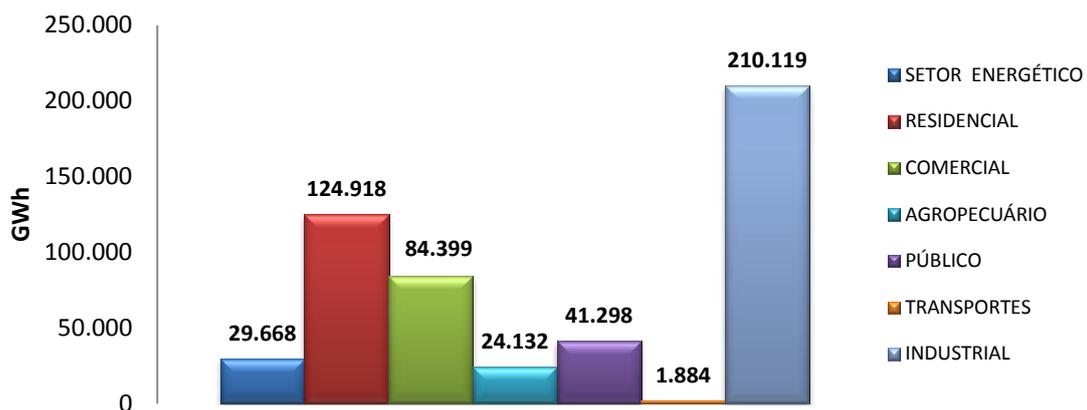
Nesse cenário crítico do setor elétrico surge, em 1986, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, como a primeira tentativa sistemática de promover o uso racional da eletricidade em nosso país. Com objetivo é de promover a racionalização da produção e uso da energia elétrica.

O Brasil, como a maioria dos países em desenvolvimento, possui um grande potencial energético, entretanto, ainda apresenta elevados índices de perdas e desperdício de energia elétrica. Perdas que, de acordo o PROCEL, corresponde á 40 milhões de kW por ano (BRASIL, 2011).

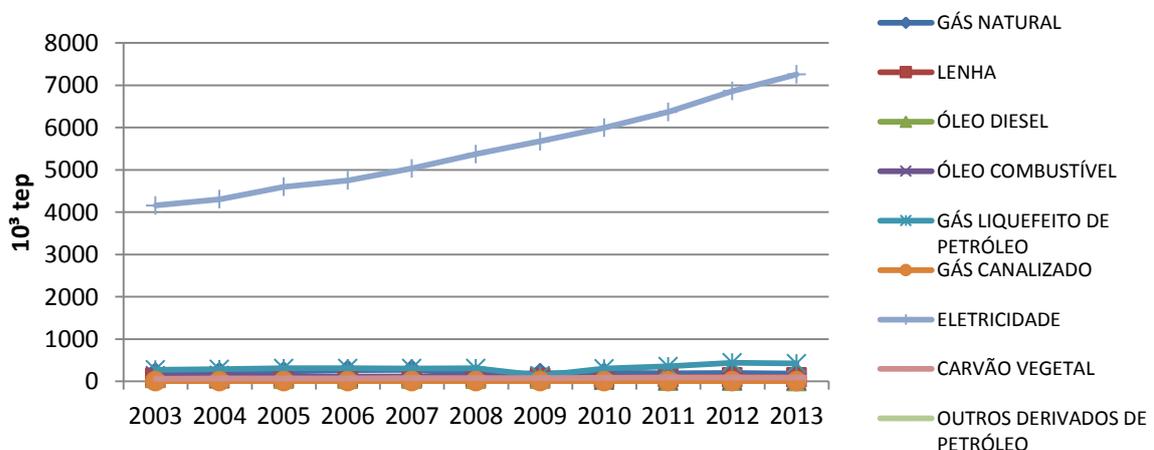
Dentre os vários setores brasileiros consumidores de energia elétrica, destaca-se o setor de saúde, que demanda diversos usos finais (SZKLO; SOARES; TOLMASQUIM, 2004) e muitas vezes se assemelha ao consumo de uma pequena indústria (SILVEIRA, 2008).

Hospitais são classificados como consumidores do setor comercial (EPE, 2014). Este segmento representa uma parcela significativa do consumo nacional que, de acordo com o relatório do Balanço Energético Nacional (EPE, 2014), corresponde a aproximadamente 16,3% do consumo dentre todos os setores brasileiros. Na Figura 1 pode-se verificar que consumo de energia elétrica no setor comercial, também conhecido como setor de serviço, no ano de 2013 chegou a aproximadamente 84.339 GWh (EPE, 2014).

Com base na mesma referência, a energia elétrica corresponde a aproximadamente 90% na composição do consumo energético neste setor, ficando os 10% restantes associados às demais classes de energia, como se pode observar na Figura 2.



**Figura 1 – Consumo de eletricidade por setor no Brasil**  
Fonte – Adaptado de EPE (2014).



**Figura 2 – Consumo Energético do Setor Comercial no Brasil**  
Fonte – Adaptado de EPE (2014).

## 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

O uso da energia elétrica nos ambientes hospitalares não é irrelevante, mas caracterizado por uma alta demanda devido, principalmente, a não interrupção das atividades para manutenção da vida. Tais atividades não se verificam em edifícios comerciais e residenciais, que possuem um perfil bem característico.

Mesmo analisando apenas hospitais de pequeno porte, ainda é difícil obter padrões característicos desse perfil de ambiente de saúde, pois há uma heterogeneidade nos sistemas encontrados nesse meio como, por exemplo, a existência ou não de leitos (VARGAS JÚNIOR, 2006). Entretanto, algumas características são padrões para a maioria dos hospitais, tais como a presença de lavanderia, usina de O<sub>2</sub>, mamógrafo.

Enfocando especificamente a conservação energética, Silveira (2008) observa que em vários hospitais na região sul do país muitas das ações com essa preocupação são realizadas de forma pontual, sem um planejamento mais amplo, envolvendo aspectos como cogeração, automação de sistema de iluminação, entre outras ações para eficiência da instalação elétrica. Essa abordagem pode ser considerada pouco eficiente, podendo até mesmo causar riscos aos usuários.

Considerando essas questões e, ainda, a amplitude dos usos finais de energia elétrica e seus impactos no orçamento hospitalar que, naturalmente, deve priorizar o uso de recursos financeiros em suas atividades-fim, releva considerar as possibilidades de conservação energética como forma de redução de custos. A Federação Brasileira de Hospitais complementa essa afirmativa indicando que o endividamento do setor é da ordem de R\$ 220 milhões e que, muitas vezes, essas organizações não se preocupam com o uso adequado da energia elétrica nas suas instalações (VARGAS JÚNIOR, 2006).

Nota-se, portanto, que o setor hospitalar utiliza de forma ampla a energia elétrica e seu consumo traz, como consequência, algum impacto ambiental. Diante desse cenário, uma das soluções de atenuação e limitação desses problemas é o uso racional da energia elétrica.

## 1.2 OBJETIVO

### 1.2.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em avaliar o sistema elétrico de um ambiente hospitalar de pequeno porte, visando a detectar aspectos com potencial de conservação em usos finais de energia elétrica e a propor medidas para minimizar o desperdício energético.

### 1.2.2 Específicos

Os objetivos específicos, que deram subsídios ao objetivo geral, foram:

- Analisar o histórico de consumo de energia elétrica da unidade consumidora;
- Identificar a curva de carga característica dos setores da unidade consumidora;
- Mapear o consumo de energia elétrica da unidade consumidora;
- Detectar oportunidades de conservação de energia elétrica;
- Propor medidas para a racionalização do consumo de energia elétrica.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Um projeto que aborde o tema eficiência energética em ambientes hospitalares visando à avaliação da estrutura existente e proposições de medidas de melhoria, particularmente no que tange aos sistemas de iluminação e climatização, pode conduzir à redução de despesas relativas à tarificação do consumo de energia elétrica, desonerando a administração organizacional com custos dessa natureza que não constituem sua finalidade.

Nas instalações de um ambiente de saúde, podem-se considerar as seguintes categorias de demanda de energia elétrica (DUART, *et al.*, 2008) -

- Sistema de iluminação;
- Sistema de climatização;
- Sistema de aquecimento de água;
- Sistema de exaustão;
- Sistema de força motriz;
- Equipamentos médicos;
- Sistema de informação.

Entre todos os equipamentos que demandam energia elétrica dentro dos ambientes hospitalares, os sistemas de iluminação e climatização são responsáveis por aproximadamente 64% do consumo total de energia elétrica (VARGAS JÚNIOR, 2006) podendo, por conta disso, serem considerados como aspectos de grande potencial para conservação de energia nesses ambientes.

Estudos feitos em hospitais brasileiros, classificados por Szklo, Soares e Tolmasquim (2004) como de pequeno porte (com número de leitos menor ou igual a 150), sugerem a existência de um potencial total de conservação de energia elétrica de 148,02 GWh/ano nos sistemas de iluminação e 174,69 GWh/ano em sistemas de climatização (VARGAS JÚNIOR, 2006). Já o Programa de Eficiência Energética, desenvolvido pelo Grupo de Eficiência Energética (GEE) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) e aplicado em 16 hospitais de diferentes portes, indica um potencial de redução de 7.090,43 MWh no consumo total de 25.427,96 MWh (DUART, *et al.*, 2008).

Até então, mesmo sendo pouco conhecido o perfil energético deste setor, há uma diferenciação importante quando comparado ao ambiente industrial, que possui indicadores específicos do consumo de energia, delimitados a condicionantes tecnológicos. Tais fatores não existem, a priori, nos estabelecimentos hospitalares. Estes últimos, na verdade, são dotados de uma grande variedade quando se diz respeito ao perfil quantitativo e qualitativo das atividades neles disponibilizadas refletindo, desta forma, diretamente em seus padrões de consumo de energia (SOARES, 2004).

## 1.4 METODOLOGIA

Na elaboração de uma pesquisa devem-se estabelecer alguns parâmetros para estruturação e planejamento que levem ao objetivo esperado. Segundo Silva e Menezes (2005), esta pesquisa pode ser classificada como de natureza aplicada, finalidade descritiva e abordagem predominantemente qualitativa.

Com procedimentos técnicos, o trabalho será desenvolvido na forma de estudo de caso, amparado por pesquisa bibliográfica e documental. A análise das informações será feita a partir da perspectiva hipotético-dedutiva, tomando por base as premissas técnicas postas no referencial teórico relacionadas à área de Conservação de Energia.

A metodologia específica a ser empregada nesta pesquisa é fundamentada por (DUART, *et al.*, 2008), que estrutura o processo da seguinte forma:

- Avaliação gerencial e planos de melhoria;
- Treinamento e conscientização dos usuários;
- Diagnóstico energético;
- Redução dos impactos ao meio ambiente.

Esta metodologia foi desenvolvida pelo Grupo de Eficiência Energética (GEE) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Foi implantada em 16 hospitais de diferentes portes, analisando várias oportunidades de conservação energética e atingindo uma redução de 27% do consumo final (DUART, *et al.*, 2008).

Considerando os objetivos e prazo para conclusão desse trabalho, dentre as etapas proposta por Duarte et al. (2008), realizou-se apenas o diagnóstico energético, bem como proposições de melhorias em eficiência energética. O foco nestas etapas justifica-se pelo prazo de conclusão desta pesquisa e de sua maior aderência ao campo da Engenharia Elétrica, uma vez que, em um plano gerencial, treinamentos e conscientização dos usuários necessitam de maior convivência no ambiente hospitalar, observando, analisando e descrevendo os comportamentos dos usuários para traçar um plano de melhorias. A possibilidade de atendimentos

emergenciais, comuns aos estabelecimentos de saúde, também poderia implicar em várias mudanças no agendamento das atividades da pesquisa.

Para realizar o diagnóstico energético, agregou-se às recomendações de Duarte et al. (2008) a metodologia fundamentada por Alvarez (1998) para determinação dos potenciais de conservação dos usos finais e as orientações do Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética – MPEE (ANEEL, 2008).

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em cinco etapas. No capítulo introdutório foram descritos os objetivos geral e específico que se procura atingir, além da justificativa de sua realização.

No capítulo dois será apresentada a fundamentação teórica sobre o tema, enfocando a importância da realização de diagnósticos de instalações elétricas em hospitais e a necessidade de analisar o potencial de conservação de energia elétrica. Foram abordados conceitos de conservação de energia, aspectos técnicos do diagnóstico energético, caracterização do ambiente hospitalar e seu perfil energético.

O capítulo três expõe a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa.

O capítulo quatro faz menção ao estudo de caso e à aplicação da metodologia, são apresentados os potenciais de conservação de energia identificados no estudo de caso.

No capítulo cinco traz a conclusão do trabalho e sugestões de trabalhos futuros que poderão vir a enriquecer a pesquisa realizada.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O setor hospitalar é um setor cujos usos energéticos ainda pouco se tem conhecimento. O presente capítulo traz a definição sobre a eficiência e conservação energética, considerando principalmente o setor hospitalar, estabelecendo conceitos específicos do diagnóstico energético, potenciais de conservação de energia e caracterização do ambiente hospitalar.

### 2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

De acordo com EPE (2011, p.4), por definição,

A eficiência energética é a relação entre a quantidade de energia final utilizada e de um bem produzido ou serviço realizado.

É importante compreender o conceito de conservação de energia elétrica. Conservar energia quer dizer melhorar a maneira de utilizá-la, reduzindo custos e sem perder, em momento algum, a eficiência e a qualidade dos serviços. (BRASIL, 2011)

Entretanto, conservar a energia elétrica não é uma questão apenas de aperfeiçoar as técnicas de sua produção, transmissão e distribuição, e sim aprimorar uma das vertentes que possam direcionar o consumo eficiente, visto que a conscientização dos usuários e mudança de hábitos também agregam nas ações a implementação de um projeto de eficiência energética. Muitas vezes confunde-se conservação de energia com racionamento. No entanto, conservar é permitir o contínuo fornecimento de energia com qualidade de vida, conforto e segurança, sem comprometer o desenvolvimento social. O que por sua vez não pode ser alcançado com o racionamento dos insumos energéticos que, como o próprio no sugere, limita a disponibilidade de energia elétrica para o consumidor (JANNUZZI; SWISHER, 1997).

Em sua maioria, as ações voltadas à conservação de energia adotadas a nível mundial são medidas voluntárias e estão em vigência desde a década de setenta, devido à crise do petróleo (SOUZA, *et al.*, 2009).

A partir da década de oitenta, por sua vez, surgiram em vários países medidas para otimizar a gestão energética por meio de programas de gerenciamento e planejamento, como Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD) e Planejamento Integrado de Recursos (PIR), que foram implantados principalmente nos Estados Unidos, Canadá e Dinamarca. Tais programas visavam, sobretudo, a eficiência nos usos finais de energia e a ações que focassem na redução do consumo nos horários de maior demanda, podendo também controlar o sincronismo e a qualidade de energia elétrica exigida pelos clientes (SILVEIRA, 2008).

As primeiras iniciativas para a disseminação do ideal sobre a conservação de energia foram propostas no Brasil em 1975, através do Grupo de Estudo sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE), que realizou seminários e pesquisas sobre eficiência para cada estágio da manufatura da energia elétrica a partir de recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

Existem, no Brasil, diversos mecanismos de promoção à eficiência energética e conservação de energia, incentivados pelo Ministério de Minas e Energia (MME), como por exemplo:

- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL;
- Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET;
- Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE;

Criado em 1985, coordenado pelo MME e operacionalizado pela Eletrobrás, o PROCEL foi convertido em Programa de Governo por meio de decreto em 1991. O Programa é constituído por diversos subprogramas, dentre os quais se destacam ações nas áreas de iluminação pública, industrial, saneamento, educação, edificações, prédios públicos, gestão energética municipal, informações, desenvolvimento tecnológico e divulgação. As ações de marketing, notadamente a Etiquetagem, o Selo e o Prêmio PROCEL, são responsáveis por cerca de 98% dos resultados do Programa.

Fruto de um convênio de cooperação entre a Eletrobrás e a Eletrosul, o Programa Eletrosul Procel Hospitalar foi criado em 2003 como uma espécie de subnúcleo do subprograma de prédios públicos do PROCEL. Seu intuito visa à implementação de projetos de eficiência energética especificamente em hospitais

públicos federais, estaduais e municipais. Atualmente, os projetos são voltados a equipamentos referentes aos sistemas de iluminação e climatização, mais especificamente os aparelhos de ar condicionado do tipo janela, porém estudos estão sendo realizados objetivando a inclusão de outros tipos de sistemas como, por exemplo, motores para bombeamento, sistemas de ar comprimido, sistemas de ar condicionado central, caldeiras e aquecimento solar (VARGAS JÚNIOR, 2006).

### **2.1.1 Considerações sobre eficiência energética no setor hospitalar**

A demanda de energia em hospitais tem um perfil bem particular devido às suas atividades, caracterizadas principalmente pela necessidade de alta confiabilidade e qualidade do fornecimento de energia, visto que grande parte dos equipamentos é destinada à manutenção da vida do paciente.

Após a crise energética em 2001, devido ao racionamento de energia elétrica, os consumidores de todo o país, inclusive o setor hospitalar, se viram na necessidade de aderir à lógica ou a programas de eficiência energética para cumprirem suas metas de redução de consumo de eletricidade. A partir desse fato, resultados foram alcançados rapidamente, sendo que as metas de conservação que eram projetadas para o ano de 2015 foram alcançadas em poucos meses (VARGAS JÚNIOR, 2006).

Entretanto, muitas vezes as mudanças que buscam a eficiência são feitas de forma pontual e sem nenhum planejamento, o que faz desta alternativa até um problema para instalação elétrica, pois nas maiorias das vezes são realizados apenas alguns improvisos. A consequência pode ser desde a utilização ineficiente da energia até mesmo colocar em risco as instalações de todo o estabelecimento (SILVEIRA, 2008).

A partir de uma simples inspeção, dependendo de como é aproveitada a energia, podem-se levantar vários aspectos de conservação. No entanto, cabe destacar que para alcançar resultados mais significativos deve ser feito um estudo mais detalhado de engenharia, que analise o sistema elétrico hospitalar e adote medidas que impliquem na redução de demanda energética, mantendo-se as atividades e necessidades hospitalares nos seus níveis adequados, garantindo o conforto, bem estar e segurança de pacientes e funcionários. (SILVEIRA, 2008).

Sendo assim, a conservação de energia pode ser uma ferramenta importante até mesmo na administração hospitalar, pois, como visto anteriormente, a redução de gastos desnecessários na fatura de energia permite a utilização deste capital para outras atividades-fim que são de maior prioridade no ambiente hospitalar. Por que não implantar um programa para minimizar o desperdício energético neste tipo de instalação? Para esclarecer melhor essa pergunta verificou-se em Ontário, no Canadá, por meio da pesquisa elaborada por Jefferson (2006), quais são as principais barreiras que dificultam os esforços na busca de um uso racional da energia elétrica nas entidades hospitalares. Intitulada de “*Energy Efficiency Opportunities in Ontario Hospitals*”, a pesquisa pediu a todos os entrevistados para identificar fatores que dificultam os esforços sobre a conservação de energia. As respostas foram as seguintes listadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Percentual de fatores que dificultam a conservação de energia**

Fatores	%
Energia está fora da pauta de recursos	59,42
Sem dinheiro disponível internamente para eficiência	55,07
Falta programas de incentivos	44,93
Falta de suporte por parte do Ministério da Saúde (Canadá)	43,48
Eficiência não é um fator de planejamento de capital	24,64

**Fonte- Adaptado de Jefferson (2006).**

De acordo com Jefferson (2006), a maior barreira na realização da eficiência de energia levantada nos hospitais participantes da pesquisa foi relacionada aos recursos internos, no que tange aos recursos humanos para controlar os programas e os gastos com ações necessárias para conservação de energia.

No Brasil existem diferentes barreiras que limitam a implementação de medidas de eficiência energética em hospitais e sua importância varia de acordo com os setores, instituições e regiões. Entretanto, elas tendem a diminuir à medida que as tecnologias progredem e conquistam sua fatia de mercado (VARGAS JÚNIOR, 2006).

Para Vargas Junior (2006), os principais entraves para a adoção de medidas que visam à conservação energética são:

- Falta de prestadores de serviço com a especialização necessária para desenvolver projetos desse tipo;
- Recurso proveniente da conservação de energia não se reverte para o próprio órgão;
- Desinformação sobre os benefícios da conservação de energia;
- Incentivos mal alocados devido à falta de planejamento;
- Especificação correta na aquisição de equipamentos eficientes;
- Falta de incentivo pelas concessionárias de energia
- Produtos que ainda não atendem a requisitos mínimos de eficiência;
- Ausência de capital para investimentos em ações de conservação;

Como se pode observar, ainda existem aspectos importantes que limitam e até mesmo impedem a realização de medidas de eficiência energética nos ambientes hospitalares. Mesmo assim, pequenas ações tais como apagar a iluminação após o uso, agendamento das atividades não emergenciais para horários fora do horário de ponta e limpeza de luminárias podem, aos poucos, criar uma cultura mais racional dos usuários e funcionários e de alguma forma contribuir para a redução do consumo de energia elétrica.

Frente ao que foi abordado anteriormente, fica clara a relevância de um projeto de eficiência energética nas instalações hospitalares. Sendo assim, para garantir que as instalações elétricas atinjam os objetivos, é importante atentar-se às perdas na distribuição e às cargas mal dimensionadas e ineficientes.

Nesta abordagem, órgãos regulamentadores seguem uma padronização nos procedimentos de elaboração e execução do projeto e na manutenção das instalações elétricas (DOBES, 1997).

## 2.2 ASPECTOS TÉCNICOS DA DETERMINAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Obter eficiência energética envolve um conjunto bastante diversificado de ações, variáveis conforme a finalidade e o tipo de ocupação da instalação. Tal fato implica na existência de diversas metodologias de análise energética, cada qual com

suas peculiaridades necessárias à determinação correta dos potenciais de conservação daquela instalação.

### **2.2.1 O diagnóstico energético**

O diagnóstico energético tem como objetivo principal determinar as condições atuais da instalação sob o ponto de vista do uso de energia elétrica, identificando problemas e recomendando soluções de maior eficiência.

De maneira mais simplificada, pode-se compará-lo a uma radiografia sobre o desempenho energético de uma área específica de uma instalação consumidora como, por exemplo, o sistema de ar condicionado ou o sistema de iluminação. Através dele, avalia-se qual percentual de energia é efetivamente consumido e de que forma essa energia foi utilizada, mapeando a matriz energética da instalação, levantando os setores como maiores potenciais de conservação de energia elétrica.

Esta etapa deve ser realizada de forma crítica e bastante minuciosa. A partir das informações prestadas pelos usuários e do levantamento *in loco*, obtêm-se os dados necessários à determinação do potencial de conservação de energia elétrica de cada uso final.

#### *2.2.1.1 Análise das Contas de Energia Elétrica*

Uma fonte de dados relativamente confiável e de fácil acesso para a realização do diagnóstico são as contas de energia elétrica. Nelas, podem-se obter importantes informações sobre o uso de energia elétrica na instalação em análise. O acompanhamento e a análise das contas de fornecimento permitem avaliar as condições gerais de utilização de energia elétrica pela unidade consumidora e trazem indicadores para a gestão e a racionalização do seu uso.

Além disso, o resultado da análise permite também que o contrato de fornecimento com a concessionária de energia seja adequado às suas necessidades, o que pode implicar redução dos custos com eletricidade.

As principais informações geralmente disponíveis nas contas de energia elétrica são:

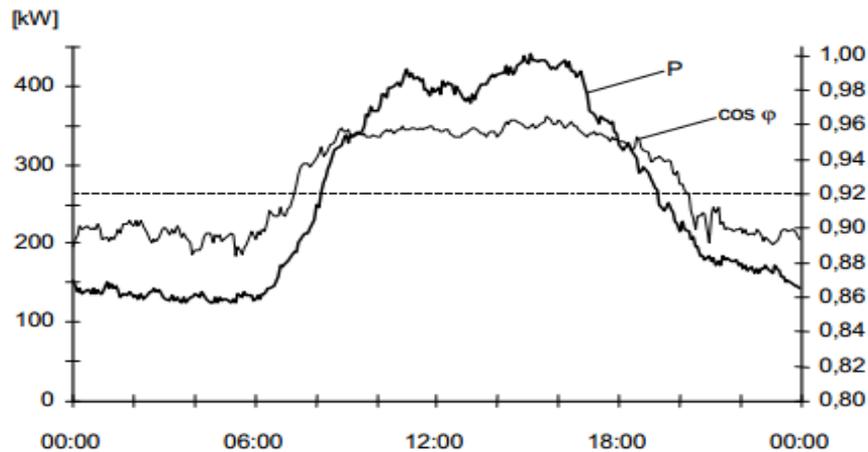
- Consumo de energia ativa [kWh];
- Consumo de energia reativa [kVarh];
- Demanda registrada [kW];
- Demanda faturada [kW];
- Demanda Contratada [kW];
- Fator de carga;
- Valor da Fatura [R\$].

### 2.2.1.2 Medição direta

Já a medição direta consiste no levantamento de dados monitorando diretamente o consumo de energia na cabine primária de alimentação ou de usos finais existentes na instalação.

Para realizar a medição pode ser utilizado o analisador de qualidade de energia, equipamento eletrônico microprocessador capaz de medir as grandezas elétricas de interesse. Dependendo da programação realizada no aparelho, em um registro podem-se obter as seguintes grandezas:

- Tempo (hh-mm-ss);
- Tensões de fase ( $V_A, V_B, V_C$ );
- Correntes de fase ( $I_A, I_B, I_C$ );
- Potências ativas ( $P_A, P_B, P_C$ );
- Potências reativas ( $Q_A, Q_B, Q_C$ ).



**Figura 3 – Gráfico típico gerado a partir do analisador de energia.**  
**Fonte – Extraído de Alvarez (1998).**

A partir da análise de tabelas e gráficos como ilustrados na Figura 3, pode-se estudar o perfil de consumo da instalação, identificando os períodos de maior e menor consumo, faltas de energia elétrica, picos de demanda, desempenho do fator de potência, entre outros aspectos (ALVAREZ, 1998).

### 2.2.1.3 Levantamento por inspeção

Esta fase exige muita observação, pois como o próprio nome sugere, corresponde ao procedimento de aquisição de informações sobre as características físicas e os hábitos de uso da instalação a partir da visualização e identificação do ambiente em questão. Trata-se de informações necessárias para complementar os dados coletados via medição direta e análise da conta de energia, totalizando o conjunto de ferramentas capazes de caracterizar o perfil de consumo de energia elétrica de uma instalação (ALVAREZ, 1998).

### 2.2.2 O consumo de energia elétrica e seus indicadores de uso

Para realizar proposições sobre o uso eficiente de energia elétrica de uma instalação é primordial conhecer detalhadamente o perfil de consumo do ambiente desejado. Sendo assim, pode-se dividir o consumo da instalação em dois. Primeiro, o consumo global; e segundo, mas não menos importante, o consumo desagregado em usos finais.

### 2.2.2.1 Consumo global

Em todo estudo de eficiência energética é imprescindível conhecer o consumo global da instalação para poder identificar os potenciais de conservação de energia e tomar as ações de eficiência mais eficazes.

Como base no consumo global, é possível determinar a demanda média que, em conjunto com a demanda máxima, fornece o fator de carga da instalação. Este fator é um indicador muito interessante na análise da performance do consumo da instalação (ALVAREZ, 1998).

Há três formas de se determinar o consumo global de uma instalação. Primeiramente, através da consulta das contas de energia elétrica expedidas pela concessionária; a segunda forma é a medição direta na entrada das cabines de alimentação e a terceira (um pouco menos exata) é o levantamento *in loco* dos equipamentos e seus respectivos consumos (ALVAREZ, 1998).

No entanto, as três formas possuem suas limitações. As faturas expedidas pelas concessionárias não conseguem retratar o consumo diário, semanal e desagregado em usos finais, o que já pode ser possível no processo de medição direta. Este, por sua vez, pode ficar restrito quando as instalações não possuem circuitos separados em usos finais ou até mesmo por sua disponibilidade, devido à necessidade da utilização de equipamentos caros como analisadores de energia. Por fim, devido às barreiras existentes nas instalações, muitas vezes acaba sendo utilizado o levantamento *in loco*, realizando-se a inspeção visual e a estimativa do consumo (ALVAREZ, 1998).

### 2.2.2.2 Consumo desagregado em usos finais

Para a análise e identificação dos potenciais de conservação é importante conhecer, além do consumo global, a influência de cada uso final no consumo total da unidade consumidora, facilitando a identificação os pontos da instalação com potenciais de conservação de energia elétrica (ALVAREZ, 1998).

Uma forma adequada de desagregar o consumo global em consumos por usos finais é a medição direta dos circuitos de alimentação de cada sistema (iluminação, climatização, tomadas, etc.). Entretanto, como já mencionado, a maioria

das instalações elétricas não possuem circuitos de alimentação independentes, o que torna difícil a medições desses segmentos individualmente (ALVAREZ, 1998).

Nas situações em que não seja possível realizar a medição direta do circuito de alimentação, a desagregação do consumo global poderá ser realizada a partir dos fatores de carga e de demanda dos usos finais, como ilustrado em anexo A - Consumo desagregado em usos finais, fundamentado por Alvarez (1998).

### *2.2.2.3 Indicadores de uso de energia elétrica*

Indicadores do uso de energia elétrica consistem em uma importante ferramenta para a realização de um diagnóstico energético. Através de informações obtidas na fase de levantamento de dados, podem-se determinar vários indicadores capazes de identificar o perfil de consumo do sistema em análise. Entretanto, devido à relevância para esse estudo, apenas serão detalhados dois indicadores (ALVAREZ, 1998).

#### *2.2.2.3.1 Fator de carga*

Consiste em um indicador capaz de relacionar a demanda média e a demanda máxima registradas em um dado intervalo de tempo. É muito empregado para identificar se a energia elétrica está sendo utilizada de forma correta, pois um fator de carga elevado sinaliza que as cargas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo sinaliza que o consumo de energia foi concentrado num curto período de tempo, proporcionando uma demanda elevada.

Segundo a resolução normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010 da ANEEL, o fator de carga é definido como sendo a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado. Também se pode afirmar que o fator de carga é a razão entre a energia ativa consumida e a energia máxima que poderia ser utilizada em um dado intervalo de tempo (ANEEL, 2015).

#### 2.2.2.3.2 Consumo mensal por área útil

O indicador consumo mensal por área útil é calculado através da divisão do consumo mensal total da instalação pela sua área útil, utilizado na comparação de instalações que possuem atividades semelhantes, sendo expresso em kWh/mês.m<sup>2</sup> (ALVAREZ, 1998).

### 2.2.3 Análise tarifária

Dadas as alternativas de enquadramento tarifário disponíveis pelas concessionárias para alguns consumidores, o conhecimento da formação da conta e dos hábitos de consumo permite escolher a forma de tarifação mais adequada e que resulta em menor despesa com a energia elétrica.

Desta forma, é fundamental para qualquer tomada de decisão em relação a projetos de eficiência energética a compreensão da forma como esta é cobrada e como são calculados os valores apresentados nas faturas de energia elétrica, que são expedidas mensalmente pelas concessionárias de energia (BRASIL, 2011).

A partir do estudo detalhado de no mínimo dois anos das informações de consumo (kWh) e demanda<sup>1</sup> (kW) existentes nas faturas de energia elétrica, é possível identificar o perfil de uma determinada instalação (BRASIL, 2011).

#### 2.2.3.1 Estruturas tarifárias

Define-se estrutura tarifária como sendo o conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento (ELEKTRO, 2013).

No Brasil, as tarifas do Grupo A, são estruturadas em três modalidades de fornecimento, relacionadas a seguir:

- Estrutura tarifária Convencional;
- Estrutura tarifária horária Verde;
- Estrutura tarifária horária Azul.

---

<sup>1</sup> Disponível somente para clientes que fazem uso da tarifa binômia.

### 2.2.3.2 Bandeiras tarifárias

Com o objetivo de sinalizar o custo da compra de energia elétrica, as bandeiras tarifárias permitirão que os consumidores ajustem seu consumo mediante os atuais custos de geração de energia (ANEEL, 2015).

Segundo a Aneel (2015) o sistema de bandeiras tarifárias está dividido em três cores e indicam o seguinte:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. Sem acréscimos na tarifa;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. Acréscimo de R\$ 0,025 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha: condições mais custosas de geração. Acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

### 2.2.4 Potenciais de conservações de energia elétrica

Após determinar os principais usos finais de energia elétrica por meio da desagregação do consumo global, pode-se identificar o potencial de conservação de energia elétrica por usos finais da instalação, contribuindo na tomada de decisões na gestão energética.

Dentre os vários usos finais existentes, há uma forma específica para avaliar o potencial de conservação, seguindo sempre a premissa de que o potencial de conservação é determinado na comparação entre o consumo do sistema existente com o consumo do sistema proposto.

As ações para promover a conservação de energia podem ser divididas em dois grupos:

- Ações de intervenção;
- Ações de conscientização.

Como o próprio nome sugere, as ações intervencionistas consistem em soluções mais rápidas relacionadas com mudança de tecnologia da instalação

existente, substituindo equipamentos ineficientes, automatizando o sistema entre outras alternativas capazes de aumentar a eficiência energética.

Já de forma complementar, as ações de conscientização consistem em soluções em longo prazo capazes de interferir na cultura das pessoas. Assim, são ações necessárias que promovem mudanças nas atitudes e costumes dos usuários, educando sobre o uso racional da energia.

#### *2.2.4.1 Potenciais de conservações do sistema de iluminação*

Responsável por 30,4% do consumo de energia elétrica nas unidades hospitalares de pequeno porte (TOLMASQUIM, *et al.*, 2003), o sistema de iluminação é um dos usos finais essenciais a ser analisado na realização de um diagnóstico energético para este setor.

Um das ações corretivas empreendidas com mais frequência é a substituição direta da tecnologia original por outra mais moderna e eficiente que, nesse caso específico, seria a substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescentes ineficientes por lâmpadas fluorescentes de maior eficiência, ou até mesmo iluminação a LED. Entretanto, nesses casos, é importante a realização de um novo projeto luminotécnico para adequação da iluminação, não permitindo que o ambiente fique com pouco ou excesso de iluminamento, prejudicando a saúde dos pacientes.

Outro aspecto importante para maior eficiência do sistema de iluminação é a implementação de um programa efetivo de manutenção, atuando como mecanismo no combate ao desperdício. A manutenção deve ser baseada em medidas de prevenção e correção, sendo assim, necessário monitorar o sistema de iluminação através de rotas de inspeção, executando preventivas e detectando anormalidades visíveis fisicamente.

Como já mencionado, a educação e conscientização dos usuários do sistema de iluminação também podem contribuir para reduções significativas do consumo de energia elétrica. Desta forma, paralelamente à manutenção, devem-se criar programas internos para a conscientização sobre o consumo racional.

Várias são as ações capazes de aumentar a eficiência do sistema de iluminação. Segundo Alvarez (1988), podem-se citar as principais como:

- Utilização de novas tecnologias;
- Aproveitamento da iluminação natural;
- Segmentar os acionamentos do sistema de iluminação;
- Sistemas automáticos de acionamento da iluminação;
- Gerenciamento da energia;
- Manutenção periódica;
- Cultura da conscientização;

No caso da substituição da tecnologia, o potencial de conservação do sistema de iluminação pode ser calculado por meio da potência instalada operante e da potência prevista para a instalação a partir da aplicação das diversas alternativas eficientes propostas, seguindo uma dentre as equações (6) ou (7) (ALVAREZ, 1998).

$$PC = 100 \times \left(1 - \frac{P_N}{P_{Atual}}\right) \quad [\%] \quad (1)$$

Ou

$$PC = C_{iluminação} \times \left(1 - \frac{P_N}{P_{Atual}}\right) \quad [KWh] \quad (2)$$

Onde:

PC- Potencial de conservação de energia a partir da substituição de tecnologia;

$P_N$ - Potência instalada com a nova tecnologia de iluminação;

$P_{Atual}$ - Potência atualmente instalada em iluminação;

$C_{iluminação}$ - Consumo desagregado em iluminação.

Outra maneira de proporcionar a redução do consumo do sistema de iluminação é a utilização de detectores de presença, permitindo a maior autonomia do sistema. Assim, pode-se estabelecer a relação de controle a partir da movimentação dos usuários da instalação.

A eficácia dessa medida está diretamente relacionada com a frequência na qual os usuários abandonam os ambientes controlados. Dessa forma, cálculos precisos do potencial de conservação de energia elétrica proporcionados pelo uso de detectores de presença só podem ser realizados em ambientes onde se conheça

de antemão os horários de ociosidade. Nesse caso, o potencial de conservação pode ser calculado pelas equações (8) ou (9) (ALVAREZ, 1998).

$$PC = 100 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\Delta t_{\text{ociosidade}i}}{\Delta t_{\text{Total}i}} \quad [\%] \quad (3)$$

ou

$$PC = \sum_{i=1}^n P_{\text{Luminarias}i} \cdot \Delta t_{\text{ociosidade}i} \quad [\text{kWh}] \quad (4)$$

Onde:

PC - Potencial de conservação devido ao uso de detectores de presença.

$\Delta T_{\text{OCIOSIDADE}i}$  - Período de tempo que o ambiente “i” permanece desocupado.

$\Delta T_{\text{TOTAL}i}$  - Período de trabalho do ambiente “i”.

$P_{\text{LUMINARIAS}i}$  - Potência instalada nas luminárias controladas no ambiente “i”.

N - Número de ambientes controlados por detectores de presença.

Nos casos em que o comportamento dos usuários não for previsível, recomenda-se a utilização de valores conservativos obtidos em estudos similares.

#### 2.2.4.2 Potenciais de conservações do sistema de climatização

Os sistemas de climatização representam grande participação no consumo global das unidades hospitalares, de acordo com Lima e David (1996). Representando aproximadamente 49% do consumo da instalação, tal quantia se justifica devido à importância da adequação térmica para o processo de cura dos pacientes.

Como o sistema de iluminação, o sistema de condicionamento de ar apresenta grande oportunidade de conservação de energia, normalmente em razão do mau dimensionamento dos projetos elétricos e isolamento térmico, além da utilização de equipamentos ultrapassados e ineficientes (ALVAREZ, 1998).

O potencial de conservação de energia elétrica do uso final de climatização pode ser calculado a partir da comparação entre o consumo atual e o consumo esperado na utilização de sistemas mais eficientes. O consumo atual é obtido, como já visto, a partir da desagregação do consumo global da instalação. Já o consumo estimado para um sistema mais eficiente pode ser obtido pela equação (10) (ALVAREZ, 1998).

$$\text{Consumo} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot \Delta t_i}{1000 \cdot \text{EER}_i} \quad (5)$$

Onde:

Consumo = consumo mensal estimado do uso final de climatização;

$C_i$ - Capacidade do equipamento em [btu/h];

$\Delta t$ - Tempo de operação do aparelho de ar;

EER- Eficiência do novo sistema de climatização em [btu/h/w].

Para escolher a capacidade do equipamento adequado para cada ambiente é necessário calcular a carga térmica do ambiente desejado. Entretanto, o cálculo exato desse parâmetro não é simples, visto que o mesmo depende de vários aspectos como área útil, pé direito, quantidade de portas, janelas, orientação solar, entre outros. Sendo assim, determinar a capacidade térmica do ambiente torna-se muito complexo, dependendo das características da instalação, saindo do foco de um diagnóstico energético (ALVAREZ, 1998).

Uma estimativa aproximada da carga térmica de ambientes pode ser feita com auxílio da Tabela 2, extraída da obra de Alvarez (1998). Esta tabela ilustra a carga térmica estimada em função da área climatizada, da orientação solar e das características da cobertura. Desta forma, os valores ainda devem sofrer acréscimo de 600 btu/h para cada usuário do ambiente que exceder o número de dois.

Tabela 2 - Carga térmica estimada.

Área [m <sup>2</sup> ]	Carga Térmica [Btu/h]								
	Pavimento			Forro			Laje descoberta		
	Sombra	Sol Manhã	Sol tarde	Sombra	Sol Manhã	Sol tarde	Sombra	Sol Manhã	Sol tarde
15	6.000	8.000	10.000	7.000	10.000	12.000	8.000	11.000	14.000
20	6.000	8.000	11.000	8.000	12.000	14.000	11.000	14.000	14.000
30	6.000	8.000	12.000	10.000	14.000	16.000	14.000	18.000	17.000
40	7.000	10.000	13.000	12.000	14.000	17.000	16.000	18.000	22.000
60	10.000	14.000	17.000	16.000	20.000	23.000	22.000	30.000	30.000
70	10.000	14.000	18.000	18.000	22.000	30.000	23.000	30.000	30.000
90	12.000	16.000	20.000	22.000	30.000	30.000	30.000	30.000	40.000

Fonte – Extraído de Alvarez (1998).

É importante observar que a metodologia de cálculo apresentada estima somente a redução do consumo de energia elétrica conseguida através de intervenções no sistema de ar condicionado atual, não considerando a diminuição de carga térmica proporcionada pelo uso mais racional e eficiente de equipamentos consumidores de energia elétrica dos ambientes climatizados.

O cálculo da energia elétrica conservada mediante a redução da carga térmica irradiada pelos equipamentos elétricos de um ambiente pode ser calculado a partir do EER dos aparelhos de ar condicionado, através da equação (11) (ALVAREZ, 1998).

$$E_{\text{Economizada}} = 3,4121 \cdot \frac{P_{\text{REDUÇÃO}} \cdot \Delta t}{\text{EER}} \quad [\text{kWh}] \quad (6)$$

Onde:

$E_{\text{Economizada}}$  - Energia economizada em ar condicionado.

$P_{\text{REDUÇÃO}}$  - Redução de demanda média do equipamento em kWh.

$\Delta t$  - Tempo de operação com demanda reduzida.

$\text{EER}$  - Eficiência do aparelho de ar condicionado.

É importante observar que a equação (11) é válida apenas para sistemas bem dimensionados, onde a carga térmica do ambiente é inferior à capacidade do aparelho de ar condicionado. Em ambientes em que não ocorra essa situação,

reduções da carga térmica (substituição do sistema de iluminação atual por um mais eficiente, por exemplo) não implicam, necessariamente, em uma redução do consumo de aparelho de ar condicionado, uma vez que ele continuará demandando sua potência nominal continuamente enquanto a carga térmica do ambiente não for inferior a sua capacidade.

Outra forma de racionalizar o consumo de energia elétrica do sistema de climatização é estudar a viabilidade econômica de instalar um sistema de termo acumulação de gelo ou água gelada, o que permitirá deslocar o consumo elétrico do sistema de ar condicionado para o horário de ponta. Neste caso, o potencial de redução pode ser calculado através de simulações tarifárias considerando a redução da demanda contratada na ponta e do deslocamento da demanda e do consumo para horários fora de ponta.

#### *2.2.4.3 Potenciais de conservações de equipamento específicos*

Para o cálculo do potencial de conservação de energia elétrica de determinado equipamento, é necessária a realização do estudo detalhado do seu ciclo de operação, pois por meio da compreensão do seu funcionamento é possível identificar ações capazes de minimizar o consumo. Essas ações geralmente seguem as seguintes alternativas:

- Substituição da tecnologia por outra mais eficiente;
- Gestão do seu consumo, modificando ciclos de operação;
- Manutenção preventiva e corretiva.

Em muitos casos, equipamentos ultrapassados ainda estão em uso por falta de recursos para a compra de tecnologias mais modernas ou até mesmo comodismo e falta de instrução dos gestores responsáveis, sendo interessante a comparação entre o consumo atual e o consumo de equipamentos mais eficientes capazes de desempenhar as mesmas atividades ou até de forma mais eficaz, mas demandando menor consumo de energia.

Outro aspecto importante é o estudo da viabilidade de implementação de temporizadores ou sistema de gestão de carga a fim de reduzir o consumo mensal.

Aparelhos que funcionam durante longos períodos possuem grande potencial de conservação, tendo em vista que muitas vezes permanecem ligados por falta de consciência dos usuários, podendo ser desligados por pequenos períodos, resultando no fim do mês em significativa redução do consumo.

Entretanto, não se pode esquecer a limpeza das instalações e manutenção dos equipamentos tendo em vista que esses aspectos estão diretamente relacionados ao rendimento e desempenho da máquina.

O potencial de conservação de energia elétrica a partir de sistemas de gestão de energia ou temporizadores, de acordo com Alvarez (1998), pode ser determinado aplicando a equação (12).

$$PC = \sum_{i=1}^n (P_{MÉDIA} - P_i) \cdot \Delta t_i \quad (7)$$

Onde:

**PC**- Percentual de conservação de energia elétrica;

**P<sub>i</sub>**- Potência reduzida do equipamento no período  $\Delta t_i$ ;

**P<sub>Médio</sub>**- Potência média do equipamento em operação contínua;

**$\Delta t_i$** - Intervalo de tempo no qual o equipamento opera com demanda **P<sub>i</sub>**;

**N**- Número de período de operações diferentes.

### 2.3 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE HOSPITALAR E SEU CONTEXTO ENERGÉTICO

Os setores de um estabelecimento de saúde são classificados de acordo com os procedimentos a serem realizados em suas dependências, sendo os membros do corpo clínico os responsáveis por estabelecer quais serão os procedimentos realizados. Prevalendo o procedimento com maior nível de complexidade (MIYASHIRO, 2013).

Dentre os estabelecimentos de saúde destacam-se os hospitais, representando 27% destes estabelecimentos (IBGE, 2009). Os hospitais possuem uma característica bem específica que é a presença de leitos destinados à

internação, o que se pode considerar uma delimitação importante visto que o número de leitos é um indicador relevante para o consumo de energia elétrica nestas instalações.

O ambiente hospitalar, na maioria das vezes, é visto por pacientes e profissionais como um ambiente duro e estressante, o que influencia na saúde dos mesmos. O edifício hospitalar é um ambiente frio, “sem vida”, com cheiro de éter, aparelhos barulhentos, grande movimentação de pessoas, frequentemente mal iluminado, com colorações que não proporcionam bem-estar, causam irritação, frustração e mau humor. As formas e as texturas são geralmente compostas de uma maneira monótona e distante (VASCONCELOS, 2004).

Essas características tornam esse tipo de estabelecimento ainda mais peculiar, salientando que a importância do conforto térmico e luminoso adequado nestas instalações está estritamente relacionada às suas atividades. Hospitais são caracterizados pela necessidade de alta confiabilidade e qualidade do fornecimento de energia, visto que grande parte dos equipamentos é destinada à manutenção da vida do paciente.

Neste contexto, é importante proporcionar conforto e segurança aos funcionários e pacientes durante cada atividade ou função desenvolvida neste tipo de ambiente, estabelecendo requisitos específicos de segurança que devem ser respeitados.

### **2.3.1 Normatização e caracterização da infraestrutura do ambiente hospitalar**

Para uma melhor organização, a estrutura dos ambientes hospitalares pode ser dividida de acordo com a finalidade do setor e segundo a prioridade de alimentação elétrica (MIYASHIRO , 2013).

Santana (1999), por sua vez, organiza os estabelecimentos assistenciais para uma melhor compreensão da seguinte forma:

- Centro Cirúrgico - salas de cirurgia, centros obstétricos e sala de recuperação pós-anestesia;

- Salas de Métodos Invasivos não Cirúrgicos - são as salas onde ocorrem procedimentos invasivos, ou seja, são locais onde existem procedimentos hospitalares que invadem o corpo do paciente. Exemplos: sala de hemodinâmica e enfermaria;
- Unidades de Tratamento Intensivo - correspondem aos setores destinados aos pacientes em estado grave, pré ou pós-cirúrgico. São áreas em constante monitoração;
- Salas de Métodos Não-Invasivos - são as salas onde ocorrem procedimentos não invasivos e outros procedimentos não médicos, tais como secretaria, arquivos, vestiário e recepção;
- Áreas de Grandes Cargas - salas que apresentam grandes cargas e muitas vezes são esquecidas, embora forneçam suporte aos estabelecimentos. Exemplos: laboratórios, lavanderia e cozinha.

Segundo Brasil (1977), dependendo de suas características, os hospitais podem ser classificados de acordo com os conceitos apresentados no Quadro 1.

Especialidade	Hospital Geral	É o hospital destinado a atender pacientes portadores de doenças das várias especialidades médicas. Poderá ter a sua ação limitada a um grupo etário (hospital infantil), a determinada camada da população (hospital militar, hospital previdenciário) ou a finalidade específica (hospital de ensino).
	Hospital Especializado	É o hospital destinado, predominantemente, a atender pacientes necessitados da assistência de uma determinada especialidade médica.
Atendimento	Hospital-dia	É a modalidade de atendimento em hospital na qual o paciente utiliza, com regularidade, os serviços da instituição, na maior parte do dia, para fins de tratamento e/ou reabilitação.
	Hospital-noite	É a modalidade de atendimento em hospital na qual o paciente utiliza, com regularidade, os serviços e o leito hospitalar, durante o período noturno.
Permanência	Hospital de curta	É aquele cuja média de permanência de pacientes internados não ultrapassa 30 (trinta) dias.
	Hospital de longa	É aquele cuja média de permanência de pacientes internados ultrapassa 30 (trinta) dias.
Destinação	Hospital Local	É o hospital destinado a servir à população de determinada área geográfica, prestando, no mínimo, assistência nas áreas básicas de clínica médica, pediátrica, cirúrgica, obstétrica e de emergência.
	Hospital Distrital	É o hospital geral que, além de prestar assistência médico-cirúrgica própria de hospital local a uma população determinada, presta serviços mais especializados a pacientes encaminhados de sua e de outras localidades, enviando pacientes necessitados de assistência mais complexa a um hospital de base.
	Hospital de base	É o hospital geral destinado a constituir-se em centro de coordenação e integração do serviço médico-hospitalar de uma área, devendo estar capacitado a prestar assistência especializada mais diferenciada a pacientes encaminhados de Hospitais Distritais, além da assistência médico-cirúrgica própria de hospital local.
	Hospital de ensino ou universitário	É o hospital geral com as características e funções do Hospital de Base, utilizado por Escolas de Ciências da Saúde, como centro de formação profissional.
Patrimônio	Hospital Estatal	É o que integra o patrimônio da União, Estado, Distrito Federal e Município (pessoas jurídicas de direito público interno), autarquias, fundações instituídas pelo Poder Público, empresas públicas e sociedades de economia mista (pessoas jurídicas de direito privado).
	Hospital privado	É o hospital que integra o patrimônio de uma pessoa natural ou jurídica de direito privado, não instituída pelo Poder Público.
	Hospital Beneficente	É o que integra o patrimônio de pessoa jurídica de direito privado, instituído e mantido por contribuições e doações particulares.
Porte	Hospital de pequeno porte	É o hospital que possui capacidade normal ou de operação de até 50 leitos.
	Hospital de médio porte	É o hospital que possui capacidade normal ou de operação de 50 a 150 leitos.
	Hospital de grande porte	É o hospital que possui capacidade normal ou de operação de 150 a 500 leitos. Acima de 500 leitos considera-se <i>hospital de capacidade extra</i> .

**Quadro 1 – Classificação hospitalar**  
**Fonte- Adaptado de Brasil (1977).**

A norma NBR 13534 estabelece um conjunto de requisitos mínimos de segurança para instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde.

São três os grupos previstos pela NBR 13534 (2008) para enquadramento dos locais do hospital e esta classificação tem como base os tipos de equipamentos eletromédicos a serem utilizados, ou que poderão vir a ser utilizados nestes recintos. (ABNT, 2008)

- Grupo 0 - recinto médico não destinado à utilização de parte aplicada de equipamentos eletromédicos. Local onde o paciente não corre risco de vida, podendo esse ambiente ter suas atividades interrompidas. Exemplos: consultório médico, recepção e sala de curativos.
  
- Grupo 1 - local médico destinado à utilização de partes aplicadas de equipamentos eletromédicos, tanto de procedimentos internos quanto externos, onde o paciente não corre risco de vida, podendo esse ambiente ter suas atividades interrompidas. Exemplos: enfermaria, quartos e sala de hemodiálise;
  
- Grupo 2 - local médico destinado à utilização de partes aplicadas em procedimentos intracardíacos, cirúrgicos, de sustentação da vida do paciente e outras aplicações em que a descontinuidade da alimentação elétrica pode resultar em morte. Exemplos: centro cirúrgico e UTI.

Todos os locais de um hospital que não se enquadraram em nenhum tipo de procedimento clínico ou fins médicos podem ser enquadrados como locais do grupo 0. Mas, na realidade, estes locais devem ser tratados como ambientes que necessitam de instalações elétricas padrão, ou seja, que não sejam necessárias normativas especiais, considerando-os como se fossem instalações comerciais ou industriais, devendo-se aplicar as normas de instalações padrão (DOBES, 1997).

Complementarmente, o Quadro 2 apresenta a classificação por grupo dos principais locais de um hospital, em que são realizados algum tipo de procedimento clínico.

Item	Ambiente	Grupo		
		0	1	2
1	Sala de massagem		X	
2	Lavabo cirúrgico	X		
3	Enfermaria		X	
4	Sala de parto		X	
5	Sala de eletrocardiograma, eletroencefalograma e eletromiografia.		X	
6	Ambiente		X	
7	Sala de exame ou tratamento		X	
8	Sala de trabalho de parto		X	
9	Centro de material esterilizado	X		
10	Sala de urologia (sem ser sala cirúrgica)		X	
11	Sala de diagnóstico e terapia radiológicos (excluídos os Mencionados em 19)		X	
12	Sala de hidroterapia		X	
13	Sala de fisioterapia		X	
14	Sala cirúrgica			X
15	Sala de preparação cirúrgica		<u>X<sup>[1]</sup></u>	
16	Sala de aplicação de gesso	X		
17	Sala de recuperação pós-cirúrgica		X	
18	Sala de cateterismo cardíaco			X
19	Sala de terapia intensiva			X
20	Sala de angiografia		X	
21	Sala de hemodiálise		X	
22	Sala da central de monitoração		X	<u>X<sup>[2]</sup></u>
23	Sala de ressonância magnética		X	
24	Medicina nuclear		X	
25	Sala de prematuros		X	
26	Clínica/consultório odontológico		X	

**Quadro 2 - Classificação em Grupos dos estabelecimentos assistenciais.**  
**Fonte- Adaptado NBR 13534 (2008).**

[1] Se houver aplicação de gases anestésicos inflamáveis, a sala passa para o Grupo 2.

[2] Quando existir acoplamento elétrico entre a Unidade de terapia Intensiva (UTI) e a central de monitoração deve-se empregar esta classificação.

Todos os projetos físicos de estabelecimento assistencial de saúde devem ser elaborados em conformidade com as normativas estabelecidas por Brasil (1994).

Segundo Miyashiro (2013), apenas em meados da década de 1990 a ABNT iniciou um processo de elaboração de normativas para adequação das instalações elétricas hospitalares. Sobre essa questão, atualmente estão vigentes as seguintes normas:

- NBR 5410 (2004) – Norma Brasileira para Instalações Elétricas em Baixa Tensão;
- NBR 8995 (2013) – Norma Brasileira para Iluminação de ambiente de trabalho;
- NBR 5419 (2005 A) – Norma Brasileira para Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas;
- NBR 7256 (2005 B) – Norma Brasileira para Tratamento de ar em Estabelecimentos Assistenciais De Saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações;
- NBR 10898 (1999) – Norma Brasileira para Sistema de Iluminação de Emergência;
- NBR 13534 (2008) – Norma Brasileira para Instalações Elétricas em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde – Requisitos para segurança;

Segundo Soares (2004), a distribuição de leitos nos hospitais brasileiros tem um papel bastante ilustrativo quanto à heterogeneidade das instalações. A maior relevância está em observar o fato de que esta variável pode ser um importante indicador de consumo de energia disponível em um hospital, pois a simples diferenciação numérica já implica em distinções quanto ao porte para as possíveis tecnologias consumidoras de energia.

No Brasil, o consumo de eletricidade em estabelecimentos hospitalares é basicamente demandado pelos sistemas de iluminação, condicionamento de ar, equipamentos médicos, bombeamento e aquecimentos de água. No entanto, os sistemas de climatização normalmente respondem pela maior parcela do consumo, mesmo em instituições de menor porte ou de menor conforto, nas quais predominam aparelhos de ar condicionados tipo "janela" (SOARES, 2004). Mesmo assim, não há um perfil específico para a demanda de condicionamento de ar devido às diferentes condições ambientais em que se encontram cada estabelecimento hospitalar, levando em consideração características peculiares de área e clima (BALTAR, 2006). Ainda, segundo o mesmo autor, é de suma importância estabelecer o conforto térmico mínimo nos ambientes hospitalares, visto que esse aspecto é essencial para o processo de cura e recuperação do paciente.

### 2.3.2 Demandas energéticas no ambiente hospitalar

Em um panorama geral, os sistemas de aquecimento de água, condicionamento de ar e iluminação representam de 50 a 90% do consumo de uso final total de eletricidade em hospitais brasileiros (TOLMASQUIM, *et al.*, 2003).

Assim, verifica-se nos estabelecimentos hospitalares um conjunto bastante heterogêneo e vasto de consumidores de energia, que variam de acordo com o porte do estabelecimento, número de leitos e área construída. O perfil de consumo de energia elétrica nas instalações hospitalares e os serviços prestados na mesma seguem um padrão que considera, entre os diversos estabelecimentos, o tipo de atendimento prestado, o número de leitos, a complexidade dos serviços e a área construída (TOLMASQUIM; SZKLO; SOARES, 2002).

Na sequência, são detalhados os principais aspectos associados aos usos finais de energia elétrica em hospitais para cada uma dessas categorias.

#### 2.3.2.1 Sistema de iluminação

A elaboração de um projeto de iluminação para ambientes hospitalares deve considerar a complexidade presente neste tipo de ambiente, em que estão presentes pessoas fragilizadas por alguma doença ou lesão e necessitam de conforto para seu processo de cura.

Segundo Peccin (2002), a iluminação influencia diretamente nas mais simples atividades do cotidiano e estado de humor das pessoas. Desta forma, tanto em excesso ou mal dimensionada, a iluminação pode ser capaz de prejudicar a integridade do paciente. O conforto visual também é um aspecto importante para o corpo clínico, que necessita de adequação luminosa para execução de procedimentos e examinar os pacientes.

Os sistemas de iluminação nos estabelecimentos assistenciais de saúde são divididos em três grupos, conforme o tipo de ambiente e atividade nele realizada. De acordo com Brasil (1994), seguem as seguintes orientações:

Quanto aos quartos e enfermaria da unidade de internação geral

- a) Iluminação geral em posição que não incomode o paciente deitado;
- b) Iluminação de cabeceira de leito na parede (arandela) para leitura;
- c) Iluminação de exame no leito com lâmpada fluorescente, que também pode ser obtida através de aparelho ligado à tomada junto ao leito;
- d) Iluminação de vigília na parede (a 50 cm do piso).

Quanto ao quarto e área coletiva da Unidade de Internação Intensiva

- a) Iluminação geral em posição que não incomode o paciente deitado, com lâmpada incandescente;
- b) Iluminação de cabeceira de leito de parede (arandela);
- c) Iluminação de exame no leito com lâmpada fluorescente no teto e/ou arandela;
- d) Iluminação de vigília na parede (a 50 cm do piso).

Quanto à sala de cirurgia e sala de parto

- a) Iluminação geral de teto com lâmpada fluorescente;
- b) Iluminação direta com foco cirúrgico.

Após satisfazer à diversidade de critérios técnicos e às compatibilidades físico-funcionais para o conforto visual, deve-se atentar para o impacto deste sistema no consumo de energia, já que o sistema de iluminação representa o segundo maior consumo de energia elétrica em um hospital (VARGAS JÚNIOR, 2006).

Os sistemas de iluminação são formados basicamente pelos seguintes itens: luminária, lâmpada e reator.

#### 1) Luminárias

Luminárias, de acordo com a ABNT (1992), são equipamentos que distribuem, filtram ou transformam a luz emitida por uma ou mais lâmpadas e que

compreendem, com exceção das próprias lâmpadas, a todas as partes necessárias para sustentar, fixar e proteger as lâmpadas e, quando necessários, até mesmo os circuitos auxiliares e os meios para ligá-las à rede de alimentação.

Já para Alvarez (1998), a luminária tem como objetivo principal dividir de maneira adequada a luz emitida pelas lâmpadas sobre o plano de trabalho. Podendo assim, nesse aspecto, se incluir as variáveis de controle de luminosidade.

Devido à grande variedade de luminárias existentes para ambientes interiores, projetos desta natureza geram muitas dúvidas para o projetista na hora de sua elaboração. Entretanto, aspectos físicos como o material que as compõem e a finalidade de sua utilização podem facilitar a escolha da tipologia a se utilizar.

Segundo Ghisi e Lamberts (1998) algumas conclusões podem ser feitas para ajudar na escolha da luminária adequada para cada tipo de ambiente:

- Em ambientes muito grandes a reflexão nas paredes é desprezível;
- As luminárias com refletores de alumínio sem aletas representam a melhor solução para redução de carga instalada, seguidas pelas luminárias com refletores de alumínio com aletas brancas. Mas em recintos onde se necessita de controle de ofuscamento, sugere-se a segunda opção;
- Luminárias com difusor são as que exigem maior carga instalada, podendo ser 55,3% superior às luminárias com refletor de alumínio sem aletas.

Há diversos componentes numa luminária responsáveis pela distribuição adequada da luz na área de trabalho como refletores, louvres<sup>2</sup>, difusores, lentes e lamelas. Os mesmos componentes têm a capacidade de influenciar diretamente no desempenho das luminárias.

Segue, na Tabela 3, o percentual médio de redução da potência instalada em iluminação em função do tipo de luminária-

---

<sup>2</sup> Componente da luminária constituído por materiais translúcidos e opacos dispostos geometricamente de forma a evitar a visão direta das lâmpadas sob um determinado ângulo.

**Tabela 3 - Percentual de redução da carga instalada em relação ao tipo de luminária utilizada.**

Tipo de Luminária	Redução na carga instalada %
Refletor branco com difusor	0
Refletor branco sem aletas	15,2
Refletor e aletas em alumínio	18,9
Refletor e aletas brancos	19
Refletor de alumínio e aletas	31,9
Refletor de alumínio sem aletas	34,6

Fonte- Adaptado de Vargas Junior (2006) e Ghisi; Lamberts (1998).

Para melhor exemplificar as componentes de controle de luz em luminárias, segue a Figura 4 ilustrando as componentes físicas mais básicas:

(a) Refletor, (b) Refrator, (c) Difusor, (d) Louvre e (e) Aleta.

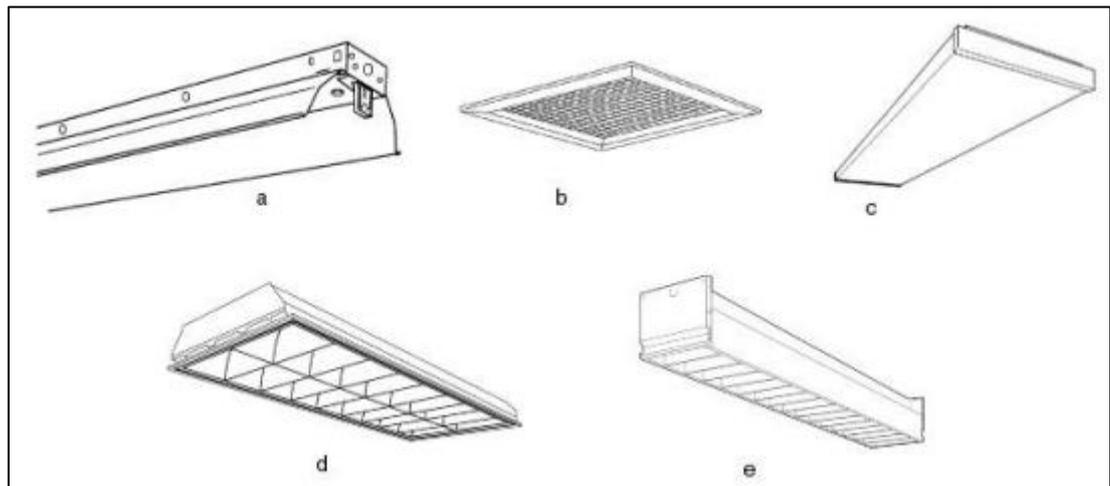


Figura 4 - Componentes de controle de luz em luminárias.

Fonte- Iwashita (2004).

## 2) Lâmpadas

O ano de 2013 pode ser considerado um marco para o mercado de iluminação brasileiro. Nunca os temas energia e iluminação estiveram tão próximos do dia a dia das pessoas. Redução de tarifas energéticas, riscos de apagões e escassez de chuva são aspectos que afetam a vida de todos e levantam a preocupação sobre o melhor aproveitamento das fontes de energia.

O início da retirada das lâmpadas incandescentes do mercado no segundo semestre de 2013 também deixou um marco na história da iluminação no Brasil, cujo

desfecho está previsto para dezembro de 2016. Tal fato reflete uma mudança de comportamento do homem frente aos problemas ambientais, que têm forçado as indústrias a redefinir o direcionamento dos negócios e a aplicarem ações para atender a demanda de um novo perfil de consumidor: um consumidor cada vez mais consciente sobre a importância da preservação do planeta.

O mercado de lâmpadas atual possui uma tendência para os produtos de alta eficiência luminosa, baixo consumo, grande durabilidade e com automação do sistema de iluminação a partir da eletrônica integrada.

Segundo Vargas Junior (2006), existem basicamente três tipos de lâmpadas, cujos funcionamentos são inspirados em fenômeno naturais. As lâmpadas da família das incandescentes (que imitam a luz solar), lâmpadas de descarga (como as fluorescentes, as de mercúrio, as de sódio e as de multivapores metálicos) e o terceiro tipo, um pouco mais recentes, englobam os LEDS (diodos emissores de luz, que funcionam por luminescência).

Para cada tipologia de lâmpada existem características importantes como o rendimento luminoso, temperatura de cor, restituição de cores, luminância, duração da vida média e eficiência média, que são especificações estabelecidas através de testes de laboratórios. Na Tabela 4 podem ser observadas algumas dessas características:

**Tabela 4 - Valores médios de eficiência e vida média dos principais tipos de lâmpadas.**

<b>Tipo</b>	<b>Eficiência média [lúmens/W]</b>	<b>Vida média [h]</b>
Incandescente	15	1.000
Halógena	20	2.000
Fluorescente Tubular	65	10.000
Fluorescente Tubular especial	87,5	15.000
Fluorescente compacta	65	9.000
Vapor de mercúrio	52,5	15.000
Mista	21,5	7.000
Vapor metálico	77,5	13.000
Vapor de sódio	100	21.000
Led	50	100.000

**Fonte- Adaptado de Vargas júnior (2006).**

### 3) Reatores

São equipamentos com o artifício de partida e estabilidade da lâmpada, limitando a corrente elétrica, contribuindo e proporcionando uma boa luminosidade. São indispensáveis na iluminação com lâmpadas fluorescentes, a vapor de sódio, mercúrio e metálico.

Dependendo de sua estrutura física, eles podem ser divididos em dois grupos: reatores eletromagnéticos (formados basicamente por uma indutância e uma capacitância) e reatores eletrônicos (formados por componentes da eletrônica de potência) (DEMAPE, 2014).

No Brasil, de acordo com o Procel (2013), existem, desde 2003, normativas que regulamentam os reatores eletrônicos para que atendam aos requisitos de segurança e desempenho, como as normas NBR 14417 e NBR 14418, proporcionando, desta forma, uma maior confiabilidade e garantia ao consumidor quanto aos sistemas disponíveis do mercado.

Mesmo possuindo alta eficiência energética, os reatores eletrônicos podem causar alguns empecilhos nos ambientes hospitalares devido à grande quantidade de interferências que os mesmos lançam no sistema elétrico. Assim, outros equipamentos que são alimentados nesta rede ficam sujeitos a falhas, equipamentos os quais muitas vezes estão auxiliando na manutenção da vida de pacientes com algum tipo de complicação.

Como no Brasil não existem normas específicas consolidadas relativas aos limites de interferência eletromagnética para equipamentos eletromédicos (OKUMOTO, 2006), na maioria das vezes, os produtos nacionais não satisfazem às exigências deste tipo de ambiente.

Assim, quando os reatores eletrônicos não atendem a normas internacionais como a IEC 61000-3-3-4, podem ser empregados reatores eletromagnéticos que consomem mais energia, entretanto, proporcionam maior confiabilidade às instalações elétricas.

### 2.3.2.2 Sistema de climatização

Segundo Pena (2002), climatização é o processo no qual o ar recebe tratamento e que consiste basicamente no ajuste da temperatura para valores acima de 20°C, controle da pressão, pureza e umidade do ar no interior do recinto.

O condicionamento de ar em hospitais não se restringe apenas ao fato de proporcionar conforto térmico aos pacientes, mas tem ainda como função garantir a qualidade do ar e contribuir no tratamento das pessoas. Ao mesmo tempo em que se mantém uma temperatura confortável, os aparelhos precisam combater doenças de transmissão aérea, de modo que se diminua o risco de infecções no local.

Apenas na década de 1930, surgiram os primeiros ambientes climatizados no setor hospitalar, nos quais a temperatura e umidade do ar eram controladas para proporcionar o maior conforto térmico aos pacientes e funcionários (BALTAR, 2006). Em estudos realizados pelo Instituto de Psiquiatria de São Paulo, constatou-se que as condições ideais de conforto térmico, acústico, luminoso e ergonômico devem ser adequadas, pois são aspectos importantes para acelerar o processo de cura dos pacientes. De mesma importância também são as texturas e as cores, a proteção das fachadas com excesso de exposição solar, com quebra-sóis adequados e adoção de divisórias com excelente isolamento térmico (SERRA, 2004).

A qualidade do ar também é um fator de preocupação neste tipo de ambiente, estando diretamente relacionada ao sistema de filtragem do recinto. Setores de tratamento de doenças podem facilmente se tornar fonte de contaminação, caso não possuam um sistema adequado e bem monitorado.

Por isso, desde a sala de espera às salas cirúrgicas, pós-operatórias, UTI, Neonatal e Pediátrica, todos os ambientes precisam ser assegurados por um sistema de filtragem que impeça que pacientes debilitados sejam infectados por alguma doença oriunda de sua estadia no hospital.

Para uma maior adesão a essas precauções criou-se a norma da ABNT NBR 7256, que estabelece parâmetros básicos e requisitos aos projetos de sistemas de ar condicionado em hospitais. A manutenção torna-se, assim, uma ferramenta imprescindível no combate da proliferação dos contaminantes.

Os sistemas de ar condicionado podem ser classificados, segundo Pena (2002), quanto aos fluidos refrigerantes utilizados para absorção da carga térmica e também quanto aos arranjos dos equipamentos.

Em sua maioria, instalações de até 100 TR<sup>3</sup> estão presentes em sistemas de pequeno porte, que utilizam condicionadores unitários do tipo janela e/ou condicionadores do tipo *split*. Já os sistemas de maior porte utilizam sistemas mais complexos, implementados com condicionadores tipo *self contained* (auto portante), centrais de dutos para distribuição do ar, torres de resfriamento e bombas de água de condensação (PENA, 2002).

Para Stoecker e Jones (1985), os equipamentos de climatização podem utilizar basicamente três tipos de compressores. No primeiro tipo, já mais antigo e pouco utilizado, o ar é comprimido num sistema bem semelhante ao pistão de combustão, o que o torna muito ruidoso e desgastante. No segundo, chamado de “rotativo”, há um compressor de baixíssimo atrito em razão de ser constituído por um tipo de rolete excêntrico para comprimir o ar no lugar do pistão, sendo capaz de reduzir o ruído e o consumo de energia elétrica. Já o terceiro tipo é constituído por um sistema do tipo caracol com movimentos excêntricos, basicamente com os mesmos benefícios do compressor tipo rotativo. (STOECKER; JONES, 1985)

Os sistemas de ar condicionado podem ser classificados quanto ao tipo de expansão, condensação e quanto às unidades de condicionamento de ar. A seguir, são citados os principais sistemas encontrados no mercado de refrigeração e do condicionamento de ar.

#### 2.3.2.2.1 Condicionadores de ar de janela

Como o próprio nome diz, estes condicionadores geralmente são instalados em janelas ou em paredes em uma altura de 1,60 m. Apresentam capacidade de resfriamento que variam de 0,5 a 3,0 TR, sendo geralmente resfriados a ar.

---

<sup>3</sup> TR= tonelada de Refrigeração (1TR = 12.000 BTU/h, 1 BTU=0,293 Wh, 1TRh = 12000 BTU, 1TRh = 3516 Wh) (STOECKER, JONES, 1985).

#### 2.3.2.2.2 Condicionador tipo self-contained

Os condicionadores de ar tipo *self-contained* são destinados a usos domésticos ou comerciais e podem ser fornecidos com condensação a ar ou a água.

Atendem a uma ampla faixa de possibilidades de aplicação: instalações em lojas, restaurantes, centros de computação, em edifícios industriais, bancos, em grandes residências, etc. Podem ser encontrados com capacidades variando entre 5 e 30 TR.

#### 2.3.2.2.3 Sistemas tipo splits

Os *splits* são equipamentos bastante adaptáveis ao ambiente em termos estéticos e funcionam com baixo nível de ruído, uma vez que seu compressor fica na parte externa junto ao condensador. Sua aplicação pode ser feita junto ao piso, ao teto e até de forma embutida no forro. São aparelhos bastante versáteis, sendo produzidos com capacidades que variam de 7.500 a 60.000 Btu/h. Podem ser aplicados a uma diversidade de aplicações, sendo muitas vezes utilizados de forma inapropriada tamanha a facilidade de sua instalação.

#### 2.3.2.2.4 Sistemas tipo fan-coil/chiller

Dentre os sistemas de expansão indireta tem-se o *fancoil/chiller*, com condensação que pode ser a água ou a ar. Nestes sistemas, o ambiente a ser climatizado troca calor com um equipamento composto por uma serpentina e um ventilador (*fancoil*). Pela serpentina tem-se água fria em circulação, proveniente do *chiller*.

Geralmente, a água entra no *fan-coil* a uma temperatura de 7°C e sai a uma temperatura de 12°C. O calor retirado do ambiente climatizado é levado através da água em circulação e é trocado com o fluido refrigerante no evaporador do *chiller*.

Este fluido refrigerante é condensado através do uso de um fluxo de água, que circula através entre torre de arrefecimento e o condensador.

Para facilitar a escolha do equipamento mais adequado para cada tipo de ambiente, no Quadro 3 são ilustradas as vantagens e desvantagens de cada sistema de climatização apresentado.

Tipos	Vantagens	Desvantagens
Janela	Compactos e não requerem instalação especial; Fácil manutenção; Controle e atendimento específico de uma determinada área; Não ocupam espaço interno (útil); São produzidos para aquecimento por reversão de ciclo (bomba de calor).	Pequena capacidade, maior nível de ruído; Não tem flexibilidade; Maior custo energético (kW/TR), distribuição de ar a partir de ponto único; Alterações na fachada da edificação;
Self-contained	Maior simplicidade de instalação; Em geral menor custo por TR; Fabricação seriada com aprimoramentos técnicos constantes; Garantia de desempenho por testes de fábrica; Manutenção e reposição de peças mais eficientes e econômicas; Maior rapidez de instalação; Grande versatilidade para projetos (zoneamentos, variações de demanda), etc.	Não são produzidos para operar como bomba de calor; Os equipamentos divididos requerem procedimentos habituais de vácuo e carga de gás; Compressor junto da unidade evaporadora (maior nível de ruído comparado com o sistema tipo split).
Splits	Baixo custo do equipamento e de instalação; Baixo nível de ruído (compressor e condensador localizados na parte externa); Facilidade e rapidez de instalação; Dispensa instalação de sistemas de água gelada e rede de dutos; Não são necessários grandes trabalhos em alvenaria para a instalação, quando comparados aos aparelhos de janela; Permite a correta instalação do evaporador no ambiente a ser condicionado já que esta unidade é remota e pode-se trabalhar com grandes distâncias de tubulação entre as unidades; Possibilidade de relocação e remoção do equipamento para outros ambientes.	Por outro lado, é desaconselhado o uso desse sistema em ambientes que exijam controle de umidade e temperaturas, em condições especiais, alta taxa de ar exterior, como salas limpas, cirúrgicas e demais ambientes que exijam alto grau de filtragem do ar ambiente; Procedimentos de vácuo e carga no campo; Não devem ser instalados nos locais onde não exista qualquer possibilidade de se acomodar adequadamente a unidade condensadora, para garantir o rendimento do sistema e a vila útil do equipamento; Em hipótese alguma a condensadora pode ficar enclausurada. Ela deve ficar preferencialmente em local externo, de forma a realizar eficazmente a sua função de expulsar o ar quente do ambiente.
Fan-coil/chiller	A maior vantagem desses sistemas, sem dúvida, é a facilidade de distribuição (tubulação versus dutos), que requer menor espaço de construção.	Em relação aos demais sistemas, requerem uma manutenção mais especializada, principalmente se a central (resfriador de líquido - chiller) opera com baixas temperaturas, exigindo controle da quantidade de aditivos anticongelantes (polipropileno glicol).

**Quadro 3 - Vantagens e desvantagens entre os tipos de sistemas de climatização.**

**Fonte- Adaptado de Stoecker e Jones (1985).**

### 2.3.2.3 Equipamentos médicos

A seguir serão apresentados os principais equipamentos eletromédicos utilizados no ambiente hospitalar, bem como suas aplicações e finalidades.

#### ➤ **Bisturi elétrico**

Ilustrado na Figura 5, o bisturi elétrico eletrônico é um aparelho utilizado com o objetivo de realizar, ao mesmo tempo, a incisão e a cauterização do tecido, com o intuito de propiciar maior assepsia ao campo operatório, visando reduzir os riscos de contaminação da ferida cirúrgica (KAEHLER, *et al.*, 2008).



**Figura 5 - Bisturi eletrônico**  
Fonte- Autoria própria.

#### ➤ **Autoclave**

A autoclave é destinada à esterilização de material de densidade como tecidos, instrumentais e utensílios, vidros, luvas, seringas, borrachas. É indicada para uso em hospitais, unidades de pronto socorro e atenção ambulatorial, clínicas médicas e odontológicas, laboratórios de análise clínicas e laboratórios para controle de qualidade.



**Figura 6 – Esterilizador a Vapor - HI SPEED.**  
**Fonte- BAUMER (2009).**

### ➤ **Bomba de Infusão**

Bomba de Infusão, como o próprio nome sugere, é um aparelho médico-hospitalar utilizado para infundir líquidos tais como drogas ou nutrientes, com controle de fluxo e volume nas vias venosa, arterial ou esofágica. A Figura 7 apresenta, como exemplo, duas bombas de infusão.



**Figura 7 – Bomba de infusão.**  
**Fonte- Autoria própria.**

### ➤ **Respirador**

Também conhecido como ventilador pulmonar, é o equipamento micro processado valvular presente nas terapias de mais alto nível, com objetivo de permitir a manutenção da oxigenação dos tecidos através dos pulmões. Na Figura 8 a seguir é ilustrado um exemplo de respirador.



**Figura 8 – Respirador hospitalar.**  
Fonte- Biocomtec (2015).

### ➤ Desfibrilador

Um desfibrilador é um equipamento eletrônico cuja função é reverter um quadro de fibrilação auricular. A reversão, ou cárdio versão, se dá mediante a aplicação de descargas elétricas no paciente que são graduadas de acordo com a necessidade.

### ➤ Eletrocardiógrafo

Na Figura 9 é ilustrado o eletrocardiógrafo, que tem por finalidade monitorar as atividades elétricas do coração. O contato entre o paciente e o aparelho é feito mediante eletrodos.



**Figura 9 – Eletrocardiógrafo.**  
Fonte- Autoria própria.

### ➤ Incubadora Neonatal

A incubadora é um dispositivo especialmente concebido para proporcionar ao recém-nascido as condições ambientais ideais quando este tiver dificuldades para se adaptar ao meio externo, sobretudo em relação à temperatura, desempenhando um papel semelhante a um berço de temperatura controlada. Na Figura 10 é ilustrado um exemplo desse equipamento muito comum nos berçários.



**Figura 10 – Incubadora Neonatal.**  
**Fonte- Autoria própria.**

A incubadora neonatal é uma espécie de berço revestida por um habitáculo de plástico transparente, com uma abertura nas laterais para que se possa aquecer o bebê e fornecer-lhe todo o tipo de cuidados sem que seja necessário retirá-lo do seu interior. A incubadora se encontra constituída por instrumentos que permitem controlar com precisão a temperatura, a umidade e a concentração de oxigênio em sua parte interna.

### ➤ Raios X

Utilizado pela primeira vez no século XX para análise de fraturas e malformações ósseas, os equipamentos de Raios X são uma ferramenta importante para o diagnóstico médico. Atualmente, utiliza-se a técnica de tomografia computadorizada de raios X, que permite estudar qualquer órgão com detalhes e resolução muito boa, permitindo a construção de uma imagem tridimensional. As técnicas de raios X podem ser utilizadas para diagnosticar ou acompanhar quase

qualquer problema médico que o paciente possa apresentar, com exceção de quadros simples como gripes, viroses tranquilas, lacerações externas e problemas internos não emergenciais.



**Figura 11 – Aparelho de Raios-X**  
**Fonte- Autoria própria.**

### ➤ **Foco Cirúrgico**

É um equipamento instalado no teto da sala operatória com a finalidade de iluminar o campo operatório e melhorar a visualização do médico cirurgião. Ele pode ter uma ou duas cúpulas, cada uma com diversos bulbos. Na figura 12 é ilustrado um foco de teto com apenas uma cúpula.



**Figura 12 – Foco cirúrgico de teto.**  
**Fonte- Autoria própria.**

Após delimitar todos os aspectos inerentes à conservação de energia elétrica em ambientes hospitalares, é importante compreender a importância de cada etapa para dar sequência à pesquisa.

Ainda pouco se conhece a respeito dos usos energéticos do setor hospitalar. Desta forma, é importante estarem bem definidas as características deste tipo de

ambiente, tanto físicas como energéticas, além de se estar familiarizado com os aspectos técnicos para a determinação dos potenciais energéticos necessários. Tais informações poderão contribuir para nortear as tomadas de decisões de melhorias na eficiência neste setor.

### **3. METODOLOGIA DA PESQUISA**

#### **3.1 CARATERIZAÇÃO DA PESQUISA**

A pesquisa é caracterizada, de forma geral, como de natureza aplicada, descritiva e abordagem predominantemente qualitativa (SILVA; MENEZES, 2005).

Com os procedimentos técnicos adotados, o trabalho será desenvolvido na forma de estudo de caso, amparado por pesquisa bibliográfica e documental. A análise das informações será feita a partir da perspectiva hipotético-dedutiva, tomando por base as premissas técnicas postas no referencial teórico relacionadas à área de Conservação de Energia.

A metodologia específica a ser empregada nesta pesquisa foi desenvolvida por Alvarez (1998) para a determinação do potencial de conservação de energia elétrica dos usos finais presentes em instalações de ensino e similares. Nela, são apresentados métodos e procedimentos para coleta de dados e a determinação dos consumos de energia elétrica global e desagregado em usos finais, pois a partir dessas informações é possível determinar vários indicadores do uso de energia elétrica, indispensáveis em diagnósticos energéticos.

Para realizar o diagnóstico energético, agregam-se à metodologia de Alvarez (1998) as recomendações de Duarte et al. (2008) e as orientações do Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética – MPEE (ANEEL, 2008), que abordam uma sequência de procedimentos dirigidos às empresas para elaboração e execução de projetos de eficiência energética regulados pela ANEEL.

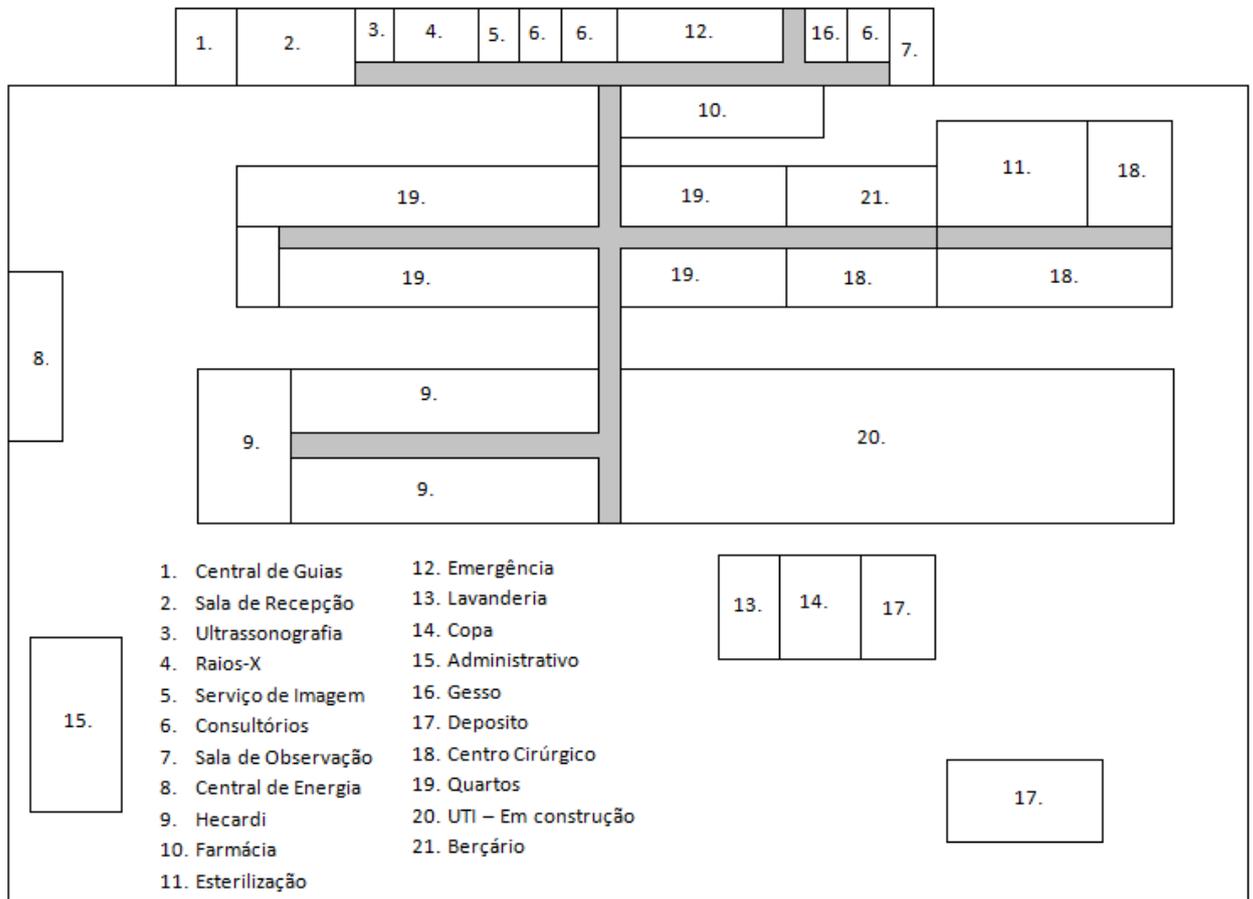
#### **3.2 UNIDADE DE ANÁLISE**

O caso exposto corresponde ao diagnóstico energético realizado na Associação Hospitalar da Cassems, localizada na cidade de Três Lagoas – MS. O hospital da Cassems, antiga unidade hospitalar da Unimed, é o segundo maior estabelecimento de saúde da cidade com uma área construída em torno de 3.780,55 m<sup>2</sup>. Esta unidade oferta para a população 54 leitos no total, sendo realizadas em

torno de 1980 cirurgias por ano, das quais 57% são de grande porte, 27 de pequeno e 16% de médio porte.

Analisando apenas os últimos dois anos, a unidade realizou em torno de 3577 internações segmentadas da seguinte forma: 22% cirúrgicas, 16% obstétricas, 43% médicas, 9% ortopédicas e 11% pediátricas.

A unidade hospitalar é composta por três grandes blocos principais, como ilustrado na Figura 13. A instalação é alimentada em 13,8kV pela rede de distribuição da Elektro (concessionária de energia que possui a concessão de comercialização de energia na região em estudo).



**Figura 13 – Layout das instalações do Hospital.**  
**Fonte- Autoria própria.**

### 3.3 ETAPAS DA PESQUISA

#### **3.3.1 Levantamento de dados primários e secundários**

A fase mais importante do diagnóstico energético é a coleta de dados. Nesse momento, todos os dados necessários para determinar o potencial de conservação de energia de usos finais são obtidos.

A etapa de coleta de dados pode ser dividida de acordo com a fonte da aquisição dos mesmos, que nesse caso se estabelece a partir de autor, da seguinte forma:

##### *3.3.1.1 Análise das contas de energia elétrica*

Uma fonte de dados relativamente confiável e de fácil acesso são as contas de energia elétrica expedidas pela concessionária. Nelas, podem-se obter importantes informações sobre o uso de energia elétrica na instalação em análise. A Figura 14 traz a ilustração de um exemplo.

**1**  **ELEKTRO**  
Elettricidade e Serviços S.A. Rua Ary Antunes de Souza, 321 - 13053-004  
Campinas - SP - CNPJ 02.328.280/0001-97  
Insc. Est. 244.868.522.118  
Av. Rosário Congo, 285 - 79600-030 - Três Lagoas - MS  
CNPJ 02.328.280/0002-78 - Insc. Est. 28.304.126-9  
www.elektro.com.br

**2** **Seu Código**  
**115641990**

**3** **INDÚSTRIA LTDA.**  
AV 29, 2013  
RIO CLARO - SP - CEP 13501-000  
CNPJ - 54.186.422/0001-20  
Classificação: RURAL / HORÁRIA AZUL / TRIFÁSICO

**4** Leitura Anterior: 13/03/2013 Data de emissão: 11/04/2013  
Leitura Atual: 11/04/2013 Data de Apresentação: 11/04/2013  
Dias do Período: 29 Próxima Leitura: 13/05/2013  
Próximo vencimento: 08/06/2013

**5** Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica Controle Nº Conta do Mês Vencimento Valor da Conta (R\$)  
953105 FAT -01 -20131803952208-9 Abril/2013 08/05/2013 R\$ 44.994,48

**6** Tensão Contratada (v) Limites Adequados de Tensão (v) Registrador Demanda Contratada (kW) Perdas Transformação  
13800 RM0415486 320 (P) 320 (FP) 0%

**7** **DÉBITOS ANTERIORES**

Discriminação da Operação		Qtde.	Preço Médio	Valor
Energia Elétrica		137760,48	0,326614	44.994,48
Outros Lançamentos				
<b>Total</b>				<b>44.994,48</b>

**8**

Consumo Detalhado	Leit. Ant.	Leit. Atual	Constante	Registrado	Cons. Residual	Faturado	Tarifa (TE)	Valor TE (R\$)	Tarifa (TU)	Valor TU (R\$)	Total (TE+TU) R\$
CONSUMO FORA PONTA kWh	180096	182386	54,000	123660,00	0,00	123660	0,124690	15.419,16	0,016350	2.021,84	17.441,00
CONSUMO PONTA kWh	948679	972791	0,540	14100,48	0,00	14100,48	0,204340	2.881,29	0,016350	230,54	3.111,83
DEMANDA REAT EXC FP kWh	40823	41491	0,540	360,72	0,00	10,80			8,490000	91,69	91,69
DEMANDA REAT EXC P kW	41381	42049	0,540	360,72	0,00	8,64			8,490000	73,35	73,35
DEMANDA PONTA kW	10587	10750	2,160	352,08	0,00	352,08			26,170000	9.213,93	9.213,93
DEMANDA FORA PONTA kW	10716	10878	2,160	349,92	0,00	349,92			8,490000	2.970,82	2.970,82
DEM ULT FP kW				0,00		29,92			16,980000	508,04	508,04
DEM ULT P kW				0,00		32,08			52,340000	1.679,06	1.679,06
ENERGIA REAT EXC FP kWh	1160	1181	54,000	1134,00	0,00	1134	0,131070	148,63			148,63
ENERGIA REAT EXC P kWh	6650	7242	0,540	319,68	0,00	319,68	0,131070	41,90			41,90
CONSUMO kWh	199563	202114	54,000	137754,00	0,00						
ENERGIA REAT EXC kWh	1226	1254	54,000	1512,00	0,00						
<b>TOTAL</b>											<b>35.280,25</b>

**9** **Informações Gerais**

Tributos	Aliquotas	Base Cálculo	Valor (R\$)
ICMS	18%	44.994,48	8.098,94
CONFINS	2,95%	44.994,50	1.327,33
PIS	0,64%	44.994,50	287,96
<b>TOTAL</b>			<b>9.714,23</b>

**10**

Figura 14 – Exemplo da fatura de energia elétrica expedida pela concessionária.  
Fonte- Elektro 2015.

Seguido a numeração disposta na Figura 14, a fatura de energia elétrica é segmentada no Quadro 4 da seguinte forma:

1	<b>Empresa</b>
2	<b>Código de identificação da unidade consumidora</b>
3	<b>Dados da unidade consumidora</b>
	Estes são os dados cadastrais da Unidade Consumidora. Além do endereço encontrará aqui o nome do titular da conta, bem como o tipo de classificação e modalidade tarifária na qual está enquadrada.
4	<b>Informações Importantes</b>
	Leitura Atual: período de leitura gerador da fatura do mês de referência.
	Dias do Período: quantidade de dias contabilizados para geração da fatura
	Data de apresentação: data em que a conta será apresentada ao cliente.
	Próxima Leitura: data em que será feita a nova leitura. Sempre deixe acesso livre à cabine ou medidor.
	Próximo Vencimento: data que será considerada para pagamento da fatura gerada na próxima leitura.
5	<b>Itens da nota fiscal</b>
	Nota Fiscal: número de controle fiscal
	Controle nº: sequencial de dígitos utilizado para identificação da fatura e controle da receita.
	Conta do mês: mês de referência, ou seja, mês em que houve o consumo de energia.
	Vencimento: data limite para pagamento da fatura, sem penalizações financeiras ou técnicas.
6	<b>Informações técnicas</b>
	Tensão contratada: tensão de conexão contratada para atendimento de clientes em Média Tensão ou Alta Tensão
	Limites Adequados de Tensão: os limites adequados de tensão são os valores permitidos.
	Registrador: número de cadastro do medidor da sua Unidade Consumidora
	Demanda Contratada kW: valores contratados por posto horário, Ponta (P) e Fora Ponta (FP)
	Perdas Transformação: para clientes atendidos em tensão primária com equipamentos de medição instalados no secundário dos transformadores.
7	<b>Débitos anteriores</b>
	Observe este campo com atenção, a falta de pagamento das faturas pode resultar no bloqueio de alguns serviços.
8	<b>Detalhamento do consumo</b>
	Consumo Detalhado: consumos, demandas, tarifas e constantes que formam o valor final do consumo de energia elétrica, identificados por posto horário em R\$/kWh.
	Consumo: é o valor do consumo multiplicado pelos valores das tarifas de TE (tarifa de energia) e TU (Tarifa de uso do sistema de distribuição).
	Constante: constante de faturamento ou Fator de Multiplicação das características dos medidores e das relações de transformação de corrente e de potencial.
	Tarifa de Energia - TE: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh.
	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TU ou TUSD: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/kW.
	Total TE + TU: soma das dos valores medidos em cada um dos itens: Tarifa de Energia e Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição.
9	<b>Informações gerais</b>
	Informações importantes relativas ao faturamento da sua conta de luz, recibo anual de quitação, aplicação de mecanismos da resolução vigente.
10	<b>Tributos</b>
	Tributos que compõem a fatura de energia. Neste campo serão discriminados também tributos como ICMS, PIS, COFINS e IRPJ e CSLL para clientes do Poder Público Federal.
11	<b>Outros lançamentos</b>
	São demonstrados valores de débito e crédito relacionados a serviços cobráveis ou ajustes de faturamento efetuados pela concessionária sua unidade.

#### Quadro 4 - Descrição da fatura de energia elétrica.

Fonte- Elektro (2015).

De acordo com a modalidade tarifária, a conta de energia também poderia fornecer informações divididas em horários do dia (ponta e fora de ponta).

Como as informações dispostas nas contas de energia elétrica são determinadas mensalmente, não se consegue retratar o perfil semanal e diário da instalação. Entretanto, a série de contas expedidas periodicamente a cada 30 dias fornecem uma grande base de dados sobre o perfil de consumo da instalação, possibilitando, num período maior que um ano, avaliar o comportamento do consumo e da demanda de energia elétrica da instalação, podendo assim estimar valores de contrato mais adequados para períodos futuros.

### *3.3.1.2 Medição direta*

Esse procedimento consiste no levantamento de dados monitorando diretamente o consumo de energia na cabine primária da instalação. Nesse processo, o perfil do consumo foi analisado diariamente e semanalmente, pois as informações são coletadas a cada 15 minutos.

Na determinação do perfil da instalação deve-se adotar um intervalo de tempo adequado, conforme as características da unidade consumidora. Quanto mais irregular o perfil de consumo da instalação, maior deve ser o período para se obter uma curva de carga fiel e representativa.

### *3.3.1.3 Levantamento por inspeção*

Nesta pesquisa, foram inspecionados todos os ambientes da instalação, tendo como banco de dados o preenchimento de planilhas contemplando as seguintes informações: características físicas do ambiente, características de ocupação, detalhamento do Sistema de Iluminação, detalhamento do Sistema de Climatização e Equipamentos Médicos (quantidade, potência, horário de funcionamento, etc.).

### 3.3.2 Instrumentos de coleta e registro de dados

As ferramentas necessárias para a realização do diagnóstico energético são específicas para cada etapa da pesquisa. Podem-se citar basicamente duas formas de coleta de dados, uma pelo método de medição direta e outra por inspeção:

- Analisador de energia;
- Planilha de dados.

Para a medição direta foi utilizado o multimedidor de energia MD 4040 integrado com o software de gestão de energia Power 4000, ambos da Embrasul. O conjunto é capaz de analisar os parâmetros de energia elétrica, ou seja, medir a qualidade do abastecimento, intensidade e também eventuais falhas que possam colocar em risco o fornecimento no local. O dispositivo também permite captar os eventos de tensão e gerar relatórios precisos sobre a situação, assim como registrar e armazenar dados por longos períodos (EMBRASUL, 2015).

Com um registro, podem-se determinar os valores das seguintes grandezas elétricas: Tempo (hh:-mm:-ss), Tensões de fase (V\_A, V\_B, V\_C), Correntes de fase (I\_A, I\_B, I\_C), Potências ativas (P\_A, P\_B, P\_C) e Potências reativas (Q\_A, Q\_B, Q\_C).

Esses registros foram armazenados na memória do analisador e transferidos para o microcomputador onde receberam o tratamento matemático necessário.

A partir da análise das tabelas e gráficos, foi analisado o perfil de consumo da instalação, identificando o período de maior e menor consumo, faltas de energia elétrica, picos de demanda, desempenho do fator de potência, entre outros aspectos existentes.

Com o objetivo de complementar as informações levantadas via medição direta, na inspeção *in loco* foi utilizada uma planilha (ilustrada na Figura 15) para a coleta de dados, com características físicas e ocupacionais da instalação. Tal planilha identifica as seguintes informações:

- Localização do ambiente (bloco, andar, nº de leitos, quantidade de salas cirúrgicas);

- Finalidade;
- Área útil;
- Número de usuários;
- Horário de funcionamento;
- Características do sistema de iluminação;
- Características do sistema de climatização;
- Características de equipamentos específicos.

Planilha para o levantamento de dados por inspeção								
Identificação do ambiente:					Responsável:			Data: __/__/__
Características Físicas e de Ocupação								
Área (m <sup>2</sup> )			Nº Interruptores	Número de Usuários		Horário de Funcionamento		Observações
Total	Iluminada	Climatizada		2ª A 6ª Feira	Fim de semana	2ª A 6ª Feira	Fim de semana	
Sistema de Iluminação								
Tipo de Luminária	Quantidade		Potência Nominal (W)		Tempo de Operação (h)		Estado de Conservação	
	Total	Inoperante	Lâmpada	Reator	2ª A 6ª Feira	Fim de semana		
Sistema de Climatização								
Tecnologia	Quantidade		Capacidade (BTU)		Tempo de Operação (h)		Estado de Conservação	
	Total	Inoperante			2ª A 6ª Feira	Fim de Semana		
Equipamentos								
Equipamento	Quantidade		Potência Nominal (W)	Tempo de Operação		Estado de Conservação		
	Total	Inoperante		2ª A 6ª Feira	Fim de Semana			

**Figura 15 – Planilha para levantamento de dados por inspeção**  
**Fonte- Adaptado de Alvarez (1998)**

O levantamento via inspeção é muito importante nos casos em que a medição direta (técnica de levantamento de dados mais precisa) não é possível de ser utilizada devido ao difícil acesso às instalações ou quando estão presentes instalações mais antigas, sem identificação e padronização de cargas.

### **3.3.3 Técnicas e ferramentas de análise de dados**

Após o levantamento das informações através das contas de energia elétrica, medição direta e inspeção de ambiente, todos os dados foram armazenados em planilhas eletrônicas, recebendo tratamento e gerando indicadores capazes de orientar a tomada de decisões para eficiência energética da unidade em estudo.

Com os dados de consumo e demanda extraídos das faturas de energias elétrica foram criadas planilhas dinâmicas, nas quais simulou-se o custo de energia elétrica relativo a cada estrutura tarifária, mediante as equações apresentadas na sessão 2.2.3, permitindo realizar uma análise comparativa entre as modalidades tarifárias.

Já com os dados obtidos nas medições diretas através do analisador de energia, foram criados gráficos e tabelas com apoio de planilhas eletrônicas e algumas ferramentas específicas do software Power 4000, que geraram curvas de carga e ilustraram o perfil de demanda da unidade consumidora.

Por fim, com o auxílio das tabelas preenchidas nas visitas foi possível identificar características construtivas, aspectos quantitativos e qualitativos de cada ambiente tais como: carga instalada, tipos de equipamento e tecnologias. Estas são informações cruciais para uma análise comparativa entre sistemas existentes e novas tecnologias.

## 4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo foram relatados os resultados obtidos na aplicação da metodologia de diagnóstico energético para a determinação do potencial de conservação de energia elétrica de usos finais na Associação Hospitalar CASSEMS.

### 4.1 UNIVERSO DE ESTUDO- ASSOCIAÇÃO HOSPITALAR CASSEMS

A Associação Hospitalar Cassems é uma unidade médico-hospitalar vinculada à Secretaria de Saúde do Estado do Mato Grosso do Sul, caracterizada como a segunda unidade de saúde do município de Três Lagoas.

O Hospital conta atualmente com 54 leitos para internamento e tem uma área construída de 3.780,55 m<sup>2</sup>. Localiza-se na Rua Bruno Garcia, Nº 2330, Bairro Jardim Primavera, Três Lagoas – MS.

De acordo com o livro de registros do hospital, esta unidade atendeu, em média, no último semestre de 2014, a 2.046 pacientes por mês nas diferentes especialidades em que atua. Sua principal clientela é constituída pelos usuários dos planos Cassems e Unimed. A unidade não realiza atendimento exclusivo aos pacientes do Sistema Único de Saúde, que abrange a população predominante com renda de até dois salários mínimos.

O fornecimento de energia elétrica ao hospital é realizado por um alimentador de 13.800 V derivado da Subestação de Três Lagoas de propriedade da Elektro. Uma subestação (SE) de potência de instalação abrigada distribui energia para todo o complexo hospitalar. A SE é dotada de 2 (dois) transformadores, sendo uma unidade de 225 kVA e uma unidade de 112,5 kVA, totalizando 337,5 kVA de potência instalada. Entretanto, a unidade de 112,5 KVA é utilizada especificamente na alimentação do equipamento de hemodinâmica, cuja tensão de trabalho é 480 V. Sendo assim, além do transformador de 112,5 KVA/380 V há um transformador a seco de 150KVA 380 - 480 V para atender às especificações do equipamento de hemodinâmica.

No interior da subestação existem dois grupos geradores com potência nominal unitária de 150 kVA, totalizando 300 kVA. Os geradores são acionados automaticamente na ausência de energia da concessionária, entretanto os mesmos alimentam apenas o centro cirúrgico e o equipamento de hemodinâmica. Desta forma, durante a falta de eletricidade da concessionária o restante do hospital fica sem energia elétrica.

O consumo médio mensal registrado de energia elétrica é de 28.000,00 kWh, correspondente a uma demanda média nos últimos 12 meses de 74 KW no horário de ponta e 92 KW no horário fora de ponta. Sua demanda contratada é de 120 kW nos horários de ponta e fora de ponta.

O Hospital pertence ao grupo tarifário A4, segmento tarifa Verde. Sua fatura média mensal é de R\$ 10.223,00 (dez mil duzentos e vinte e três reais).

Sendo a despesa de energia elétrica um fator relevante para os custos do Hospital, é oportuno que seja realizado um Diagnóstico Energético para identificar possíveis e prováveis pontos de desperdício de energia que, se corrigidos, podem reduzir substancialmente as suas despesas operacionais.

## 4.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia de diagnóstico energético para determinação do potencial de conservação de energia elétrica de usos finais elaborada por Alvarez (1998) foi aplicada em toda unidade consumidora do hospital da Cassems.

A melhor maneira para a realização de um diagnóstico energético é a medição direta, simultaneamente de todos os usos finais existentes na instalação, a fim de determinar com precisão perfil energético de todo o sistema elétrico da edificação juntamente com a análise visual por meio do levantamento de dados *in loco* para complementação do diagnóstico.

Entretanto, a realização da medição direta tornou-se inviável em alguns momentos devido às seguintes barreiras: tempo hábil para realização das medidas, características físicas da instalação, circuitos não desagregados em usos finais, falta

de identificação nas instalações, limitado acesso aos circuitos elétricos e local inadequado para instalação dos analisadores de energia.

Identificando essas restrições durante a realização do diagnóstico energético no estudo de caso em questão, foi utilizada a medição direta apenas no secundário do transformador de 225 kVA, no aparelho de Raios X e no sistema de esterilização. Os demais dados foram coletados por inspeção em placas e características da instalação.

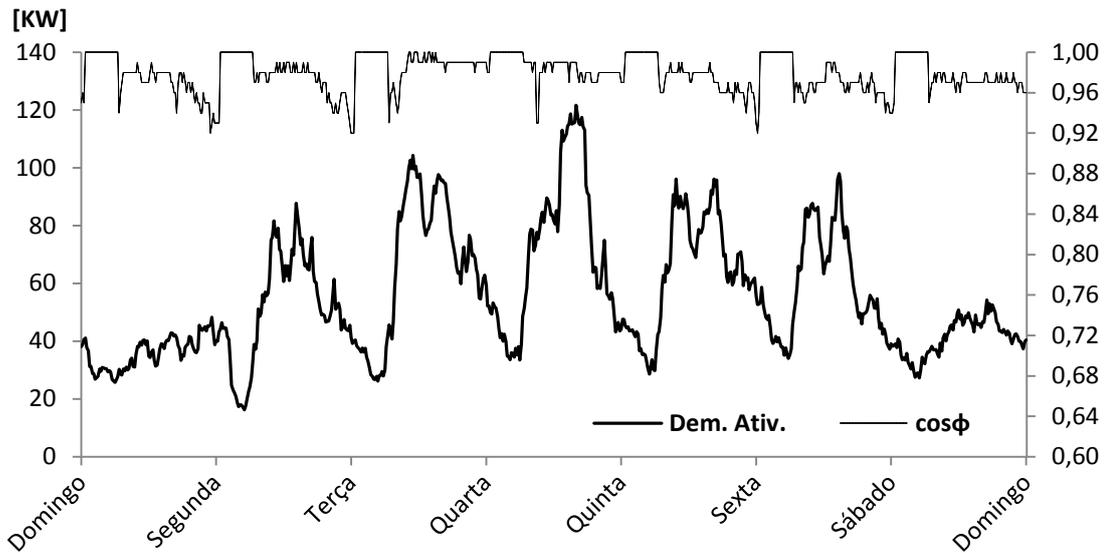
Para o mapeamento do perfil energético da unidade, foi realizada a desagregação do consumo global em usos finais de energia elétrica com base na metodologia desenvolvida por Alvarez (1998), já fundamentada na seção 2.2.2.

#### 4.3 RESULTADOS OBTIDOS NO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

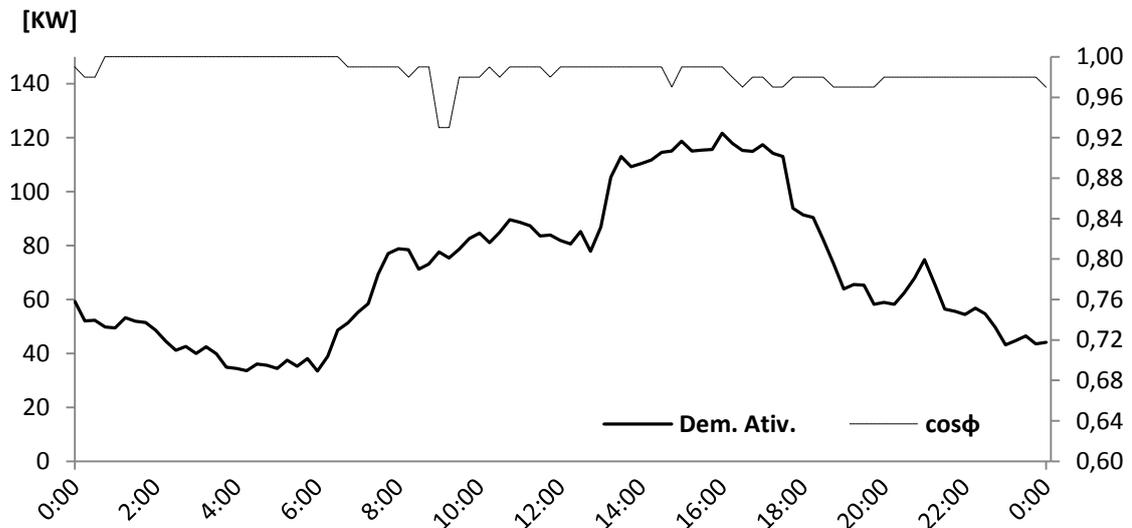
A unidade hospitalar é composta por três blocos, cujas instalações são alimentadas em 13,8 kV pela rede de distribuição da Elektro. A transformação em baixa tensão é realizada por um transformador de potência instalado na cabine primária. Atualmente o hospital se enquadra na modalidade horário verde, com uma demanda contratada de 120 kW.

O transformador da instalação foi monitorado durante uma semana típica, utilizando-se o multimedidor de Energia Trifásico da marca Embrasul em conjunto com o software Power- 4000 para leitura e tratamento dos dados.

Desta forma, foi obtida a curva de carga semanal da instalação (exibida na Figura 16) e a curva de carga diária (ilustrada pela Figura 17).



**Figura 16 – Associação Hospitalar CASSEMS – Curva de carga e fator de potência semanal.**  
**Fonte- Autoria própria.**



**Figura 17 – Associação Hospitalar CASSEMS – Curva de carga e fator de potência de um dia típico.**  
**Fonte- Autoria própria.**

Segundo a curva de carga da Figura 16, o consumo de energia elétrica apresenta certa uniformidade durante os dias úteis. As atividades na instalação (consultas, procedimentos não emergenciais, etc.) são iniciadas por volta das 06h00min da manhã, começando a ser encerradas às 18h00min e sendo efetivamente finalizadas às 22h00min.

Devido às altas temperaturas, principalmente na primavera e no verão (período em que foi feito o levantamento) nesta região, muitas cirurgias são realizadas entre 17h00min e 22h00min, tendo em vista que neste período do dia o clima está mais ameno, contribuindo para o processo de cura dos pacientes e justificando a demanda significativa de energia da instalação até mais tarde da noite.

A análise das curvas de carga ainda permite identificar que a maior demanda de energia está entre as 13h00min e 18h00min dos dias úteis, possivelmente pelo uso de equipamentos de ar condicionado nesse período. Em uma semana típica, a demanda fica em torno dos 62,41 KW durante os dias úteis e 38,61 kW durante os finais de semana.

A partir dos dados levantados por inspeção e medição direta por meio da aplicação da metodologia adotada, determinaram-se grandezas elétricas capazes de caracterizar o consumo da instalação, exibidas na Tabela 5.

**Tabela 5 - Grandezas características da instalação hospitalar no período de um mês**

<b>Grandezas</b>	<b>Valores Calculados</b>
Demanda média dos dias úteis	62,41 [KW]
Demanda média dos finais de semanas	38,61 [KW]
Demanda máxima registrada	121,66 [KW]
Demanda contratada	120,00 [KW]
fator de carga	0,46
Consumo por área útil	2,80 [KWh/m <sup>2</sup> ]
Consumo total	37.411,38 [KWh/mês]

**Fonte- Autoria própria.**

Analisando a Tabela 5, observa-se que o consumo de energia elétrica dos dias de fim de semana corresponde a 61,83% ( $100 \times 38,61 / 62,41$ ) do consumo dos dias úteis. Um valor relativamente alto considerando-se o número bastante reduzido de atividades desenvolvidas na instalação nos finais de semana. O fator de carga da instalação é baixo (0,46) evidenciando a falta de racionamento do uso de energia elétrica na instalação, revelada, também, pelo elevado consumo por área útil (2,8 kWh/m<sup>2</sup>).

### 4.3.1 Análise da fatura de energia elétrica

Para a realização deste estudo, foram consideradas as últimas vinte e quatro faturas de energia elétrica da instalação. Sendo assim, utilizou-se como base de dados o histórico de consumo do Hospital Cassems que atualmente é faturado na tarifa Verde, subgrupo A4, ilustrado na Tabela 6 a seguir.

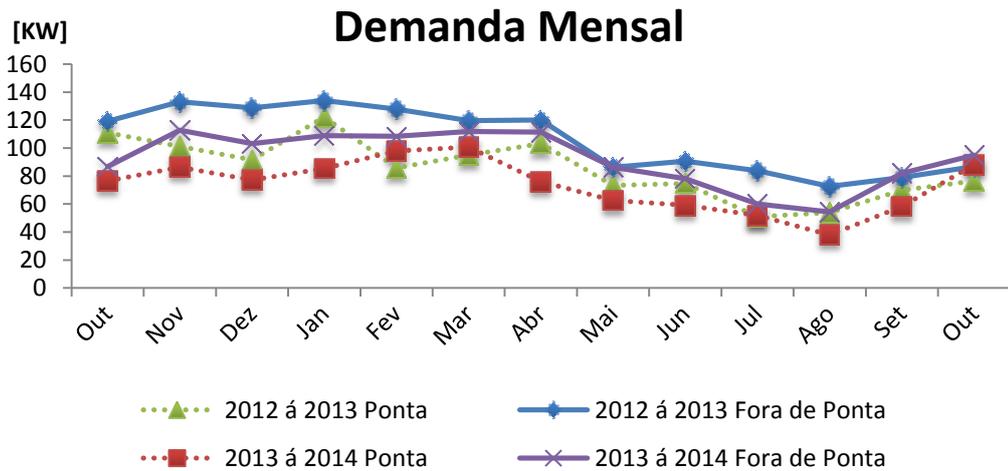
**Tabela 6 - Histórico de consumo do Hospital Cassems.**

Mês/ano	Consumo				Demanda contratada [kW]	Demanda				Custo [R\$]
	Energia ativa [kWh]		Energia reat exc [kWh]			Energia ativa [kW]		Energia reat exc [kW]		
	Ponta	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta		Pont a	Fora Ponta	Pont a	Fora Ponta	
out-12	3.305	26.989	0	0	126	111	119	88	114	10.000
nov-12	3.697	37.184	0	0	126	101	133	92	123	12.000
dez-12	3.562	33.070	0	11	140	92	129	83	118	13.664
jan-13	3.717	34.841	3	22	140	122	134	100	129	13.000
fev-13	3.641	35.662	0	22	140	86	128	77	111	13.021
mar-13	3.454	31.374	0	0	140	95	120	87	106	10.445
abr-13	3.566	29.830	0	11	140	103	120	94	105	10.763
mai-13	3.127	27.810	6	130	140	73	86	65	78	10.375
jun-13	2.043	16.384	6	86	140	75	91	69	81	7.309
jul-13	2.089	16.988	0	0	140	51	84	43	74	6.928
ago-13	1.973	17.982	0	11	140	54	73	48	64	6.857
set-13	2.181	16.956	0	0	140	70	79	54	69	7.235
out-13	2.791	22.000	0	0	140	76	87	65	78	9.476
nov-13	3.434	27.356	0	0	140	86	113	78	96	10.996
dez-13	3.272	28.026	0	0	140	77	103	69	94	11.762
jan-14	3.202	30.456	0	0	140	86	109	74	100	12.041
fev-14	3.915	30.953	0	0	140	98	108	90	99	12.750
mar-14	3.966	32.303	0	0	140	101	112	80	100	12.205
abr-14	3.333	29.560	0	0	140	76	111	67	101	11.203
mai-14	1.651	15.898	0	0	120	63	86	57	78	9.367
jun-14	2.176	15.228	0	0	120	59	78	52	70	7.022
jul-14	1.964	15.250	0	11	120	52	60	46	53	7.458
ago-14	1.598	13.392	0	0	120	38	54	30	50	6.350
set-14	2.268	17.129	0	11	120	58	82	47	75	8.992
out-14	3.025	24.602	0	0	120	88	95	68	87	14.345
<b>Subtotais</b>	<b>72.949</b>	<b>627.221</b>	<b>15</b>	<b>313</b>		<b>1.992</b>	<b>2.495</b>	<b>1.722</b>	<b>2.253</b>	
								<b>Total</b>		<b>255.564</b>

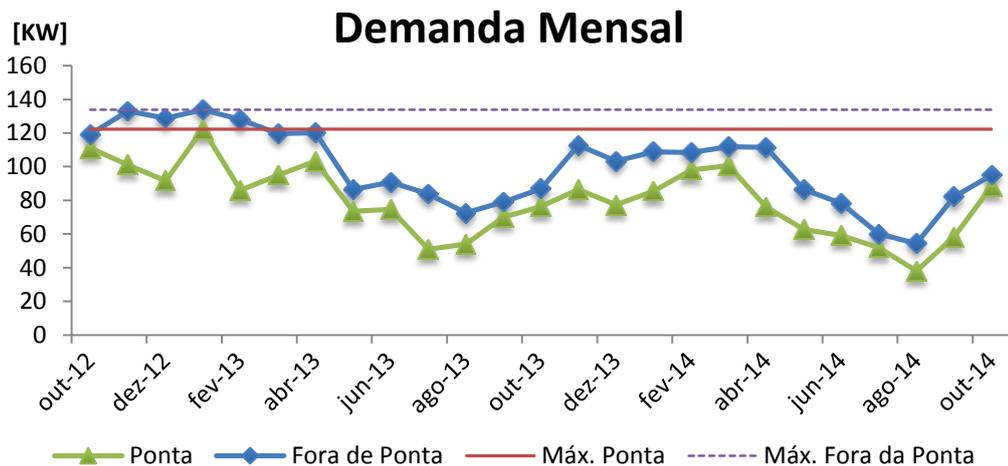
Fonte- Contas de energia elétrica expedidas pela concessionária.

#### 4.3.1.1 Demanda contratual

Para uma maior compreensão do comportamento da demanda de energia elétrica da unidade hospitalar, ilustra-se o histórico de demanda no horário de ponta e fora de ponta, respectivamente, nas Figuras 18 e 19.



**Figura 18 - Histórico de demanda no horário de ponta e fora de ponta.**  
Fonte- Autoria própria.



**Figura 19 - Máxima demanda medida no horário de ponta e fora de ponta.**  
Fonte- Autoria própria.

Os gráficos mostram um padrão estável, tanto nos valores quanto na sazonalidade das demandas; tanto no horário de ponta quanto fora de ponta. A maior demanda é registrada na conta do mês de Janeiro, justamente no verão, em que os

aparelhos de climatização são mais exigidos e a demanda de serviço nas unidades hospitalares é maior. Já a menor demanda registrada encontra-se nas contas de Junho e Agosto, coincidindo com o auge do inverno.

Na Figura 19, pode-se observar a máxima demanda medida nesse período. Admitindo que as demandas mensais futuras sigam o mesmo padrão e sabendo que a tolerância de ultrapassagem da demanda é de 5%, a demanda contratada não deve ser superior a Demanda Máxima/1,05.

Com base no histórico de demandas, a máxima demanda medida foi de 122,25 kW (ponta) e 133,92 kW (fora de ponta). Ambas em Janeiro de 2013. Desse modo, a demanda contratada não deve ser superior a 116,43 kW e 127,54 kW, em horários de ponta e fora de ponta, respectivamente.

No entanto, é possível que a demanda contratada mais adequada seja inferior a 116,43 kW e 127,54 kW. Para isso seria necessário uma análise mais minuciosa, com vistas a determinar a demanda que melhor se enquadra.

Como as tarifas de ultrapassagem são excepcionalmente elevadas, raramente ocorrem situações em que a demanda contratada mais vantajosa é menor que aquela calculada pela divisão da demanda máxima, verificada por 1,05.

Conforme se pode perceber, o processo envolve certas suposições, afinal, foi suposto que o próximo ano será uma repetição do ano anterior. Em geral, o consumo de energia elétrica depende de vários fatores, uns previsíveis e outros imprevisíveis e que não se repetem.

Assim, não há qualquer garantia que, apesar de usarmos uma boa técnica, o valor recomendado para a demanda contratada seja efetivamente aquele que resultará no menor gasto com a energia elétrica. Uma maneira mais científica de abordar a questão é através de métodos estatísticos de projeção, porém isso foge ao escopo deste trabalho (BRASIL, 2011).

#### *4.3.1.2 Enquadramento tarifário*

Para finalizar o estudo da fatura de energia elétrica, realizou-se uma análise relativa à seleção do grupo tarifário. Como as informações registradas nas faturas de energia elétrica das modalidades de tarifação menos complexas (Horário

Convencional) são insuficientes para avaliar vantagens ou desvantagens de modalidades mais complexas (tarifa Azul ou Verde), nem sempre este estudo pode ser realizado sem um bom conhecimento de engenharia elétrica e sem medições confiáveis.

No entanto, a partir das modalidades tarifárias mais complexas, podem-se avaliar as mais simples. Desta forma, tomando como base as faturas do Hospital Cassems, enquadrado na tarifação horária Verde, subgrupo A4, verificou-se que existe vantagem em migrar para a tarifação horária Azul no mesmo subgrupo.

Primeiramente, determinaram-se os valores contratuais mais adequados às duas modalidades de tarifação (Verde e Azul), utilizando as tarifas de demanda, ilustradas na Tabela 7 a seguir.

**Tabela 7 - Tarifas de demanda nas modalidades horária Azul e verde.**

Tarifa de Demanda [R\$/kW]					
Horária Azul				Horária Verde	
Ponta	Fora de Ponta	Ultrapassagem Ponta	Ultrapassagem Fora de Ponta	Demanda (R\$/kW)	Demanda Ultrapassagem (R\$/kW)
21,91	6,9	43,82	13,8	6,9	13,8

**Fonte- Resolução homologatória nº 1.897, de 16 de junho de 2015, Aneel.**

Para a tarifa Azul, calcularam-se os dois valores contratuais (Demandas na Ponta e Fora de Ponta) que resultaram em menor gasto anual.

Na Tabela 8, foi realizado um teste lógico para facilitar o uso das fórmulas apresentadas no item 4.1: se a demanda verificada for menor que a contratada, o teste resulta em '0'; se a demanda for maior que a contratada, porém menor que a margem de ultrapassagem (5%), o resultado é '1'. E se a demanda verificada for maior que o limite de tolerância de ultrapassagem, o teste resulta em '2'.

Tabela 8 - Custo da demanda na modalidade horária azul.

MÊS/ANO	Demanda				Pagamento Ponta [R\$]				Demanda				Total [R\$]	
	Demanda Contratada		Medida [kW]	Teste Lógico	Pagamento Ponta [R\$]		Demanda Medida [kW]		Teste Lógico	Pagamento Fora Ponta [R\$]		Total [R\$]		
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta		Demanda	Ultrapassagem	Fora de Ponta			Demanda	Ultrapassagem	Ponta	Fora de Ponta	
out-12	116	128	111,02	0	2.541,56	0,00	119,23	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
nov-12	116	128	101,08	0	2.541,56	0,00	133,05	1	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
dez-12	116	128	91,58	0	2.541,56	0,00	128,73	1	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
jan-13	116	128	122,25	2	2.541,56	273,88	133,92	1	883,20	0,00	2.815,44	883,20		
fev-13	116	128	85,96	0	2.541,56	0,00	127,87	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
mar-13	116	128	95,04	0	2.541,56	0,00	119,66	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
abr-13	116	128	103,24	0	2.541,56	0,00	120,09	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
mai-13	116	128	73,44	0	2.541,56	0,00	86,4	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
jun-13	116	128	74,73	0	2.541,56	0,00	90,72	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
jul-13	116	128	50,97	0	2.541,56	0,00	83,8	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
ago-13	116	128	54	0	2.541,56	0,00	72,57	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
set-13	116	128	69,98	0	2.541,56	0,00	79,05	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
out-13	116	128	76,46	0	2.541,56	0,00	86,83	0	883,20	0,00	2.541,56	883,20		
nov-13	96	107	86,4	0	2.103,36	0,00	112,75	2	738,30	79,35	2.103,36	817,65		
dez-13	96	107	77,32	0	2.103,36	0,00	103,24	0	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
jan-14	96	107	85,53	0	2.103,36	0,00	108,86	1	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
fev-14	96	107	98,06	1	2.103,36	0,00	108,43	1	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
mar-14	96	107	100,65	1	2.103,36	0,00	111,88	1	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
abr-14	96	107	76,03	0	2.103,36	0,00	111,45	1	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
mai-14	96	107	62,64	0	2.103,36	0,00	86,4	0	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
jun-14	96	107	59,18	0	2.103,36	0,00	78,19	0	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
jul-14	96	107	51,84	0	2.103,36	0,00	60,04	0	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
ago-14	96	107	38,01	0	2.103,36	0,00	54,43	0	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
set-14	96	107	58,32	0	2.103,36	0,00	82,08	0	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
out-14	96	107	88,12	0	2.103,36	0,00	95,04	0	738,30	0,00	2.103,36	738,30		
<b>Total</b>											<b>58.554,48</b>	<b>20.420,55</b>		
<b>Total</b>											<b>78.975,03</b>			

Fonte- Autoria própria.

Tabela 9 - Custo da demanda na modalidade horária verde.

MÊS/ANO	Demanda Contratada	Demanda Medida [kW]		Demanda Registrada [kW]	Teste Lógico	Pagamento [R\$]		Total [R\$]
		Ponta	Fora Ponta			Demanda	Ultrapassagem	
out-12	126	111,02	119,23	119,23	0	822,69	0,00	822,69
nov-12	126	101,08	133,05	133,05	2	918,05	97,29	135,05
dez-12	140	91,58	128,73	128,73	0	888,24	0,00	128,73
jan-13	140	122,25	133,92	133,92	0	924,05	0,00	133,92
fev-13	140	85,96	127,87	127,87	0	882,30	0,00	127,87
mar-13	140	95,04	119,66	119,66	0	825,65	0,00	119,66
abr-13	140	103,24	120,09	120,09	0	828,62	0,00	120,09
mai-13	140	73,44	86,40	86,4	0	596,16	0,00	86,40
jun-13	140	74,73	90,72	90,72	0	625,97	0,00	90,72
jul-13	140	50,97	83,80	83,8	0	578,22	0,00	83,80
ago-13	140	54,00	72,57	72,57	0	500,73	0,00	72,57
set-13	140	69,98	79,05	79,05	0	545,45	0,00	79,05
out-13	140	76,46	86,83	86,83	0	599,13	0,00	86,83
nov-13	140	86,40	112,75	112,75	0	777,98	0,00	112,75
dez-13	140	77,32	103,24	103,24	0	712,36	0,00	103,24
jan-14	140	85,53	108,86	108,86	0	751,13	0,00	108,86
fev-14	140	98,06	108,43	108,43	0	748,17	0,00	108,43
mar-14	140	100,65	111,88	111,88	0	771,97	0,00	111,88
abr-14	140	76,03	111,45	111,45	0	769,01	0,00	111,45
mai-14	120	62,64	86,40	86,4	0	596,16	0,00	86,40
jun-14	120	59,18	78,19	78,19	0	539,51	0,00	78,19
jul-14	120	51,84	60,04	60,04	0	414,28	0,00	60,04
ago-14	120	38,01	54,43	54,43	0	375,57	0,00	54,43
set-14	120	58,32	82,08	82,08	0	566,35	0,00	82,08
out-14	120	88,12	95,04	95,04	0	655,78	0,00	95,04
<b>Total</b>								<b>3.200,17</b>

Fonte- Autoria própria.

De acordo com a Tabela 8, foram pagos em dois anos R\$ 78.975,03 pela parcela de demanda, com os seguintes valores contratuais:

- Demanda na Ponta
  - 116 kW
  - 96 kW
  
- Demanda na Ponta
  - 128 kW
  - 107 kW

Da mesma forma, para a tarifação Verde foi calculado um valor contratual (demanda) que resultou em menor gasto anual.

Nas faturas de energia elétrica da tarifa Verde é registrado apenas um valor de demanda medida, o maior valor entre a demanda na ponta e fora de ponta.

De acordo com a tabela 9, foram pagos nos dois anos R\$ 3.200,17 pela parcela de demanda, com os seguintes valores contratuais:

- Demanda
  - 126 kW
  - 140 kW

Agora resta calcular o valor pago nos dois anos, comparando-o com a parcela relativa ao consumo de energia elétrica nas duas modalidades tarifárias em análise.

A seguir, nas Tabelas 10 e 11, estão ilustrados os valores pagos na tarifação Azul e na tarifação Verde, nas quais se registraram os valores mensais de consumo na ponta e fora de ponta e os valores efetivamente pagos relativos consumos.

Tabela 10 - Custo do consumo na modalidade horária azul.

CONSUMO [KWh]		ENERGIA REAT EXC [KWh]		Pagamento Consumo [R\$]		Total [R\$]
PONTA	FORA DE PONTA	PONTA	FORA DE PONTA	Ponta	Fora de Ponta	
3305,34	26989,2	0	0	1.699,74	9.298,59	10.998,33
3696,73	37184,4	0	0	1.901,01	12.811,14	14.712,15
3561,51	33069,6	0	10,8	1.831,47	11.397,19	13.228,66
3717,25	34840,8	3,34	21,6	1.913,28	12.011,14	13.924,42
3641,32	35661,6	0	21,6	1.872,51	12.293,93	14.166,45
3453,94	31374	0	0	1.776,15	10.809,28	12.585,44
3565,51	29829,6	0,1	10,8	1.833,58	10.280,91	12.114,49
3127,14	27810	5,94	129,6	1.611,16	9.626,03	11.237,19
2042,82	16383,6	5,72	86,4	1.053,44	5.674,41	6.727,85
2089,47	16988,4	0	0	1.074,49	5.853,01	6.927,50
1973,37	17982	0	10,8	1.014,79	6.199,06	7.213,85
2181,16	16956	0	0	1.121,64	5.841,85	6.963,49
2791,26	21999,6	0	0	1.435,38	7.579,52	9.014,90
3433,64	27356,4	0	0	1.765,72	9.425,10	11.190,82
3271,64	28026	0	0	1.682,41	9.655,80	11.338,21
3202,2	30456	0	0	1.646,70	10.493,01	12.139,71
3914,56	30952,8	0	0	2.013,02	10.664,17	12.677,19
3965,97	32302,8	0	0	2.039,46	11.129,28	13.168,74
3332,88	29559,6	0	0	1.713,90	10.184,17	11.898,07
1650,78	15897,6	0	0	848,90	5.477,20	6.326,10
2175,55	15228	0	0	1.118,75	5.246,50	6.365,26
1963,87	15249,6	0	10,8	1.009,90	5.257,67	6.267,57
1597,86	13392	0	0	821,68	4.613,95	5.435,63
2268,1	17128,8	0	10,8	1.166,35	5.905,11	7.071,45
3025,29	24602,4	0	0	1.555,73	8.476,26	10.031,99
				<b>Total</b>		<b>253.725,43</b>

Fonte- Autoria própria.

Tabela 11 - Custo do consumo na modalidade horária verde.

CONSUMO [KWh]		ENERGIA REAT EXC [kvah]		Pagamento Consumo [R\$]		Total [R\$]
PONTA	FORA DE PONTA	PONTA	FORA DE PONTA	Ponta	Fora de Ponta	
3305,34	26989,2	0	0	3.458,28	9.298,59	12.756,87
3696,73	37184,4	0	0	3.867,78	12.811,14	16.678,92
3561,51	33069,6	0	10,8	3.726,30	11.397,19	15.123,49
3717,25	34840,8	3,34	21,6	3.892,74	12.011,14	15.903,88
3641,32	35661,6	0	21,6	3.809,80	12.293,93	16.103,74
3453,94	31374	0	0	3.613,75	10.809,28	14.423,04
3565,51	29829,6	0,1	10,8	3.730,59	10.280,91	14.011,50
3127,14	27810	5,94	129,6	3.278,05	9.626,03	12.904,08
2042,82	16383,6	5,72	86,4	2.143,33	5.674,41	7.817,74
2089,47	16988,4	0	0	2.186,15	5.853,01	8.039,16
1973,37	17982	0	10,8	2.064,68	6.199,06	8.263,74
2181,16	16956	0	0	2.282,08	5.841,85	8.123,93
2791,26	21999,6	0	0	2.920,41	7.579,52	10.499,93
3433,64	27356,4	0	0	3.592,51	9.425,10	13.017,62
3271,64	28026	0	0	3.423,02	9.655,80	13.078,82
3202,2	30456	0	0	3.350,37	10.493,01	13.843,37
3914,56	30952,8	0	0	4.095,69	10.664,17	14.759,85
3965,97	32302,8	0	0	4.149,48	11.129,28	15.278,76
3332,88	29559,6	0	0	3.487,09	10.184,17	13.671,26
1650,78	15897,6	0	0	1.727,16	5.477,20	7.204,36
2175,55	15228	0	0	2.276,21	5.246,50	7.522,72
1963,87	15249,6	0	10,8	2.054,74	5.257,67	7.312,40
1597,86	13392	0	0	1.671,79	4.613,95	6.285,74
2268,1	17128,8	0	10,8	2.373,04	5.905,11	8.278,15
3025,29	24602,4	0	0	3.165,27	8.476,26	11.641,54
<b>Total</b>						<b>292.544,61</b>

Fonte- Autoria própria.

Conforme exposto na Tabela 10 acima, na tarifação Azul o pagamento nos dois anos pelo consumo seria de R\$ 253.725,43. Somando a este valor o pagamento pela demanda calculado anteriormente, chega-se a um total de R\$ 332.700,46.

Com o enquadramento na tarifação Verde, o pagamento nos dois anos pelo consumo seria de R\$ 292.544,61 que, somado ao pagamento pela demanda, resultaria num gasto total de R\$ 295.744,78.

Conclui-se, então, que a melhor opção para a o hospital seria enquadrar-se na tarifação horária Verde.

Ainda com base nas faturas de energia analisadas, o consumo médio mensal de energia elétrica da unidade hospitalar foi de 30,12MWh entre outubro de 2012 a setembro de 2013 e 25,56Mwh entre setembro de 2013 a outubro de 2014, havendo uma redução de aproximadamente 7% durante um período curto. Efeito também

verificado na demanda média, que sofreu redução de 106,30KW para 92,28KW (em torno de 7%). Consequentemente, devido à redução da demanda e do consumo juntamente com as multas por ultrapassagem e excesso de reativos, houve uma redução de 5% dos custos médios de energia. Tal fato fora devido, também, ao início de um trabalho de gestão de energia implantado na unidade.

Não se pode afirmar ao certo quais os motivos que provocaram em alguns períodos valores baixos do fator de potência. No entanto, algumas suposições podem ser feitas com relação ao grande número de aparelhos de ar condicionado (Split) e a grande carga instalada em transformadores que funcionam praticamente vazios na maior parte do tempo.

#### **4.3.4 Sistema de iluminação**

Através do levantamento de dados via inspeção utilizando a planilha da figura 15, foram obtidas informações sobre os sistemas de iluminação e climatização e alguns equipamentos específicos do ambiente hospitalar.

O resumo das características do sistema de iluminação é exibido na Tabela 12, em que todos os ambientes foram classificados segundo a sua função ou atividade desenvolvida (consultórios, sala de Raios X, etc.) para um estudo mais detalhado.

A Tabela 12 mostra o quanto o sistema de iluminação atual de alguns setores é pouco eficiente, tendo em vista que os valores determinados de potência instalada por área útil é elevado quando comparados a valores de sistemas eficientes, que estão em torno de 10 W/m<sup>2</sup> (ALVAREZ, 1998).

Tal fato é devido ao uso de tecnologias pouco eficientes e à falta de aproveitamento da iluminação natural, em razão principalmente da arquitetura dos ambientes.

Apenas 14% das luminárias utilizadas na instalação são eficientes (refletores de alumínio com aletas), 33 % são refletores brancos sem aletas e 34 % são refletores de aletas brancos. Sendo assim, 67 % das luminárias existentes são compostas por tecnologias ineficientes.

Tabela 12 - Grandezas do sistema de iluminação.

Tipo de Ambiente	Potência Instalada [W]	Área [m <sup>2</sup> ]	[w/m <sup>2</sup> ]
Apartamentos	3560	375	9,5
Fachada	3100	-	-
Centro Cirúrgico	2690	215	12,5
Farmácia	1826	61	29,9
Corredores	1440	354	4,1
Exterior	800	-	-
Recepção	605	46	13,2
Jardim	600	-	-
Central de Guias	480	19	25,3
Berçários	400	27	14,8
Copa	340	24	14,2
Sala de Raios-X	285	21	13,6
Consultórios	240	34	7,1
Serviço de Imagem	240	34	7,1
Sala de Emergência	240	28	8,6
Lavanderia de Serviços	210	12	17,5
Sala de Observação	185	10	18,5
Enfermagem	160	19	8,4
Ultrassonografia	105	21	5,0
Expurgo	105	9	11,7
Sala de Gesso	80	14	5,7
Total	17691	1322,8	13,4

Fonte – Autoria própria.

. Na Figura 20, é segmentado o percentual de lâmpadas por potência instalada e tecnologia utilizada.

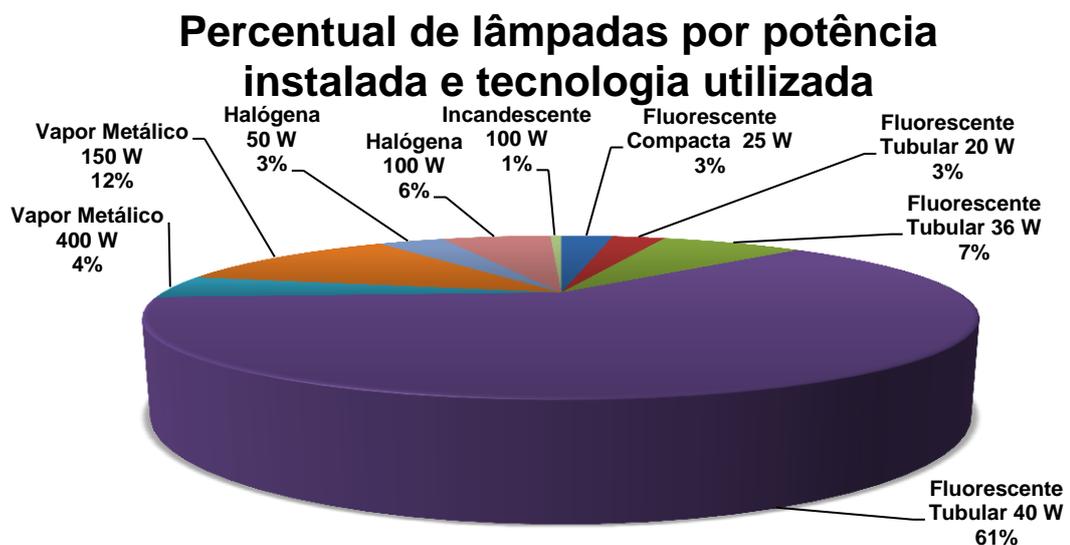


Figura 20 – Desagregação da potência instalada em iluminação por tecnologia utilizada.  
Fonte- Autoria própria.

A figura 20 apresenta a segmentação da potência instalada em iluminação nas várias tecnologias encontradas na instalação. Nota-se que tecnologias menos eficientes são utilizadas, com a participação de 1 % das lâmpadas incandescentes. As lâmpadas fluorescentes convencionais de 40 W representam 61 % da potência instalada em iluminação, restando 7 % para as lâmpadas fluorescentes de 36 W, 16 % para Vapor Metálico, 9 % para Halógenas, 3 % para fluorescentes compactas de 25 W e 3 % para fluorescentes tubulares de 20 W.

Há variações bem distintas no tempo de utilização das lâmpadas dentro do ambiente hospitalar já que, algumas áreas, como a administração, funcionam 8 horas/dia enquanto outras, como a emergência e a farmácia, funcionam 24 horas/dia, o que torna esse tipo de consumidor bem peculiar.

Um aspecto importante para a eficiência do sistema de iluminação é o estado de conservação e as condições de funcionamento das luminárias. Na Figura 21, pode-se observar a situação de duas luminárias ineficientes instaladas no corredor e sala de cirurgias, respectivamente.



**Figura 21 – Tipos de luminárias ineficientes existentes na instalação em estudo.**  
Fonte- Autoria própria.

Na figura 21, além do refletor não direcionar a luz adequadamente para o ambiente, verifica-se que a vida útil da lâmpada já esta chegando ao fim em razão das manchas escuras em suas extremidades. Já a segunda, perde grande parte de sua irradiação de luz por causa do difusor opaco, acessório obrigatório para esse tipo de ambientes.

### 4.3.3 Sistema de climatização

O sistema de climatização é composto por 43 aparelhos, dos quais 65% são do tipo “Split” e 35% do tipo janela, contabilizando no total uma potência instalada em torno de 55 KW, como ilustrado na tabela a seguir.

No sistema atual, predominam os aparelhos de 9.000 BTU/h (com 23% do total), os de 10.000 BTU/h (com 19%), 12.000 BTU/h (com 16%), 7.500 BTU/h e 24.000 BTU/h (com 12 % do total cada), ficando o restante dos percentuais com os aparelhos de 17.000, 22.000, 32.000 e 60.000 BTU/h. Diferente do que acontece na iluminação, a distribuição dos equipamentos em relação à potência é mais equilibrada no sistema de climatização, já que 81 % dos aparelhos estão divididos em 5 (cinco) faixas diferentes de potência.

**Tabela 13 - Potência instalada do sistema de climatização.**

Tipo de Tecnologia	Potência Instalada [KW]
Ar condicionado tipo Split	43,18
Ar condicionado tipo Janela	12,77
Total	55,95

**Fonte- Aatoria própria.**

De acordo com a tabela 13, 23 % da potência instalada do sistema de refrigeração são de aparelho do tipo janela, uma tecnologia pouco eficiente se comparada às tecnologias existentes no mercado atualmente como, por exemplo, o sistema *inverter*. O sistema *inverter*, dependendo do modelo, é capaz de gerar economia de 40% a 80% em relação ao sistema convencional de expansão direta. Outro aspecto muito importante detectado é a falta de planos de manutenção, nos quais são previstos todos os cuidados com a parametrização de cada equipamento, ajustes e limpeza de filtros, contribuindo assim, não só para evitar o desperdício de energia, mas também para impedir interrupções não desejadas nos equipamentos. Como se pode observar na Figura 22 a seguir, o aparelho do tipo “split” está ocasionando infiltrações na parede devido à falta de limpeza dos filtros de ar e, ao lado na mesma figura, outro equipamento está funcionando com as proteções laterais

abertas, conseqüentemente interferindo em seu rendimento, além das más condições dos seus circuitos elétricos, que estão expostos ao tempo.



**Figura 22 – Aparelhos de ar condicionado em má condição de uso.  
Fonte- Aatoria própria.**

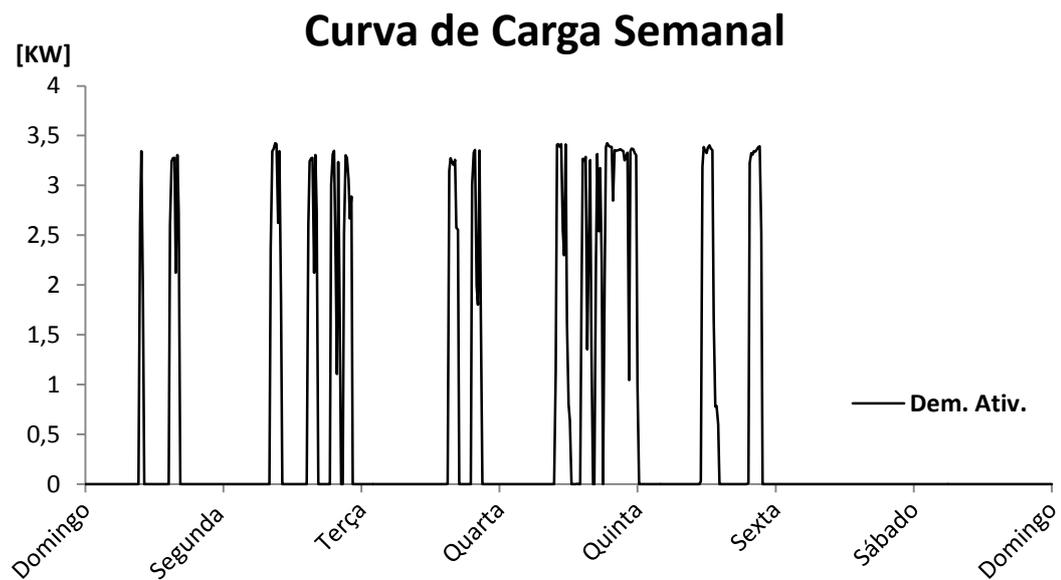
#### **4.3.4 Equipamentos hospitalares**

Utilizando o método de medição direta e o levantamento *in loco* foi possível determinar a curva de carga, tempo de operação e outras características dos equipamentos de esterilização, Raios X e focos cirúrgicos, além de aspectos característicos dos ambientes. Estes resultados foram levantados mediante acesso aos dados de placas e conversa com os usuários.

O setor de esterilização do Hospital Cassems conta atualmente com dois aparelhos de esterilização: uma Autoclave horizontal automática modelo HAE 19 de 9 kW da Sercon e um Esterilizador a Vapor - HI SPEED também de 9 kW da Baumer (ambos ilustrados na Figura 23), totalizando uma carga instalada de 18 kW. Foi realizada, durante o período de levantamento de dados, apenas a medição direta de uma autoclave, tendo em vista que o acesso ao circuito de alimentação da outra era inviável. Desta forma, o consumo total desse sistema foi estimado pelo tempo médio diário de operação do equipamento (cerca de 9 horas por dia) vezes a carga total instalada, o que corresponde a 4.860,00 kWh/mês, em torno de 17% do consumo global do hospital. Com base nas medições realizadas em apenas uma autoclave foi possível identificar outras características do perfil energético desse sistema, ilustrado na figura 24.



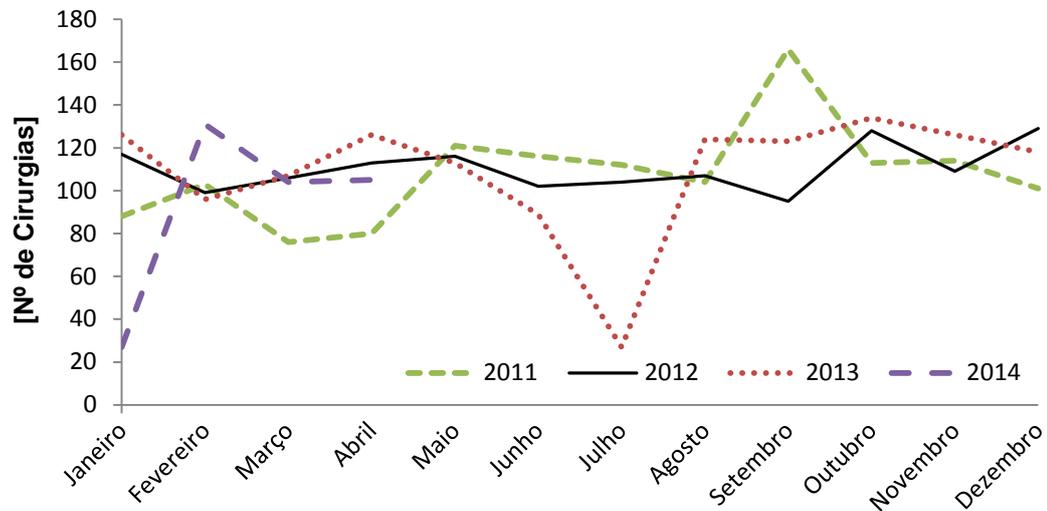
**Figura 23 – Sistema de Esterilização – Autoclaves.**  
**Fonte- Levantamento de dados in loco.**



**Figura 24 – Curva de carga do sistema de Esterilização – Autoclaves.**  
**Fonte- Medição direta.**

De acordo com a curva de carga ilustrada pela Figura 24, o sistema de esterilização não possui uma demanda contínua, principalmente em razão da irregularidade de realização de cirurgias e procedimento invasivos. O histórico das cirurgias realizadas encontra-se ilustrado na Figura 25. Em média, a demanda do sistema de esterilização é em torno de 3,2 KW.

## Cirurgias Realizadas



**Figura 25 – Histórico de realização de cirurgias na unidade em estudo.**  
**Fonte- Livro de registros do Hospital CASSEMS Três Lagoas.**

Observa-se também nesse período de medição que o perfil de utilização desse equipamento está relacionado diretamente com a quantidade de cirurgias realizadas, pois o sistema só é utilizado nos dias em que são realizados procedimentos cirúrgicos.

Entretanto, o outro aspecto analisado, além do consumo das autoclaves, foi o estado de conservação e eficiências das mesmas. Uma autoclave conta com uma vida útil média de 10 anos (PINHEIRO; D'ARAYS ; D'ARAYS, 2013), sendo que foi constatado que a máquina do fabricante Sercon possui mais de vinte anos de uso e a máquina Baumer já contabiliza quinze anos de uso. Por causa desse desgaste, verificou-se que a eficiência no ciclo de esterilização está longe do ideal. Pelas orientações de ambos os fabricantes, o ciclo total de esterilização dura em média entre 15 a 20 minutos, como o exposto na tabela 14.

**Tabela 14 - Ciclo ideal de esterilização.**

Equipamentos	Tempo de Operação	
	Temperatura [C°]	Tempo [MIN]
Materiais Pesados	134	30
Materiais Leves	127	15

**Fonte- Manual instalação BAUMER e Manual de operação SARCON.**

Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), a temperatura de esterilização dos materiais deve seguir uma faixa entre 127 °C a 134°C, dados também expostos na tabela acima. Salienta-se que os materiais pesados incluem aqueles utilizados em cirurgias (todo o instrumental cirúrgico) e os materiais leves são as roupas utilizadas pela equipe de cirurgia, material de silicone entre outros.

Desta forma, nota-se que um processo que levaria de 1 hora a 1 hora e 20 minutos está durando 1 hora e 45 minutos ou até mesmo 2 horas, dependendo do tipo e quantidade de material, resultando em um tempo adicional significativo comparado àquele especificado pelos fabricantes.

Ainda no bloco cirúrgico, foram encontrados dois tipos de focos cirúrgicos (fixo e móvel) com variações de quantidade e potência, conforme pode ser observado na tabela 15. Nas salas cirúrgicas 1 (um) e 2 (dois), os focos são da mesma marca com duas cúpulas e uma lâmpada cada. Já na sala 3 (três), foi encontrado um modelo diferente com duas cúpulas e 4 (quatro) lâmpadas cada. Os dois tipos móveis são de marcas diferentes e possuem uma cúpula e uma lâmpada cada.

**Tabela 15 - Carga instala em focos cirúrgicos.**

Ambiente	Foco Cirúrgico				Lâmpadas		
	Tipo	Nº	Uso [h/dia]	Conservação B= Boa R= Regular P= Precária	Tipo	Potência [W]	Nº
Sala Cirúrgica 1	Fixo	1	4	R	Halógena	330	2
Sala Cirúrgica 2	Fixo	1	4	R	Halógena	330	2
Sala Cirúrgica 3	Fixo	1	4	R	Halógena	55	8
	Móvel	1	-	R	Halógena	-	1
	Móvel	1	-	R	Halógena	-	1

**Fonte- Levantamento de dados in loco.**

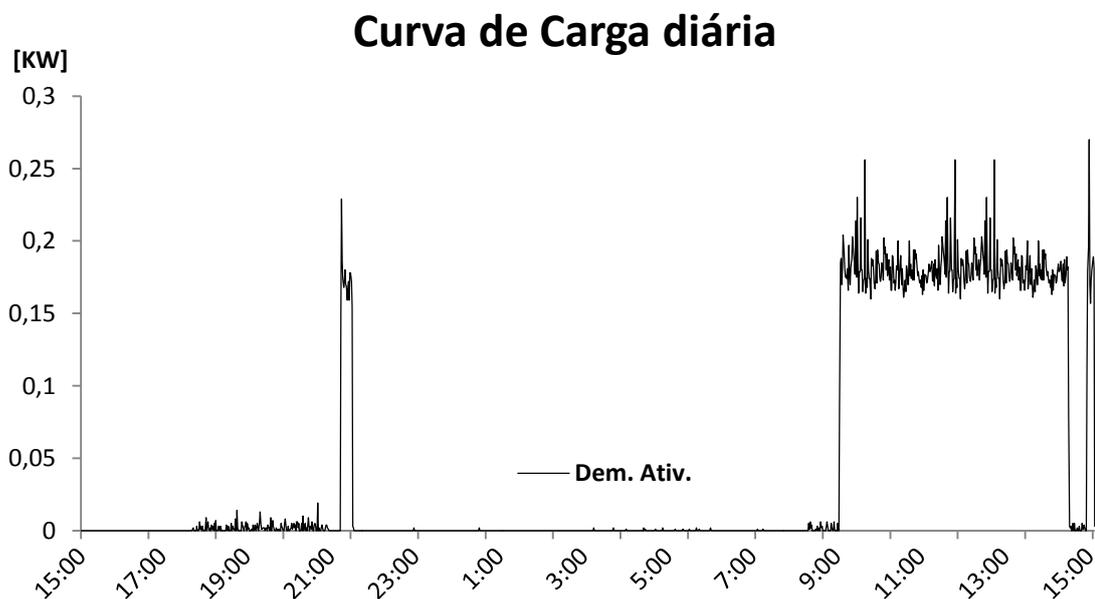
Assim como o sistema de climatização e iluminação, os focos cirúrgicos permanecem ligados durante a realização dos procedimentos em média 5 horas por dia, principalmente nos dias que são realizados entre 3 a 5 procedimentos cirúrgicos.

Outro equipamento médico hospitalar que também é muito exigido é o aparelho de Raios X. Sua maior demanda de energia ocorre no momento da geração dos raios X para a formação da radiografia, cuja intensidade de energia pode variar dependendo da parte do corpo que for receber a incidência de raios. Entretanto,

mesmo que os disparos sejam feitos em curtos intervalos de tempo, devido ao número de radiografias realizadas e da baixa eficiência das tecnologias utilizadas, este uso final pode ser um potencial de conservação de energia elétrica na instalação hospitalar.

Além disso, um aspecto ruim que foi observado neste estudo de caso é o fato de que o transformador que alimenta o gerador de raios do aparelho de Raios X permanece ligado, mesmo não sendo feita nenhuma radiografia, como se o equipamento estivesse em modo de espera o tempo todo.

Como se pode observar na curva de carga diária do equipamento de Raios X na Figura 9, entre as 09h00min e 15h00min o aparelho permaneceu ligado, embora procedimentos não tivessem sido realizados durante todo esse período. Apenas 6 (seis) pacientes foram submetidos a diagnóstico nesse dia, atendimentos que duraram apenas alguns segundos. Dessa forma, no restante do tempo, a demanda é devida ao transformador do gerador de Raios X.



**Figura 26 – Curva de carga do aparelho de Raios-X.  
Fonte- Medição direta.**

### 4.3.5 Desagregação do consumo por usos finais

Por meio do levantamento realizado via inspeção e medição direta, determinou-se o consumo desagregado em usos finais aplicando a metodologia elaborada por Alvarez (1989). Este método foi o procedimento mais adequado para a situação, já que a instalação em análise não possibilitou a medição direta para todos os usos finais analisados. Os resultados são apresentados na tabela 16.

**Tabela 16 - Consumo global desagregado em usos finais.**

<b>Sistema</b>	<b>Resultados</b>
Iluminação	
Potência instalada	20,35 [kW]
Fator de demanda	0,5
Fator de carga	0,4
Consumo	2.930,40 [kW/mês] 10,5% [%]
Climatização	
Potência instalada	55,95 [kW]
Fator de demanda	0,77
Fator de carga	0,4
Consumo	12.407,47 [kW/mês] 44,3% [%]
Aquecimento de água	
Potência instalada	49,50 [kW]
Fator de demanda	0,43
Fator de carga	0,40
Consumo	6.130,08 [kW/mês] 21,9% [%]
Berço Aquecido	
Potência instalada	3,12 [kW]
Fator de demanda	0,7
Fator de carga	0,4
Consumo	628,99 [kW/mês] 2,2% [%]
Outros equipamentos	4.289,86 [kW/mês] 15,3% [%]

**Fonte- Autoria própria.**

É importante salientar algumas observações sobre os valores utilizados para determinar o consumo desagregado por usos finais. Para o cálculo, foi utilizada a equação 5, em que se considera o fator de carga por usos finais igual ao fator de carga global da instalação.

No cálculo do consumo individual de iluminação, foi considerado o fator de demanda especificado pela ND 10 (2014), que sugere 0,5 para os primeiros 50kW de demanda referente a ambientes descritos como hospitais e semelhantes. Já para o uso final de sistema de climatização foi atribuído 0,77, conforme também orienta a normativa ND 10 (2014). Para usos finais de aquecimento de água adotou-se, de acordo com a mesma referência, fator de demanda de 0,46. Não foram levados em consideração nos cálculos os equipamentos defeituosos e que estavam sem condições de operar.

Para o sistema de berço aquecido, adotou-se, de acordo com a ND 10 (2014), o fator de demanda igual a 0,7, válido para equipamentos de aquecimento por resistência elétrica com números entre 2 a 4 unidades. E para determinar o consumo referente aos demais usos finais que não foram contemplados nesse estudo, devido principalmente à falta de dados como fator de carga e demanda típicos de equipamentos eletromédicos, foi realizada a diferença entre o consumo global e os sistemas calculados.

#### 4.4 POTENCIAIS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

##### **4.4.1 Potenciais de conservação do sistema de iluminação**

Por meio do levantamento realizado, identificando tipo, quantidades e potências de luminárias e lâmpadas instaladas em cada setor da unidade hospitalar, detectaram-se diversas oportunidades de conservação de energia elétrica. Pode-se citar, entre elas, o emprego de lâmpadas e luminárias mais eficientes que permitem manter ou melhorar o nível de iluminação com um consumo menor (substituição de lâmpadas fluorescentes 40W por 32W); divisão do circuito em setores, permitindo a iluminação de apenas parte de um ambiente grande (como os corredores);

automação de parte do sistema de iluminação utilizando sensores de presença; temporizadores e foto sensores para controle de período de funcionamento e níveis de iluminação (principalmente na farmácia, corredores e sala de emergência, locais onde se encontra grande carga instalada e que permanecem praticamente 24 horas em funcionamento, muitas das vezes, sem nenhum usuário); adequação dos níveis de iluminação para cada ambiente (baseados nas normas pertinentes); manutenção e limpeza de lâmpadas e luminárias; alteração da disposição das luminárias e melhor aproveitamento da iluminação natural, visto que a maiorias das vidraças nas dependências do hospital são opacas e difusas.

Considerando a proposta de realizar a simples troca de equipamentos, ou seja, sem projeto luminotécnico, substituindo-se as lâmpadas atuais por tecnologias mais eficientes na relação de 1-1, como ilustrado na tabela 17 a seguir, o potencial de conservação de energia elétrica do sistema de iluminação pode ser estimado através da equação 6.

**Tabela 17 - Comparativo de tecnologias de iluminação.**

<b>Tecnologia Atual</b>	<b>Potência [W]</b>	<b>Tem. Cor [K]</b>	<b>Fluxo Lum. [lm]</b>	<b>Vida Útil [h]</b>	<b>Eficiência Luminosa [lm/W]</b>
Fluorescente Compacta	25	6400	1475	6.000	59
Fluorescente Tubular	20	5250	1060	7.500	53
Fluorescente Tubular	36	6400	2300	6.000	64
Fluorescente Tubular	40	5250	2700	7.500	68
Incandescente	100	2700	750	1.000	8
Vapor Metálico	150	4000	11250	8.000	75
Vapor Metálico	400	4000	32000	12.000	80
Halógena Par 20	50	2800	350	1.000	7
Halógena Par 30	100	2900	950	2.000	10

<b>Tecnologia Proposta</b>	<b>Potência [W]</b>	<b>Tem. Cor [K]</b>	<b>Fluxo Lum. [lm]</b>	<b>Vida Útil [h]</b>	<b>Eficiência Luminosa [lm/W]</b>
Bulbo LED	11	6500	1100	20.000	100
Tubular LED	16	6500	1390	15.000	87
Tubular LED	18	6500	1620	30.000	90
Tubular LED	24	6500	2640	40.000	110
Bulbo LED	9	6500	900	20.000	100
LED High Power	72	6000	5280	30.000	73
Refletor LED	250	4000	11392	70.000	46
Par 20 LED	7	6500	560	25.000	80
Par 30 LED	13	6500	1040	25.000	80

**Fonte- Catálogo Taschibra e Philips.**

O cálculo é feito a partir da diferença percentual entre a potência da nova carga proposta pela potência da carga instalada atual, vezes o consumo mensal. Foi desconsiderada a carga instalada em luminária hermética.

A Tabela 18 a seguir mostra os potenciais de conservação de energia elétrica calculados a partir da equação 5, referentes à substituição de direta de tecnologia.

**Tabela 18 - Potencial de conservação do sistema de Iluminação.**

Tecnologia Atual	Tecnologia Proposta	Potência Instalada Atual [kW]	Potência Instalada Proposta [kW]	Consumo Atual [KWh/mês]	Potencial de Conservação [KWh/mês]	[%]
Fluorescente Compacta 25 W	Bulbo LED 11W	0,48	0,21	68,40	38,30	1,8%
Fluorescente Tubular 20 W	Lâmpada Tubular LED 16W	0,48	0,38	69,12	13,82	0,6%
Fluorescente Tubular 36 W	Lâmpada Tubular LED 18W	1,30	0,65	186,62	93,31	4,3%
Fluorescente Tubular 40 W	Lâmpada Tubular LED 24W	8,20	4,92	1.180,80	472,32	21,8%
Incandescente 100 W	Bulbo LED 9W	0,10	0,01	14,40	13,10	0,6%
Vapor Metálico 150 W	LED High Power 72W	2,10	1,01	302,40	157,25	7,3%
Vapor Metálico 400 W	Refletor LED 250W	0,80	0,50	115,20	43,20	2,0%
Halógena 50 W	Par 30 LED 7W	0,60	0,08	86,40	74,30	3,4%
Halógena 100 W	Par 38 LED 13W	1,00	0,13	144,00	125,28	5,8%
<b>Total</b>		<b>15,05</b>	<b>7,89</b>	<b>2.167,34</b>	<b>1.030,90</b>	<b>47,6%</b>

**Fonte- Autoria própria.**

A partir da substituição direta de tecnologia, como se pode observar na Tabela 18, o sistema simulado consumiria apenas 52% da energia elétrica consumida pelo sistema atual (cerca de 1.136,45 KWh/mês). Tal valor foi estimado utilizando o consumo atual em iluminação, vezes a potência instalada do sistema proposto, dividido pela potência instalada em luminárias operantes do sistema atual.

Sendo assim, conclui-se que, em função da grande diversidade de produtos no mercado, estes devem ser analisados tecnicamente antes de serem implantados nas instalações. A iluminação a LED, com certeza, é a grande tendência tecnológica para iluminação e existem produtos de elevada qualidade disponíveis no mercado. Todavia, existem também produtos não apropriados. Vários aspectos precisam ser analisados para que as soluções sejam realmente viáveis tecnicamente. Cabe ao projetista, especificador e ao comprador estarem atentos às características dos produtos.

#### 4.4.2 Potenciais de conservação do sistema de climatização

O potencial de conservação de energia do sistema de climatização foi estimado a partir do cálculo da carga térmica dos ambientes que possuem aparelho de ar condicionado atualmente, por meio de consulta à Tabela 2, já ilustrada na seção 2.2.4.2.

A área média climatizada é de 61,52 m<sup>2</sup> para uma quantidade de 43 ambientes, totalizando 799,78 m<sup>2</sup>. Considerando as características físicas da instalação, foram adotadas as seguintes condições para a análise:

- 4 usuários por ambiente (acréscimo de 1.200 Btu/h por ambiente).
- 100% dos ambientes são classificados como "ambientes sob telhado com forro", recebendo radiação solar o dia todo (23.000 Btu/h).

Dessa forma, a carga térmica estimada total que o sistema de climatização deve retirar dos ambientes é 1,04 MBtu/h (23.000 + 1.200) x 43. Considerando a utilização de um sistema de ar condicionado eficiente com EER igual a 10 e que os equipamentos permaneçam em operação 8, 12 e 24 horas por dia na proporção de 10, 14 e 76 % da área climatizada, respectivamente, o consumo de energia elétrica estimado a partir da nova carga térmica é-

$$\text{Consumo} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot \Delta t_i}{1000 \cdot EER_i} =$$

$$= \frac{0,10 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 1,04 \cdot 10^6 + 0,14 \cdot 12 \cdot 30 \cdot 1,04 \cdot 10^6 + 0,76 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 1,04 \cdot 10^6}{1000 \times 10} =$$

$$\text{Consumo} = 9.640,12 \text{ KWh/mês}$$

Assim, ao comparar este valor com o consumo atual do uso final do ar condicionado (12.407,472 KWh/mês), obtém-se o potencial de conservação de energia elétrica de 23,2 % (2.767,35 KWh/mês), o que corresponde a uma redução de 9 % do consumo global da instalação.

Ainda é importante salientar que o consumo mensal por área climatizada proporcionado pelo sistema simulado é de 12,4 KWh/mês.m<sup>2</sup>, um valor conservativo diante do obtido para hospitais brasileiros com número de leitos inferior a 50, cerca de 9,8 KWh/mês.m<sup>2</sup> (SZKLO; SOARES; TOLMASQUIM, 2004).

#### **4.4.3 Potenciais de conservação de equipamentos hospitalares**

Atualmente, ainda são poucas as experiências e casos de sucesso na implantação de ações conservativas na área de equipamentos biomédicos. Os principais fatores que dificultam os projetos nessa área são o alto custo dos equipamentos, a complexidade construtiva e de operação dos mesmos, além do pouco conhecimento quanto ao comportamento e importância destas cargas frente aos demais usos finais (DUART, *et al.*, 2008).

Devido aos constantes progressos técnicos e científicos, são introduzidos no mercado equipamentos biomédicos eficientes e mais seguros, porém com custos elevados. Por esse motivo, o fator custo-benefício se torna um elemento fundamental no contexto de recursos financeiros limitados, no qual a maioria dos hospitais se encontra.

##### *4.4.3.1 Aparelhos de raios x*

Os aparelhos de Raios X são identificados de acordo com sua energia máxima ou conforme sua função específica. As unidades de radiodiagnósticos normalmente operam numa mesma faixa de voltagem (40-150kvp) e corrente no tubo (25-1.200mA) (SANTOS, 2010).

Estudos feitos por Kaehler et al (2008) mostram que um aparelho antigo de Raios X é responsável por aproximadamente 30 % do consumo do setor de Radiologia, e que a simples substituição de um aparelho obsoleto de 80KW de pico por uma máquina de 30KW de pico, com gerador dotado de conversor de alta frequência, pode proporcionar uma diferença de 80 % do consumo mensal entre os

equipamentos. Além disso, a máquina de 30KW possui tamanho menor e produz radiografias de alta qualidade.

Desta forma, o potencial de conservação de energia elétrica poder ser calculado a partir da substituição de tecnologia, comparando o consumo determinado por meio da medição direta dos Raios X existentes atualmente no hospital com o consumo desagregado estimado pela nova carga instalada do aparelho proposto.

Considerando como proposta a substituição do aparelho atual de 50KW por uma tecnologia mais avançada (composta por uma máquina de 32KW), o consumo pode ser calculado pela equação 5, resultando nos valores ilustrados na Tabela 19.

**Tabela 19 - Potencial de conservação do aparelho de Raios-X.**

	<b>Modelo</b>	<b>Potencial [KW]</b>	<b>Consumo Desagregado [KWh/mês]</b>
Atual	TILTIX	50	578,88
Proposta	RADspeed	32	370,48

**Fonte- Aatoria própria.**

Comparando o valor atual do consumo desagregado do uso final de Raios X (578,88 KWh/mês) com o consumo desagregado a partir da tecnologia proposta, obtém-se o potencial de conservação de energia elétrica de 36 % (208,4 KWh/mês), em torno de 0,8 % do consumo global da instalação.

Devido a restrições no analisador de energia disponível para a realização deste trabalho, a medição direta do consumo do uso final de Raios X só foi possível durante um dia, sendo então o consumo mensal estimado a partir do consumo medido em um dia típico de utilização do aparelho.

#### *4.4.3.2 Autoclaves*

Mediante a análise feita no sistema de esterilização atual, no qual se observou ineficiência no processo de esterilização, sugere-se neste momento a substituição das autoclaves como a melhor forma de reduzir o consumo sem deixar de atender à demanda de serviço existente no setor de esterilização atualmente. Esta medida

também melhorará a qualidade do serviço prestado, que será realizado em menor tempo.

Ao analisar os resultados obtidos 4.3.4, observa-se que as autoclaves possuem problemas quanto à eficiência energética. Ao verificar o ciclo operacional destas máquinas, pode-se dimensionar um modelo de autoclave mais moderno e que se adapta à demanda do sistema de esterilização atual.

Para o sistema proposto, é dimensionado o Esterilizador a Vapor da Baumer modelo HI SPEED II com as seguintes características:

- Capacidades de 201 litros;
- Faixa de trabalho 121 a 134°C;
- Livre programação de temperatura e impressão do resultado das esterilizações, tempo, secagem e resfriamento do material;
- Display *touch screen*;
- Porta tipo guilhotina semiautomática;
- Operação simples e segura.

A partir da substituição das duas autoclaves existentes por apenas uma de capacidade maior, é realizada a comparação entre os sistemas, ilustrados na Tabela 20.

**Tabela 20 - Potencial de conservação do sistema de Esterilização.**

<b>Sistema Atual</b>	
Quantidades	2
Potência Instalada	18 kW
Consumo	4.860,00 kWh/mês
Tempo médio de operação ao dia	9 horas
<b>Sistema Proposto</b>	
Quantidades	1
Potência Instalada	15 kW
Consumo	3.150,00 kWh/mês
Tempo médio de operação ao dia	7 horas
<b>Potencial de conservação energia elétrica</b>	
Consumo reduzido	1.710,00 kWh/mês
Percentual de redução	35,2 %

**Fonte- Autoria própria.**

A Tabela 20 ilustra os dados de operação e consumo de uma máquina sugerida de 201 litros com o ciclo de operação diário de 7 horas, o que compensaria com o mesmo volume de material esterilizado na situação atual. O sistema proposto é capaz de esterilizar a mesma capacidade do sistema atual, entretanto com a potência instalada total e tempo de operação, respectivamente 16% e 22% menor. Algumas possíveis vantagens proporcionadas à unidade hospitalar são:

- Reduzir consumo de energia elétrica (kWh) e perdas elétricas;
- Maior eficiência dos equipamentos;
- Redução de horas paradas de manutenção;
- Redução de custos do setor de manutenção;

#### 4.4.4 Potenciais de conservação nos circuitos elétricos

Além dos potenciais de conservação identificados especificamente nos usos finais de energia elétrica, as instalações do hospital da Cassems também apresentam outros casos de ineficiência do sistema elétrico. Neste sentido, é comum visualizar práticas arcaicas e abaixo do padrão, como nas caixas de passagem dos circuitos elétricos (figura 27, a seguir). A imagem ilustra circuitos menores que são derivados da rede de alimentação principal, sem a utilização de nenhum dispositivo de proteção contra curtos circuitos e sobrecarga. Também podem ser vistas emendas feitas sem uma solda adequada.



**Figura 27 - Exemplo de conexões ineficientes.**  
Fonte- Autoria própria.

Outro aspecto que também pode ser citado é a falta de vedação dessas caixas. Conforme se pode verificar, ambas apresentam resquícios e ao ficar inundadas nos períodos de chuvas ocasionam além das perdas de energia com pequenos curtos circuitos, a exposição dos usuários aos choques elétricos.



**Figura 28 - Exemplo de quadros sem proteção e identificação.  
Fonte- Autoria própria.**

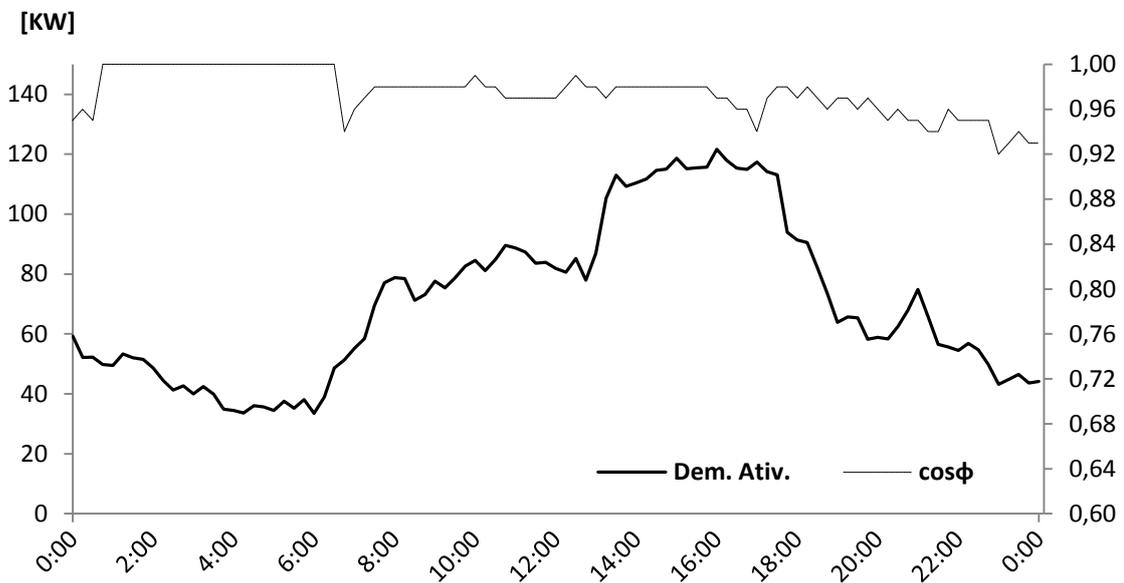
Ainda com relação à segurança e à ineficiência das instalações elétricas, também foi constatada a falta de proteção e identificação dos circuitos como ilustradas na figura 28. Além de não estarem desagregadas a partir da carga final, muitas caixas de distribuição de cargas não possuem proteção ou alerta a respeito de choques elétricos, bem como a identificação sobre qual carga está sendo alimentada nesse setor.

A determinar de forma quantitativa o potencial de conservação de energia nesses casos torna-se inviável. Os cálculos das perdas, más conexões, cabos dimensionados inadequadamente, circuitos desbalanceados devidos aos imprevistos e ampliações de carga não planejadas só seriam possíveis a partir de um diagnóstico minucioso, no qual fosse possível monitorar todas as segmentações dos circuitos elétricos. Para isso, seria necessário desagregar todo o fluxo de consumo de energia do sistema, o que levaria muito tempo, investimento em equipamentos de medição adequados e um estudo detalhado da dinâmica da instalação elétrica.

#### 4.4.5 Potenciais de conservação com geração alternativa

Outra medida para reduzir os gastos com energia elétrica é a utilização de uma geração alternativa, através da instalação de geradores diesel com o fim de suprir a energia utilizada no horário de ponta.

Como se pode observar na figura 29, a curva de carga do sistema elétrico em um dia típico no Hospital da Cassems tem uma demanda acentuada no horário entre às 18 horas e 21 horas. Define-se como horário de ponta, para efeitos de tarifação, três horas consecutivas que estariam entre as 17 e 22 horas, de segunda a sexta-feira. Ou seja, em um mês ter-se-ia, em média, 65 horas de ponta e 665 horas fora de ponta. Analisando a tarifa horária verde e azul, o horário fora de ponta é praticamente igual. O que diferencia (em valores) é a tarifa no horário de ponta. A geração própria, por meio de uma geração de energia alternativa no horário de ponta, pode vir a se justificar economicamente.



**Figura 29 - Curva de carga de um dia típico do Hospital da Cassems.**  
**Fonte- Analisador de energia.**

#### 4.4.5.1 Dimensionamento do grupo gerador

A classificação “Energia Prime” é usada para definir as situações nas quais o fornecimento de energia elétrica pelo grupo gerador substitui a energia adquirida da empresa distribuidora. O número de horas de operação permitido por ano é “ilimitado” para aplicações com “carga variável”, porém é “limitado” para aplicações com “carga constante”.

A unidade hospitalar se enquadra como carga variável e, portanto, caracterizado por ter tempo de funcionamento ilimitado.

Esta classificação do tipo “Energia Prime” permite que o grupo gerador esteja disponível por um número “ilimitado” de horas de operação ao ano, em aplicações com “carga variável”. Aplicações que exijam qualquer operação em paralelo com a fonte usual de energia com carga constante estão sujeitas a limitações de tempo de funcionamento. Em aplicações com carga variável, o fator de carga médio não deve exceder 70% da classificação de “Energia Prime”. Uma capacidade de sobrecarga de 10% é admissível, por um período máximo de 1 hora para cada período de 12 horas de operação.

Levantou-se a demanda máxima, conforme a carga máxima que deverá ser atendida para o hospital. Vide a Tabela 21 a seguir.

**Tabela 21 - Demanda registrada nas faturas de energia.**

Demanda [kW]												
out-13	nov-13	dez-13	jan-14	fev-14	mar-14	abr-14	mai-14	jun-14	jul-14	ago-14	set-14	out-14
86,83	112,75	103,24	108,86	108,43	111,88	111,45	86,4	78,19	60,04	54,43	82,08	95,04
<b>Demanda Máxima</b>			<b>112,75 [kW]</b>									

**Fonte- Contas de energia expedidas pela concessionária.**

Utilizou-se a demanda máxima de 112,75 kW (vista na Tabela 16) para estabelecer a classificação de Energia Prime 100%, como se o sistema estivesse operando normalmente com os 100% de potência. Logo, o sistema em sobrecarga 110% iria operar em aproximadamente 125,28 kW.

Para obter o nível de energia médio, ao invés de utilizar os dados de demanda serão utilizados os valores de consumo para chegar a um resultado mais coerente.

Conforme os dados da Tabela 9, a média do consumo mensal de energia no horário de ponta é de 2.814,89 kWh.

Para obter a potência de energia média solicitada por hora, divide-se o consumo médio de 2.814,89 kWh pela quantidade de horas total do horário de ponta (65h) como visto anteriormente, obtendo-se o valor de 43,30 kW/h.

- Fator de Operação do grupo gerador
- Potência Demanda pelo grupo gerador
- Potência Nominal do grupo gerador

$$Fator\ de\ Operação = \frac{Potência\ Demandada\ grupo\ gerador}{Potência\ Nominal\ do\ grupo\ gerador}$$

$$Fator\ de\ Operação = \frac{43,30}{112,75} = 0,3841 = 38,41\%$$

Em conclusão, o sistema do grupo gerador irá operar com média de carga de 43,30 kW/h, o que representa em relação à potência do sistema 38,41%. Valor este condizente ao critério de energia máxima permitida (70%) e ao critério de energia mínima recomendada (30%).

#### 4.4.5.2 Viabilidade econômica da implantação do grupo gerador

Para facilitar a comparação direta entre o consumo de energia existente e o consumo do sistema proposto, foi calculado o custo em kWh do gerador.

Conhecendo a potência ativa do gerador (120 kW) e seu consumo de combustível (31,1 L/h), pode-se calcular, segundo Molinari (2014), o valor da tarifa de energia do grupo gerador pela seguinte formulação matemática:

$$CG = \frac{(COD \times CSD + CM)}{PAG}$$

Onde-

- CG- Custo da energia elétrica do Grupo Gerador (R\$/kWh);
- COD- Custo do Óleo Diesel (R\$/l);
- CSD- Consumo de Diesel do GMG (l/h);
- CM- Custo de Manutenção do GMG, fornecido pela Stamac (R\$/h);
- PAG- Potência ativa do GMG (kW).

Assim, é possível comparar este valor com os valores da tarifa na modalidade tarifária Verde do subgrupo A4, em que a soma das tarifas de consumo, geração e distribuição de energia é em média 1,34 R\$/kWh. Resultado quase duas vezes maior que os custos de energia do grupo gerador (0,862 R\$/kWh). A diferença entre esses dois valores é o primeiro indício de que a instalação de um sistema alternativo seria viável.

Na Tabela 22 a seguir é apresentada uma simulação de comparação entre os custos gerados mediante a implantação da geração a diesel para o horário de ponta e o valor cobrado pela concessionária de energia no mesmo período. Utilizaram-se, como base nos dados de outubro de 2012 a outubro de 2014, as faturas de energia elétrica e o histórico do custo do óleo diesel nesse período. Cabe salientar que a unidade Hospitalar da Cassems já conta com toda estrutura montada composta por um grupo gerador a diesel da marca Stamac com capacidade de geração de 150kVA, utilizado em caso de emergência. Sendo assim, os custos apresentados são referentes à manutenção (pois é necessária a manutenção constante no motor), custo operacional acarretado pela compra, transporte e distribuição do óleo diesel.

Tabela 22 - Comparação entre os custos da geração diesel e pela concessionária.

Mês/ano	Consumo Ponta [kWh]	Custo Consumo Ponta com Tributos [R\$]	Custo Total da Fatura [R\$]	% do Custo Ponta	Tarifa Ponta [R\$/kWh]	Custo diesel [R\$/L]	Custo Geração alternativa Ponta [R\$]	Tarifa Diesel [R\$/kWh]
out/12	3.305,34	4.938,11	15.225,19	24%	1,494	3,172	4.298,30	0,769
nov/12	3.696,73	5.523,27	17.061,09	24%	1,494	2,375	4.043,68	0,914
dez/12	3.561,51	5.321,23	13.663,86	29%	1,494	2,387	3.906,85	0,912
jan/13	3.717,25	5.553,49	13.000,00	32%	1,494	2,386	4.076,73	0,912
fev/13	3.641,32	5.440,06	13.021,30	31%	1,494	2,481	4.083,11	0,892
mar/13	3.453,94	5.160,11	10.445,24	37%	1,494	2,543	3.928,49	0,879
abr/13	3.565,51	5.326,80	10.762,74	37%	1,494	2,576	4.085,88	0,873
mai/13	3.127,14	4.671,88	10.375,43	34%	1,494	2,577	3.584,35	0,872
jun/13	2.042,82	3.051,93	7.308,51	31%	1,494	2,577	2.341,49	0,872
jul/13	2.089,47	2.489,25	6.928,07	27%	1,191	2,574	2.393,34	0,873
ago/13	1.973,37	2.350,93	6.857,03	26%	1,191	2,559	2.252,68	0,876
set/13	2.181,16	2.598,48	7.235,19	27%	1,191	2,548	2.483,67	0,878
out/13	2.791,26	3.325,60	9.476,03	26%	1,191	2,537	3.170,42	0,880
nov/13	3.433,64	4.090,96	10.996,43	28%	1,191	2,536	3.899,17	0,881
dez/13	3.271,64	3.897,94	11.761,79	25%	1,191	2,688	3.844,09	0,851
jan/14	3.202,20	3.815,20	12.040,86	24%	1,191	2,713	3.783,25	0,846
fev/14	3.914,56	4.663,94	12.750,05	27%	1,191	2,727	4.639,07	0,844
mar/14	3.965,97	4.725,19	12.204,74	29%	1,191	2,740	4.713,36	0,841
abr/14	3.332,88	3.970,91	11.203,00	26%	1,191	2,743	3.963,55	0,841
mai/14	1.650,78	2.833,66	9.367,30	23%	1,717	2,756	1.968,71	0,839
jun/14	2.175,55	2.339,80	7.022,01	25%	1,076	2,757	2.595,12	0,838
jul/14	1.963,87	2.592,01	7.457,96	26%	1,320	2,743	2.335,49	0,841
ago/14	1.597,86	1.903,75	6.349,91	22%	1,191	2,739	1.898,56	0,842
set/14	2.268,10	2.881,92	8.992,20	24%	1,271	2,728	2.688,47	0,844
out/14	3.025,29	4.403,17	14.344,55	23%	1,455	2,723	3.582,08	0,845
<b>Total</b>	<b>72.949,16</b>		<b>265.850,48</b>	<b>27%</b>	<b>1,34</b>	<b>2,635</b>	<b>84.559,90</b>	<b>0,862</b>

Fonte- Autoria própria.

Como se pode observar na Tabela 22, 27% da fatura de energia elétrica é referente ao consumo e demanda de energia no horário de ponta. Considerando-se que o custo do kWh na ponta é cerca de duas vezes menor com a geração a diesel, a implantação dessa geração alternativa pode proporcionar um potencial de redução mensal de 12 % no total gasto com energia elétrica.

De acordo Barreto (2018), os grupos de geradores a diesel apresentam como vantagens:

- Baixo custo de aquisição quando comparados a outros tipos de fonte de energia como eólica e fotovoltaica;
- Facilidade em encontrar peças de reposição;
- Existem máquinas de diversas potências encontradas comercialmente, desde alguns kVA até valores em MVA;
- Apresentam robustez;

- Podem ser alimentados com biodiesel e já existem alguns motores que podem ser alimentados diretamente com óleos vegetais *in natura* em lugar do óleo diesel, contribuindo assim para a diminuição da emissão de gases poluentes para o meio ambiente.

As desvantagens são:

- Alto custo de manutenção, devido ao fato de ser necessária a manutenção constante no motor, e alto custo operacional acarretado pela compra, transporte e distribuição do óleo diesel;
- Poluição do meio ambiente através de emissão de gases de efeito estufa e descarte do óleo lubrificante;

O estudo realizado até então busca demonstrar que a implantação da geração a diesel é uma alternativa à diminuição de gastos com energia elétrica no Hospital da Cassems e pode ser considerado como um potencial de conservação na instalação. No entanto, para a implantação deste sistema, seria necessário um estudo mais profundo que envolveria a análise de mercado do combustível, operação de equipamentos elétricos, estruturas e espaço físico necessário, custos envolvidos, a fim de se mostrar efetivamente que a instalação do grupo gerador a óleo diesel é economicamente viável e atrativa.

## 5. CONCLUSÕES

O objetivo central dessa pesquisa consistiu em identificar as principais características de consumo de energia elétrica em um hospital de pequeno porte, com ênfase nos sistemas de iluminação, ar condicionado e equipamentos hospitalares. Foi realizada uma estimativa sobre o consumo de energia elétrica, o potencial de conservação de energia elétrica, bem como as possíveis intervenções de eficiência energética para a instalação.

Embora tenha contado com uma série de limitações devido às barreiras no levantamento de dados, este trabalho se mostrou importante na medida em que avaliou os usos finais com potencial de conservação de energia elétrica existentes em um ambiente hospitalar, a partir do diagnóstico energético.

Em função da situação verificada no hospital pesquisado e através de trabalhos publicados a respeito de outros hospitais em diferentes regiões do país, verificou-se que são muitos os aspectos que tornam as instalações elétricas de estabelecimentos assistenciais de saúde ineficientes.

Ao longo dos capítulos desse trabalho, procurou-se mostrar as principais características do setor de hospitais, objetivando a identificação da participação de hospitais de pequeno porte no contexto geral, suas principais características e normativas referentes à instalação elétrica neste tipo de ambiente.

Em seguida, apresentou-se um capítulo teórico em que foram abordados, especificamente, os sistemas de iluminação, climatização e equipamentos eletromédicos, com ênfase nos tipos de equipamentos mais comuns em hospitais desse porte. Na sequência, foi feita uma descrição do hospital analisado em que foram ilustradas as principais características da edificação, dos usos finais e do consumo desagregado dos usos finais de energia elétrica.

Após as caracterizações e a utilização do referencial teórico, foi realizado o estudo de caso, com objetivo de comparar a redução do consumo de energia elétrica por meio da troca simples das tecnologias no sistema de iluminação e dos aparelhos de ar condicionado, além das proposições de eficiência de alguns usos finais médico hospitalares. Por fim, estimaram-se as médias de consumo e potencial de conservação.

Os dados analisados indicaram que o hospital estudado, classificado como de pequeno porte (número de leitos inferior a 50), consome em média de 28.006,80 kWh/mês, valor 13,9 % menor que o calculado por Szklo (2004) em estudos que considera hospitais entre 50 e 150 leitos, incluindo públicos e privados.

A partir de medição e do levantamento da carga instalada existente, foi realizada a desagregação do consumo global da instalação em usos finais de energia elétrica, mediante a aplicação da metodologia desenvolvida por Alvarez (1999). Assim, notam-se os seguintes percentuais: 9,2 % (2.563,20 kW/mês) sistema de iluminação, 44,3 % (12.407,47 kW/mês) sistema de climatização, 21,9 % (6.130,08 kW/mês) aquecimento de água e 24,7 % (6.906,05 kW/mês) outras cargas instaladas.

O potencial de conservação de energia elétrica no sistema de iluminação foi estimado em 47,6 % (1.030,90 kWh/mês), considerando substituição direta de tecnologia sem afetar bruscamente a iluminação atual, o que equivale a 5,3 % do consumo mensal do hospital. Já o potencial de conservação de energia elétrica no sistema de climatização foi estimado em 23,2 % (2.767,35 kWh/mês), a partir do cálculo da carga térmica dos ambientes que possuem aparelhos de ar condicionado atualmente, o que corresponde a uma redução de 9 % do consumo global da instalação.

Para os equipamentos específicos do ambiente hospitalar, foi estimado o potencial de conservação do sistema de esterilização e no aparelho de Raios X, obtendo 6,11 % e 0,74 % respectivamente, considerando em ambos os casos a substituição dos equipamentos atuais por tecnologias mais eficientes.

O estudo realizado para utilização de um grupo gerador a diesel no horário de ponta identificou uma grande oportunidade para a administração do hospital reduzir gastos finais em energia elétrica em cerca de 12 % do que é gasto atualmente. Entretanto, cabe salientar que os cálculos realizados foram apenas uma estimativa das possíveis vantagens da geração alternativa, visto que não se consideraram as futuras variações nos custos e consumo da energia elétrica.

De forma geral, estima-se que a partir das proposições realizadas neste estudo o Hospital da Cassems pode alcançar uma conservação de energia elétrica em torno de 20 % em comparação ao consumo atual. Porém, muitas das alternativas propostas são intervenções diretas na instalação (substituição de equipamentos), o que pode acabar sendo uma barreira para gestão do hospital. Desta forma, um estudo

detalhado do tempo de retorno destes investimentos pode ser um bom tema para trabalhos futuros neste contexto.

Outro ponto interessante é o possível enquadramento do Hospital da Cassems em algum programa de conservação de energia elétrica, com o objetivo de arrecadar subsídios para possíveis intervenções nas instalações. Cita-se, como exemplo, o Programa Eletrosul Procel Hospitalar, já implantado em 11 (onze) hospitais públicos e privados.

Desta forma, a primeira orientação de melhoria para aumentar a eficiência energética do hospital da CASSEMS Unidade de Três Lagoas sugere a realização de um novo projeto elétrico da instalação. Neste sentido, sugere-se a realização de distribuição de cargas; implantação de circuitos independentes e bem identificados; readequação do centro de transformação de energia elétrica, prevendo os possíveis aumentos de cargas, assim como a manutenção do sistema de proteção dos grupos geradores.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, NBR 13534. **Instalações Elétricas de baixa tensão – Requisitos específicos para instalação em Estabelecimentos Assistências de Saúde**. 2008. 14p.[s.n.]. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT, NBR 5413. **Iluminância de interiores**. 1992.[s.n.]. Rio de Janeiro, 1992.
- ALVAREZ, André L. M. **Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica- Metodologia para a Determinação dos Potenciais**. 1998.Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- ALVEZ LIMA, L. M; DAVID, R. S. **“Como Economizar Energia em Hotéis, Clínicas, Hospitais, Shoppings e Supermercados**. 1996. Apostilap.[s.n.]. 19, 1996.
- ANEEL. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Informações Técnicas - Tarifas - Bandeiras Tarifárias**, 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=758>>. Acesso em: 05 Setembro 2015.
- ANEEL, Agência N. D. E. E. **Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética – MPEE**. 2008. 64p.Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética. Brasília, 2008.
- BALTAR, Marta, G. **Redução da demanda de energia elétrica utilizando parâmetros construtivos visando o conforto térmico**. 2006. 123p. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Ponto Alegre, 2006.
- BARDELIN, Cesar E. A. **Os efeitos do Racionamento de Energia Elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no Consumo de Energia Elétrica**. 2004. 112p.Universidade de São Paulo Escola Politécnica. São Paulo, 2004.
- BAUMER. **Manual de Instalação do Esterilizador HI SPEED B-100-N**. 2009.[s.n.]. Mogi Mirim, 2009.
- BIOCOMTEC. **Produtos Hospitalares**. Disponível em: <<http://www.biocomtec.com.br/ventilacao-mecanica.php>>. Acesso em: 05 Março 2015.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Conceitos e Definições em Saúde**. 1977. 39p.Secretaria nacional de ações básicas de saúde. Brasília, 1977.
- BRASIL, Ministério da Saúde.Secretaria de Assistência à S. C.-G. D. N. **Normas para projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde**. 1994. 136p.[s.n.]. Brasília, 1994.
- BRASIL, PROCEL - Programa N. D. C. D. E. E. **Manual de Tarificação de Energia Elétrica**. 2011. 58p.ELETROBRAS. Rio de Janeiro, 2011.
- DEMAPE. **Manual do Reator**. 2014. 23p.[s.n.], 2014.
- DOBES, Maurício I. **Estudo em instalações elétricas hospitalares para segurança e funcionalidade de equipamentos eletromédicos**. 1997. 142p.Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

DUART, ODILON F. P. et al. **Proposição e Aplicação de Metodologia para o Uso Eficiente da Energia em Sistemas Hospitalares. 7º encontro de Energia, Potencia, Instrumentación y Medidas**, Montevideo- URUGUAY, p. 199 - 206, 16 e 17 Outubro 2008.

ELEKTRO. **Manuais Elektro de Eficiência Energética Segmento Industrial**. 2013. 115p.[s.n.]. São Paulo, 2013.

EMBRASUL. **Multimedidor de Grandezas Elétricas MD4040**. Disponível em: <<http://www.embrasul.com.br/wp-content/uploads/2015/09/Cat--logo-MD4040-V02-R01-BAIXA.pdf>>. Acesso em: 10 Julho 2015.

EPE, Empresa D. P. E. **Balanco energético nacional**. 2014. Brasil. Rio de Janeiro, 2014.

GHISI, E; LAMBERTS, R. **Influência das características reflexivas da luminária e da refletância das paredes na potência instalada em sistemas de iluminação**. 1998. 98p.In- ENTAC . Florianópolis, 1998.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatísticas da Saúde: Assistência Médico-Sanitária**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/ams/2009/>>. Acesso em: 2015 Junho 16.

IWASHITA, Juliana. **Eficiência energética em sistemas de iluminação de interiores- análise de luminárias comerciais**. 2004. 225p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

JANNUZZI, G; SWISHER, J. **Planejamento Integrado de Recursos**. 1997. Editora Autores Associados. Campinas, 1997.

JEFFERSON, Jim. **Energy Efficiency Opportunities in Ontario Hospitals**. 2006.[s.n.]. Burlington, 2006.

KAehler, José W. et al. **Eficiência energética em sistemas de equipamentos hospitalares**. 2008. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

MIYASHIRO, Mitchel H. M. **Análise da instalação elétrica de unidades de terapia intensiva em um hospital de Mato Grosso do Sul**. 2013. 177p. Monografia (Bacharel em engenharia elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2013.

OKUMOTO, João C. **Avaliação das instalações elétricas de centro cirúrgico. Estudo de caso- Hospital Universitário da UFMS**. 2006. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2006.

PECCIN, Adriana. **Iluminação Hospitalar-Estudo de Caso- espaços de internação e recuperação**. 2002. 185p. Dissertação (Mestre em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

PENA, Sérgio M. **Sistema de Ar condicional e Refrigeração**. 2002. 1ª - Eletrobrás/PROCEL-CEPEL., 2002.

PHILIPS, ELECTRONICS N. **Folheto para família de produto da Philips**. 2013. 4p.[s.n.]. São Paulo, 2013.

PINHEIRO, Diego ; D'ARAYS , José ; D'ARAYS, Rodrigo. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: DA AVALIAÇÃO GERENCIAL A AUDITAGEM ENERGÉTICA**. Santa Casa de Alegrete. Alegrete-RS: tório do diagnóstico energético das autoclaves da santa casa de alegrete, 2013.

SANTANA, Crismara J. D. R. **Instalações elétricas hospitalares**. 1999. 223p. 2. ed., rev. ampl. - - EDIPUCRS. Porto Alegre , 1999.

SANTOS, Afonso H. M. et al. **Conservação de Energia - Eficiência Energética de equipamentos e Instalações**. 2006. 597p. 3ª - Eletrobrás/PROCEL EDUCAÇÃO/UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ /FUPAI. Itajubá, 2006.

SANTOS, Gelvis C. **Manual de Radiologia - fundamentos e técnicas**. 2010.Yendis., 2010.

SERCON. **Manual de operação autoclave modelo HA**. 2003. Indústria e Comércio de Aparelhos Médico Hospitalares Ltda. Mogi das Cruzes – SP, 2003.

SERRA, G. **O Instituto de Psiquiatria**. 2004. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

SILVA, Edna L.; MENEZES, Estera M. **Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 2005. 4ª ed. - Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2005.

SILVEIRA, Alexandre H. **Avaliação do potencial de conservação de energia no setor hospitalar da região sul do Brasil**. 2008. 100p. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

SILVEIRA, ALEXANDRE H. D. **Avaliação do potenciaal de conservação de energia no setor hospitalar da região sul do Brasil**. 2008. 138p. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande so Sul. Porto Alegre, 2008.

SOARES, Jeferson B. **Formação do mercado de gás natural no Brasil- impacto de incentivos econômicos na**. 2004. 390p. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

SOUZA, Hamilton M. D. et al. Reflexões sobre os principais programas em eficiência energética existentes no brasil, v. Vol. 15, p. 7-26, 2009.

STOECKER, Wilbert. F; JONES, Jerold W. **Refrigeração e Ar Condicionado**. 1985. 481p. McGraw-Hill do Brasil., 1985.

SZKLO, Alexandre S.; SOARES, Jeferson B.; TOLMASQUIM, Mauricio T. **Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector**. 2004. 2075 – 2091p.[s.n.], 2004.

SZKLO, Alexandre S.; SOARES, Jeferson B.; TOLMASQUIM, Mauricio T. Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector. **Energy Conversion and Management**, Rio de Janeiro, p. 2075 – 2091, 2004.

TOLMASQUIM, M. T. et al. **Potencial de cogeração a gás natural- setores industriais e terciários do Rio de Janeiro**. 2003. Cenergia/ppe/coppe/UFRJ. Rio de Janeiro, 2003.

TOLMASQUIM, M. T; SZKLO, A. S; SOARES, J. B. **viabilidade de introdução de gás natural em setores selecionados**. Relatório técnico. Convênio FINEP/CT-Petro. Rio de Janeiro: [s.n.], 2002.

VARGAS JÚNIOR, Raunilo H. **Análise do potencial de conservação de energia elétrica em hospitais públicos de pequeno porte no Brasil**-. 2006. 218p. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

VASCONCELOS, R.T.B. **Humanização de ambientes hospitalares- Características arquitetônicas responsáveis pela integração interior/exterior**. 2004. Dissertação (Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

VILLA VERDE, Victor D. S. **A Conservação de Energia Elétrica no Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro**. 2000. 93p. VI - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

## ANEXO A – CONSUMO DESAGREGADO EM USOS FINAIS

De acordo com Alvarez (1998) o fator de carga global é definido por:

$$F_{Carga} = \frac{P_{Média}}{P_{Máxima}}$$

Onde temos:

$P_{Média}$  : Demanda média da instalação;

$P_{Máxima}$  : Demanda máxima da instalação.

Aplicando a equação anterior para cada uso final chegamos à seguinte expressão:

$$F'_{Carga} = \frac{P'_{Média}}{P'_{Máxima}}$$

Onde temos:

$F'_{Carga}$  : Fator de carga do uso final;

$P'_{Média}$  : Demanda média do uso final;

$P'_{Máxima}$  : Demanda máxima do uso final.

Já o fator de demanda por uso final é definido pela seguinte equação:

$$F'_{Demanda} = \frac{P'_{Máxima}}{P'_{Instalada}}$$

Na junção das equações X e XX extraímos uma equação que relaciona a potência média com a potência instalada e com os fatores de carga e de demanda por usos finais.

$$P_{Média} = F'_{Carga} \times F'_{Demanda} \times P'_{Instalada}$$

Desta forma o consumo por uso final pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$C' = F'_{Carga} \times F'_{Demanda} \times P'_{Instalada} \times \Delta t$$

Onde  $\Delta t$  corresponde o período de tempo considerado.

Para valores desconhecidos de fator de carga dos usos finais, pode-se hipoteticamente admitir que o mesmo é igual ao valor de fator de carga global da instalação, resultando na seguinte equação:

$$C' = F_{Carga} \times F'_{Demanda} \times P'_{Instalada} \times \Delta t$$

Vale ressaltar alguns comentários sobre essa metodologia, certamente a forma mais correta de desagregar o consumo de energia por usos finais é por meio da medição direta do circuito de alimentação do sistema de interesse, mas quando não for possível, deve-se adotar o método de cálculo ilustrado nas equações acima, que é capaz de fornecer uma estimativa do consumo desagregado, no qual a fidelidade dos resultados é diretamente influenciada pelos seguintes fatores:

- Fatores de demanda típicos obtidos em publicações especializadas;
- Fatores de carga dos usos finais;
- Hipótese de igualar os fatores de carga por usos finais com o fator de carga global da instalação.

Mesmo o consumo desagregado ser uma estimativa realizada a partir de valores médios obtidos em normas, publicações especializadas, ate mesmo consolidados na pratica, as informações resultado da aplicação da metodologia

constituem um indicador razoável para a identificação dos potenciais de conservações de energia elétrica.

## ANEXO B – NOÇÕES SOBRE TARIAS DE ENERGIA ELÉTRICA

### ➤ Consumo de energia elétrica

Quantidade de potência elétrica (kW) consumida em um intervalo de tempo, expresso em quilowatt-hora (kWh) ou em pacotes de 1000 unidades (MWh).

### ➤ Demanda

Média das potências elétricas ativas ou reativas solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora durante um intervalo de tempo especificado.

### ➤ Demanda contratada

Demanda de potência ativa despachada pela concessionária no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento. É expressa em quilowatts (kW).

### ➤ Demanda de ultrapassagem

Parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).

### ➤ Demanda faturável

Valor da demanda de potência ativa, identificada de acordo com os critérios estabelecidos e considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).

### ➤ Demanda medida

Maior demanda de potência ativa, determinada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

➤ Horário de ponta (p)

É o período de 3 (três) horas consecutivas, exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária em função das características de seu sistema elétrico. Em algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica têm preços mais elevados.

➤ Horário fora de ponta (f)

É o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta. Portanto, horário fora de ponta corresponde às demais 21 horas do dia.

➤ Tarifa binômia

Conjunto de tarifas de fornecimento constituído por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa (kWh) e à demanda faturável (kW). Esta modalidade é aplicada aos consumidores do Grupo A

➤ Tarifa monômia

Tarifa de fornecimento de energia elétrica constituída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa (kWh). Esta tarifa é aplicada aos consumidores do Grupo B (baixa tensão).

### **Classificação dos consumidores**

Atualmente, classificam-se as unidades consumidoras em dois grupos tarifários: Grupo A, que tem tarifa binômia; e Grupo B, que tem tarifa monômia. O

critério de agrupamento é definido em função do nível de tensão em que são atendidos e também em função da demanda (kW).

Os consumidores atendidos em tensão abaixo de 2.300 volts são classificados no Grupo B (baixa tensão). É onde normalmente se enquadram as residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios residenciais, grande parte dos edifícios comerciais, entre outros, que na sua maioria são atendidos nas tensões de 127 ou 220 volts.

O Grupo B possui subgrupos de acordo com a atividade do consumidor, conforme apresentados a seguir:

- Subgrupo B1 – residencial e residencial baixa renda;
- Subgrupo B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural;
- Subgrupo B3 – demais classes;
- Subgrupo B4 – iluminação pública

Já as unidades consumidoras atendidas em alta tensão (acima de 2.300 volts) como indústrias, hospitais, shopping centers e alguns edifícios comerciais estão divididos em subgrupos no Grupo A.

Esse grupo é subdividido de acordo com a tensão de atendimento, como mostrado a seguir.

- Subgrupo A1 para o nível de tensão de 230 kV ou mais;
- Subgrupo A2 para o nível de tensão de 88 a 138 kV;
- Subgrupo A3 para o nível de tensão de 69 kV;
- Subgrupo A3a para o nível de tensão de 30 a 44 kV;
- Subgrupo A4 para o nível de tensão de 2,3 a 25 kV;
- Subgrupo AS para sistema subterrâneo.

### **Estruturas tarifárias**

Define-se estrutura tarifária como sendo o conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento (ELEKTRO, 2013).

No Brasil, as tarifas do Grupo A são estruturadas em três modalidades de fornecimento, relacionadas a seguir:

- Estrutura tarifária Convencional;
- Estrutura tarifária horária Verde;
- Estrutura tarifária horária Azul.

### **Estrutura tarifária Convencional**

Quando enquadrado na modalidade tarifária Convencional, o cliente contratará uma demanda única (em kW) e pagará por um consumo único (em kWh), de acordo com a bandeira tarifária vigente na época do faturamento (verde, amarela ou vermelha).

Na modalidade convencional o menor valor que poderá ser contratado é de 30 kW. Uma vez conectado ao sistema, a demanda contratada não deverá ser ultrapassada. Quando a demanda ultrapassar o contrato, em valores superiores a 5%, será efetuada a cobrança de ultrapassagem.

O consumidor Grupo A pode optar pela estrutura tarifária convencional, se for atendido em tensão de fornecimento abaixo de 69 kV e tiver contratado uma demanda inferior a 300 kW.

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e, caso exista, demanda de ultrapassagem. A parcela de consumo é calculada multiplicando-se o Consumo Medido pela Tarifa de Consumo como ilustrado na equação (1).

$$P_{CONSUMO} = \text{Tarifa de Consumo} \times \text{Consumo Medido} \quad (8)$$

Já a parcela de demanda é calculada de acordo a equação (2), multiplicando-se a Tarifa de Demanda pela Demanda Contratada ou pela Demanda Medida (a maior delas), caso esta não ultrapasse em 5% a Demanda Contratada.

$$P_{DEMANDA} = \text{Tarifa de Demanda} \times \text{Demanda Contratada} \quad (9)$$

A parcela de ultrapassagem só é computada quando os montantes de demanda de potência ativa ou de uso do sistema de Distribuição medidos ultrapassam em mais de 5% (cinco por cento) dos valores contratados. Nestes casos, o cálculo a ser aplicado na cobrança da ultrapassagem é igual à diferença da demanda medida e a contratada multiplicada a 2 (duas) vezes a tarifa normal de demanda, ilustrada na equação (3) (ELEKTRO, 2013).

$$D_{ULTRAPASSAGEM}(p) = [PAM(p) - PAC(p)] \times 2 \times VR_{DULT}(p) \quad (10)$$

Onde:

$D_{ULTRAPASSAGEM}(p)$  = valor correspondente à demanda de potência ativa ou MUSD excedente por posto horário “p”, quando cabível, em Reais (R\$);

$PAM(p)$  = demanda de potência ativa ou MUSD medidos em cada posto “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);

$PAC(p)$  = demanda de potência ativa ou MUSD contratados por posto horário “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);

$VR_{DULT}(p)$  = valor de referência equivalente às tarifas de demanda de potência aplicáveis aos subgrupos do grupo A ou as TUSD – Consumidores Livres;

p = indica posto horário, ponta ou fora de ponta.

Unidades consumidoras convencionais, com demanda contratada mensal menor do que 150 Kw, devem ser enquadradas na modalidade tarifária horária azul ou verde até o término da vigência do próximo ciclo de revisão tarifária (até final de junho de 2016).

### **Estrutura tarifária horária Verde**

Enquadrado nesta modalidade o cliente contratará uma demanda única (em kW) e também pagará por 2 (dois) segmentos de consumo (Ponta e Fora de Ponta), em kWh, de acordo com a bandeira tarifária vigente na época do faturamento (verde, amarela ou vermelha).

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao Consumo (na ponta e fora de ponta), Demanda e, caso exista, Ultrapassagem.

A parcela é a mesma ilustrada pela equação (2) para modalidade convencional. Já a parcela de Consumo é calculada através da equação (4), observando-se, nas tarifas, o período do ano:

$$P_{CONSUMO} = (TCP \times CP) + (TCF \times CF) \quad (11)$$

Onde:

TCP = Tarifa Consumo ponta;

CP = Consumo ponta;

TCF = Tarifa de Consumo fora de ponta;

CF = Consumo fora de ponta;

No período seco, as Tarifas de Consumo na ponta e fora de ponta são mais caras que no período úmido. A Parcela de Demanda é única, uma vez que a mesma independe da hora do dia ou período do ano.

Nesse sentido, o sistema de bandeiras tarifárias foi criado para substituir a tarifa do período seco e úmido, buscando fornecer um sinal de preços mais adequado ao consumidor e mais próximo do contexto atual de custos de geração de energia, no qual a geração térmica de energia passou a ter um papel mais significativo.

As tarifas das bandeiras tarifárias, assim como eram as tarifas sazonais do período seco e úmido, serão definidas nos processos de reajuste e revisões tarifárias. Os valores destas tarifas serão mantidos até o próximo reajuste ou revisão, de forma que não há reajuste tarifário em um período menor que 12 meses.

A parcela de ultrapassagem só é cobrada quando os montantes de demanda de potência ativa ou de uso do sistema de Distribuição medidos ultrapassam em mais de 5% (cinco por cento) os valores contratados. A mesma forma já foi apresentada na tarifa convencional pela equação (3), diferenciando apenas as tarifas aplicadas em cada modalidade.

### **Estrutura tarifária horária Azul**

A estrutura tarifária Azul se adequa aos consumidores do Grupo A, sendo obrigatória para os consumidores dos subgrupos A1, A2 ou A3.

O cliente contratará duas demandas (Ponta e Fora Ponta) em kW e também pagará por 2 (dois) segmentos de consumo (Ponta e Fora de Ponta) em kWh, de acordo com a bandeira tarifária vigente na época do faturamento (verde, amarela ou vermelha). A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao Consumo (na ponta e fora de ponta), Demanda (na ponta e fora de ponta) e caso exista, Ultrapassagem.

A parcela de consumo, como na modalidade verde, pode ser expressa pela equação (4), apenas se atentando para a diferenciação das tarifas de cada modalidade.

Para faturar a parcela de demanda, neste caso, tem-se a equação (5).

$$P_{\text{CONSUMO}} = (\text{TDP} \times \text{DCP}) + (\text{TDF} \times \text{DCF}) \quad (12)$$

Onde:

TDP = Tarifa de demanda na ponta;

DCP = Demanda contratada na ponta;

TDF = Tarifa de demanda fora de ponta;

DCF = Demanda contratada fora de ponta;

Seguindo o mesmo raciocínio da equação (3), a parcela de ultrapassagem só é cobrada quando os montantes de demanda de potência ativa ou de uso do sistema de Distribuição medidos ultrapassam em mais de 5% (cinco por cento) dos valores contratados.

## ANEXO C – BANDEIRAS TARIFÁRIAS

A partir de 2015, as contas de energia passaram a trazer uma novidade: o Sistema de Bandeiras Tarifárias. As bandeiras verde, amarela e vermelha indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade.

O sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha - as mesmas cores dos semáforos – a e indicam o seguinte:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,025 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

O sistema de bandeiras é aplicado por todas as concessionárias conectadas ao Sistema Interligado Nacional - SIN, conforme figura 1 abaixo. A partir de 1º de julho de 2015, o sistema de bandeiras passará a ser aplicado também pelas permissionárias de distribuição de energia.

É o sistema que sinaliza aos consumidores os custos reais da geração de energia elétrica. O funcionamento é simples: as cores das bandeiras (verde, amarela ou vermelha) indicam se a energia custará mais ou menos em função das condições de geração de eletricidade. Com as bandeiras, a conta de luz fica mais transparente e o consumidor tem a melhor informação para usar a energia elétrica de forma mais consciente.



**Figura 1- Regiões onde o SIN está conectado.**

**Fonte: Extraído Aneel (2015).**

É importante entender as diferenças entre as bandeiras tarifárias e as tarifas propriamente ditas. As tarifas representam a maior parte da conta de energia dos consumidores e dão cobertura para os custos envolvidos na geração, transmissão e distribuição da energia elétrica, além dos encargos setoriais. As bandeiras tarifárias, por sua vez, refletem os custos variáveis da geração de energia elétrica. Dependendo das usinas utilizadas para gerar a energia, esses custos podem ser maiores ou menores. Antes das bandeiras, essas variações de custos só eram repassadas no reajuste seguinte, um ano depois. Com as bandeiras, a conta de energia passa a ser mais transparente e o consumidor tem a informação no momento em que esses custos acontecem. Em resumo: as bandeiras refletem a variação do custo da geração de energia, quando ele acontece. Quando a bandeira está verde, as condições hidrológicas para geração de energia são favoráveis e não há qualquer acréscimo nas contas. Se as condições são um pouco menos favoráveis, a bandeira passa a ser amarela e há uma cobrança adicional,

proporcional ao consumo, na razão de R\$ 2,50 por 100 kWh (ou suas frações). Já em condições ainda mais desfavoráveis, a bandeira fica vermelha e o adicional cobrado passa a ser proporcional ao consumo na razão de R\$ 4,50 por 100 kWh (ou suas frações). A esses valores são acrescentados os impostos vigentes.

Sendo assim as bandeiras são uma forma diferente de apresentar um custo que hoje já está na conta de energia, mas que geralmente passa despercebido. As bandeiras tarifárias não interferem nos itens passíveis de repasse tarifário. Antes das bandeiras, as variações que ocorriam nos custos de geração de energia, para mais ou para menos, eram repassados até um ano depois, no reajuste tarifário seguinte. A ANEEL entendeu que o consumidor deve ter a informação mais precisa e transparente sobre o custo real da energia elétrica. Por isso, as bandeiras sinalizam, mês a mês, o custo de geração da energia elétrica que será cobrada dos consumidores. Não existe, portanto, um novo custo, mas um sinal de preço que sinaliza para o consumidor o custo real da geração no momento em que ele está consumindo a energia, dando a oportunidade de adaptar seu consumo, se assim desejar.