

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ALEXANDRE HUGO DA SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO
SETOR HOSPITALAR DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Porto Alegre
Maio de 2008

ALEXANDRE HUGO DA SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO
SETOR HOSPITALAR DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Pereira

Porto Alegre
Maio de 2008

ALEXANDRE HUGO DA SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO
SETOR HOSPITALAR DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovada em 10 de Março de 2008.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luís Alberto Pereira

Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler

Prof. Dr. Rubem Dutra Ribeiro Fagundes

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todos os dias de perfeita saúde durante o curso de Mestrado; à minha família, mãe Albertina Silveira, pai Eraldo Silveira, irmãs Carmen e Cátia Silveira, cunhado Nísio Lisakowsk por todo o incentivo; à minha namorada Mozara Gentilini por todo amor e compreensão e também à sua família. Gostaria também de agradecer ao meu amigo e colega Everton Cortelini, aos colegas de mestrado Fábio, Marcos, Marlon, Arthur, aos acadêmicos Diego e Maicon, ao Eng. Lothar Hoppe e ao Prof. Odilón Pavón Duarte do Grupo de Eficiência Energética e demais colegas, em especial a Bibiana Petry que muito me ajudou nesta dissertação.

Agradeço especialmente aos “mestres”; Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler que muito contribuiu na elaboração deste trabalho e com quem muito aprendi desde os tempos da monografia de conclusão do curso de Engenharia Elétrica até o fim dos dois anos de Mestrado. E finalmente, ao Orientador Prof. Dr. Luís Alberto Pereira por toda sua atenção e por todos os conhecimentos adquiridos sem os quais esta dissertação não seria possível.

“Algo que aprendi em uma longa vida: toda nossa ciência, medida contra a realidade, é primitiva e infantil - e ainda assim, é a coisa mais preciosa que temos.”

Albert Einstein

Resumo da Dissertação apresentada a PUCRS como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR HOSPITALAR DA REGIÃO SUL DO BRASIL

ALEXANDRE HUGO DA SILVEIRA

Janeiro/2008

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Pereira

Área de Concentração: Sistemas de Energia

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão de Sistemas de Energia

Palavras-chave: Conservação de Energia, Setor Hospitalar, Mitigação de Gases do Efeito Estufa.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de economia de energia no Setor Hospitalar da Região Sul do Brasil, bem como os impactos quanto à mitigação de dióxido de carbono na atmosfera, alcançados através das reduções no consumo de eletricidade. Para tanto a pesquisa contou com dezesseis hospitais, cada qual com seu diagnóstico energético elaborado pelo Grupo de Eficiência Energética da PUCRS. Além disso, o trabalho utilizou dados do DATASUS e do IBGE. Os cálculos para a estimação dos valores populacionais seguiram metodologias baseadas na estatística, onde, primeiramente, calcularam-se as médias aritméticas de: consumo e demanda antes de projetos de eficiência energética, reduções de consumo e demanda após as ações de eficiência energética e investimento, todos relacionados com o número de leitos disponível à internação. Posteriormente, através do cálculo da regressão linear, foi encontrado o consumo estimado de cada um dos hospitais da Região Sul do país e, somados os dados individuais, obtiveram-se os valores para a população. Estes valores foram comparados com os encontrados por meio da média a fim de se verificar a pertinência dos mesmos. Como resultados, encontrou-se para a população um consumo anual de 548 GWh e uma demanda de energia de 112 MW, onde, realizando ações de eficiência energética alcança-se uma redução de 171,5 GWh de consumo e 43,5 MW de demanda, necessitando-se de um investimento de R\$ 157,08 milhões. Levando em conta os custos evitados para a ampliação do sistema elétrico no intuito de atender a mesma demanda, este investimento seria pago em 3,6 anos. No que tange aos impactos ambientais, com tais ações de conservação de energia, evita-se a emissão de 164 mil toneladas de CO₂ por ano. 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.

Abstract of Dissertation presented to PUCRS as one of the requirements to obtain Masters Degree in Electrical Engineering.

EVALUATION OF THE POTENTIAL ENERGY CONSERVATION IN HOSPITALS OF THE SOUTH REGION OF BRAZIL

ALEXANDRE HUGO DA SILVEIRA

April/2008

Supervisor: Prof. Dr. Luís Alberto Pereira

Concentration Field: Energy Systems

Line of Research: Planning and Management of Energy Systems

Keywords: Energy Conservation, Hospital Sector.

This study aimed to assess the potential for energy saving in the Hospital Sector in the South Region of Brazil and its impact on the mitigation of carbon dioxide emission to the atmosphere, achieved through the reduction in the consumption of electricity. The study analyzed sixteen hospitals where energy saving projects has been implemented. Each hospital has been monitored before and after the implementation of energy saving projects through energy audits conducted by the Research Group on Energy Efficiency from PUCRS. Moreover, the study used data from the IBGE and DATASUS. The estimation of energy saving and other values of interest was carried out according to methodologies based on population statistics. As the first step, it was calculated the mean values of consumption and demand before energy efficiency projects, reductions in consumption and demand after energy efficiency projects, and the necessary financial investments. All relevant data have been normalized using the number of available beds on each hospital. As a second step, through the calculation of the linear regression, it was found the estimated consumption of each of the hospitals in the South Region of Brazil. Summing up the individual data, it was possible to obtain the values for the whole population, which was in the sequence compared to the mean values in order to verify its coherence. As a result, for the whole population, it was found an annual consumption of 548 GWh of energy and a power demand of 112 MW, which could be achieved with projects aiming to improve the efficiency of the use of electrical energy. It was also found that such projects could lead to a reduction of 171.54 GWh on the energy consumption and 43.5 MW of power demand. However, this would also require an investment of R\$ 157.08 million. Taking into account the avoided costs for the expansion of the electrical system to meet the same power demand, this investment

would be paid in 3.6 years. Concerning environmental impacts, such energy conservation actions would allow avoiding the emission of 164 thousand tones of CO₂ per year. Finally, this study shows the great importance of energy saving in the hospital sector and the benefits that actions of energy conservation would have to the society.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Representação do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos.	21
Figura 3.1. Fluxograma da metodologia geral.....	40
Figura 3.2. Fluxograma da metodologia para sistema de iluminação.	42
Figura 3.3. Aspecto de uma luminária ineficiente.....	43
Figura 3.4. Aspecto de uma luminária eficiente.....	43
Figura 3.5. Aspecto da má disposição das luminárias no corredor de um Hospital.....	44
Figura 3.6. Aspecto da má disposição das luminárias em alguns leitos de um Hospital.	44
Figura 3.7. Aspecto da lâmpada dicróica utilizada em alguns leitos de um Hospital.	45
Figura 3.8. Aspecto da iluminação externa com lâmpadas de vapor de mercúrio.	45
Figura 3.9. Exemplo de aproveitamento da iluminação natural com a abertura de persianas durante o dia.	46
Figura 3.10. Fluxograma da metodologia específica do bombeamento de água.....	47
Figura 3.11. Fluxograma da metodologia específica do sistema de exaustão.....	49
Figura 3.12. Aspecto da tela de proteção obstruída com sujeira.	51
Figura 3.13. Aspecto do exaustor sem manutenção.	51
Figura 3.14. Fluxograma da metodologia específica do transporte vertical.....	54
Figura 3.15. Fluxograma da metodologia específica da lavanderia.	56
Figura 3.16. Fluxograma da metodologia específica do sistema de ar comprimido.	58
Figura 3.17. Aspecto da falta de conservação das aberturas do hospital.	60
Figura 3.18. Aspecto da falta de manutenção dos filtros do sistema de ar condicionado.	60
Figura 3.19. Aspecto da falta de planejamento da incorporação das cargas térmicas.....	61
Figura 3.20. Fluxograma da metodologia específica do sistema de condicionamento ambiental.	63

Figura 3.21. Aspecto de um chuveiro elétrico pertencente ao antigo sistema de aquecimento de água de um hospital analisado nesta dissertação.	65
Figura 3.22. Aspecto de um chuveiro elétrico pertencente ao sistema de aquecimento de água após o projeto eficiência energética de um hospital analisado nesta dissertação.	65
Figura 3.23. Aspecto dos boilers instalados para o novo sistema de aquecimento de água em um hospital da amostra analisada nesta dissertação.	66
Figura 3.24. Aspecto dos coletores solares do novo sistema de aquecimento de água em uma amostra utilizada nas análises desta dissertação.	66
Figura 3.25 - Fluxograma da metodologia específica do sistema de aquecimento de água.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Estimativa de consumo dos hospitais brasileiros em 1999 (GWh).....	34
Tabela 2.2 - Estimativa de consumo dos hospitais brasileiros de pequeno porte em 2002.....	34
Tabela 3.1 - Interpretação dos coeficientes de Pearson.....	71
Tabela 3.2 - Coeficientes de Pearson encontrados para as amostras analisadas.	72
Tabela 3.3 - Coeficientes de determinação encontrados para as amostras analisadas com o HSL.....	74
Tabela 3.4 - Coeficientes de determinação e equações encontrados para as amostras analisadas sem o HSL.	74
Tabela 3.5 - Fatores médio mensal de emissão de CO ₂ em ton CO ₂ /MWh do Submercado Sul do ano de 2006.....	81
Tabela 4.1 - Estimativas de consumo de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil.....	83
Tabela 4.2 - Reduções de consumo de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil por usos finais.	84
Tabela 4.3 - Intervalo de confiança das reduções de consumo de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil por usos finais.	84
Tabela 4.4 - Reduções de demanda de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil por usos finais.	85
Tabela 4.5 - Intervalo de confiança para as reduções de demanda de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil por usos finais.	85
Tabela 4.6 - Investimento em eficiência energética no setor hospitalar da Região Sul do Brasil.....	85
Tabela 4.7 - Estimativas de investimentos em eficiência energética no setor hospitalar da Região Sul do Brasil.....	86
Tabela 4.8 - Estimativas de custos evitados e RCB a partir de projetos de eficiência energética para todo o setor hospitalar da Região Sul do Brasil.....	87

Tabela 4.9 - Valores obtidos através da inferência estatística baseada no método da regressão linear.	90
Tabela 4.10 - Estimativas de emissões evitadas de CO ₂ a partir de projetos de eficiência energética para todo o setor hospitalar da Região Sul do Brasil.	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1. Emissões de CO ₂ por Setor no Mundo 1990.	24
Gráfico 2.2. Reduções de CO ₂ no Mundo previsão para 2050.	24
Gráfico 2.3. Evolução da quantidade de leitos oferecidos no setor hospitalar brasileiro.	26
Gráfico 2.4. Distribuição percentual de leitos existentes nas grandes regiões do Brasil.	27
Gráfico 2.5. Distribuição média do consumo de eletricidade nos hospitais brasileiros.	30
Gráfico 3.1. Consumo do exaustor da lavanderia antes e após a limpeza dos filtros.	50
Gráfico 3.2. Equações de regressão e curvas de ajuste, referentes ao consumo de energia elétrica antes de ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial e (d) exponencial.	75
Gráfico 3.3. Equações de regressão e curvas de ajuste, referentes à demanda de energia elétrica antes de ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial e (d) exponencial.	76
Gráfico 3.4. Equações de regressão e curvas de ajuste, referentes à redução do consumo de energia elétrica a partir das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial e (d) exponencial.	78
Gráfico 3.5. Equações de regressão e curvas de ajuste, referentes à redução de demanda de energia elétrica a partir das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial e (d) exponencial.	79
Gráfico 3.6. Equações de regressão e curvas de ajuste, ajuste referentes ao investimento para a realização das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial e (d) exponencial.	80
Gráfico 4.1. Distribuição do consumo e de demanda de energia elétrica antes da realização de ações de eficiência energética no setor hospitalar para os três estados da Região Sul.	88
Gráfico 4.2. Distribuição das reduções de consumo e de demanda de energia elétrica no setor hospitalar para os três estados da Região Sul.	89
Gráfico 4.3. Distribuição dos investimentos necessários para a realização dos projetos de Eficiência Energética no setor hospitalar para os três estados da Região Sul.	89

SUMÁRIO

1	Introdução.....	17
1.1	Objetivo.....	18
1.2	Justificativa.....	18
1.3	Organização.....	18
2	Estado da Arte.....	20
2.1	O PIR e o Planejamento Energético Tradicional.....	20
2.2	Energia e Meio Ambiente.....	22
2.3	O Setor Hospitalar Brasileiro.....	25
2.3.1	Características Gerais do Setor Hospitalar Brasileiro.....	25
2.4	A Conservação de Energia no Setor Hospitalar.....	27
2.4.1	Perfil do Uso da Energia nos Hospitais Brasileiros.....	29
3	Métodos.....	35
3.1	Metodologia de Diagnósticos Energéticos.....	38
3.1.1	Sistema de Iluminação.....	40
3.1.2	Sistema de Força Motriz.....	46
3.1.3	Sistema de Condicionamento Ambiental.....	58
3.1.4	Sistema de Aquecimento de Água.....	63
3.2	Inferência Estatística para a População dos Hospitais da Região Sul.....	67
3.2.1	Comparação dos Resultados com o Uso do Método da Regressão Linear.....	73
3.3	Metodologia para a Estimativa de Ganhos na Mitigação de CO ₂	80
4	Resultados.....	83
4.1	Inferência Estatística Para os Usos Finais.....	83
4.2	Potenciais de Conservação de Energia Elétrica nos Estados da Região Sul do Brasil....	87
4.3	Comparação dos resultados obtidos com o método da regressão linear.....	89

4.4 Mitigação de Gases do Efeito Estufa obtidas a partir da Eficiência Energética no Setor Hospitalar	90
5 Conclusões.....	92
Bibliografia.....	95
Bibliografia Complementar	98
Glossário.....	100

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais no mundo contemporâneo, as atividades humanas, a melhoria das condições de vida das populações e o desenvolvimento econômico mundial estão dependentes do fornecimento de energia elétrica. Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), no Brasil, em 2003 cerca de 15 milhões de pessoas não possuíam acesso a eletricidade [18], reduzindo assim sua qualidade de vida e impedindo sua evolução sócio-econômica. Muitos pesquisadores vêm alertando sobre os riscos de déficit de energia entre os anos de 2009 a 2013 em cenários onde o crescimento da economia nacional pode alcançar 5.1%, o que impediria a sustentação desta evolução econômica como já vivido no ano de 2001. Além disto, a Associação Brasileira dos Grandes Consumidores de Energia [19] constataram um aumento de 150% na tarifa média da energia elétrica entre os anos de 2001 a 2006 contra aproximadamente 60% no Índice Geral de Preços - Mercado (IGP-M) no mesmo período, com fortes perspectivas destes valores continuarem em ascensão.

Segundo o enfoque da oferta de energia, toda a forma de geração de eletricidade traz como consequência, impacto ambiental, em maior ou menor escala. Desde as fontes consideradas mais limpas, como: a solar fotovoltaica, que necessitam de baterias para acumular a energia gerada. Estas baterias contém metais pesados que não podem ser lançados diretamente no solo sob risco de contaminação; a eólica que interfere na rota de migração de pássaros. A exploração dos recursos hídricos, que pode inundar grandes áreas florestais, ocasionando mudança na fauna local e gerando gás metano. Aproveitamentos hídricos também podem interferir em rotas migratórias de peixes e por consequência na sua reprodução. Até as consideradas mais poluentes, como exemplo a termoeletricidade à carvão, óleo combustível e gás, que retira o carbono armazenado no subsolo e o lança na forma de CO₂ na atmosfera ocasionando no aumento das temperaturas médias globais pelo efeito estufa. Apesar disto, as projeções apontam para um aumento da participação do carvão na matriz energética brasileira até o ano 2030.

Diante deste cenário é necessário que os recursos energéticos existentes sejam aproveitados ao máximo, sendo insustentável o desperdício desta energia que tem um custo elevado de produção, transmissão e distribuição sob qualquer ponto de vista. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2007) desde 1998, ano em que as concessionárias distribuidoras de energia elétrica começaram a investir em programas de eficiência energética, já foram retirados da ponta 1.395 MW e economizados 4.653 GWh/ano em todo o Brasil, o

que é pouco se comparado a oferta de energia elétrica no ano 2006 que foi de 461.200 GWh (cerca de 1% de energia economizada).

1.1 Objetivo

Tendo como principal preocupação auxiliar a pesquisadores e sociedade na busca por uma maior eficiência na forma de utilização de eletricidade. Desta forma, esta dissertação tem o objetivo de apresentar uma metodologia para a elaboração de diagnósticos energéticos especificamente para o setor hospitalar, e avaliar o potencial de economia de energia na Região Sul do Brasil deste setor e os seus impactos, quanto à mitigação de gases do efeito estufa oriundos da geração de energia demandada por estes estabelecimentos.

1.2 Justificativa

A escolha deste setor se deve a carência de recursos financeiros por parte da maioria dos estabelecimentos de saúde do Brasil e a precariedade no atendimento e na pouca oferta de leitos no setor. Para se ter uma idéia, a quantidade de leitos oferecida para a internação no ano de 2005 (ano do último levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)) nunca foi tão pequena desde 1976, ano em que se começou a realizar esta pesquisa, enquanto no mesmo período a população praticamente dobrou de tamanho.

Além disto, as edificações hospitalares contam com os mais diversos usos finais de energia, e sua forma de utilização, se assemelha muitas vezes a de uma pequena indústria. A metodologia apresentada para a realização de diagnósticos energéticos pode ser facilmente transponível e adaptada para outros segmentos empresariais de pequeno porte. Ao mesmo tempo a forma como é utilizada a energia também se assemelha a estabelecimentos do setor de hotelaria, que também podem ser eficientizados com poucas mudanças na metodologia de diagnósticos energéticos apresentada no capítulo 3.

1.3 Organização

Esta Dissertação está organizada da seguinte forma:

No segundo capítulo é realizada uma revisão da literatura existente, onde será apresentado o conceito de Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos (PIR) e

comparado com o planejamento energético tradicional, será também mostrado o conceito de Gestão de Energia pelo Lado da Demanda e sua importância dentro do PIR. Posteriormente será mostrada a relação entre a geração de energia e o meio ambiente apresentando o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Em seguida será apresentado o cenário atual do setor hospitalar brasileiro e das grandes regiões do País, os trabalhos realizados quanto à forma de utilização de eletricidade e a conservação de energia neste segmento.

No terceiro capítulo são apresentados os métodos utilizados. Primeiramente, a metodologia adotada para a realização dos diagnósticos energéticos, para os diversos usos finais de energia elétrica, que compõem a amostra analisada neste trabalho. Em seguida, é realizada uma estimativa do potencial de conservação de energia para o setor hospitalar brasileiro a partir da referida amostra e os procedimentos para a estimativa de redução dos gases do efeito estufa originados a partir das ações de eficiência energética no setor.

No quarto capítulo, serão apresentados os resultados obtidos neste trabalho e comparados, os valores resultantes a partir de dois diferentes métodos de estimação. Serão exibidos os valores da inferência relativos ao consumo e demanda de energia da população dos hospitais da Região Sul do País e depois os decréscimos de emissões de CO₂ obtidas com estas reduções.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho, bem como as recomendações e propostas da continuação desta pesquisa.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 O PIR e o Planejamento Energético Tradicional

O problema do fornecimento de energia elétrica requer um planejamento em que se considerem todas as variáveis envolvidas, desde a fonte produtora até o consumidor final com análise de todas as opções disponíveis. Desde o estudo da viabilidade de sistemas de geração distribuída ou de fontes alternativas, principalmente nos sistemas isolados onde ainda se utilizam combustíveis derivados do petróleo. Passando pelo estudo do incremento de eficiência energética nas usinas hidroelétricas e termoelétricas e nos sistemas de transmissão e distribuição, até chegar à análise da viabilidade de ações de eficiência energética nos usos finais dos mais diversos segmentos da sociedade, analisando-se anteriormente onde estão os maiores potenciais de economia de energia.

Neste contexto é necessário se analisar em que setores se encontram os maiores potenciais de economia de energia, com o objetivo de auxiliar a tomada de decisão para se minimizar investimentos, tarifas e impactos ambientais com a geração, transmissão e distribuição de uma energia que será desperdiçada pelo usuário final.

O Planejamento Energético Tradicional (PE) procura a expansão dos recursos desde a fonte até a distribuição através da previsão do crescimento da demanda, procurando minimizar o custo financeiro da expansão. Os critérios do PE levaram a uma estratégia de crescimento rápido com o objetivo de suprir o aumento da demanda, com pouca consideração quanto à eficiência energética e seus impactos no meio-ambiente.

Atualmente, os custos crescentes da expansão do sistema e os problemas ambientais vêm ocasionando mudança do PE para o PIR. Segundo [1], em termos gerais, o PIR é o processo que faz uma análise de todas as opções possíveis e factíveis, no tempo e na geografia, com o objetivo de promover do bem estar procurando garantir a sustentabilidade social, econômica e ambiental.

A figura 2.1 representa o modelo de planejamento do PIR, onde são analisadas as alternativas de Gestão de Energia pelo Lado da Demanda (GLD) (como, por exemplo, ações de eficiência energética no setor hospitalar), com projeções de cargas em diferentes cenários. Também são analisadas alternativas de suprimento com energias renováveis ou não para projeções de expansão do sistema e os impactos ambientais resultantes. Então são executadas análises econômicas e financeiras e confrontam-se curvas de capacidade da produção com suas curvas de emissões, atrelados aos custos de produção frente a curvas de carga dos diferentes segmentos sócio-econômicos de mercado. Disto resulta ações que conduzem a modificação dos perfis de uso da energia.

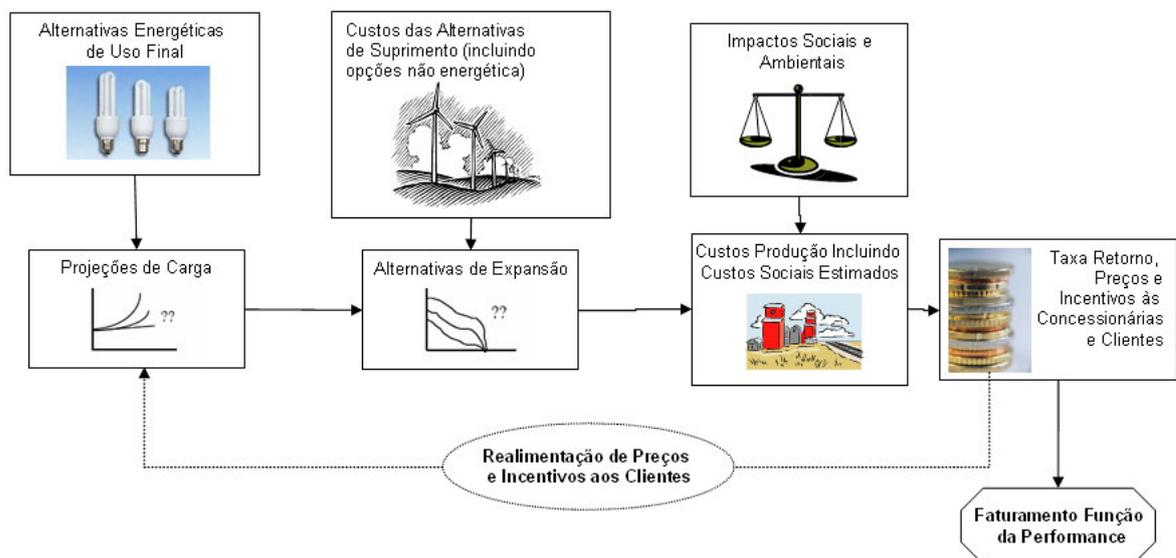


Figura 2.1. Representação do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos.

Fonte: JANNUZZI, 1997.

Assim, o PIR é a ferramenta que coloca em um mesmo patamar as opções de gerenciamento de energia tanto pelo lado da oferta como da demanda. Aumentando o leque de opções, permitindo a busca pela melhor escolha, com opções tais como: a redução da utilização de energia; deslocamento de carga; substituição de fontes energéticas; educação do consumidor, controle da demanda em horários de ponta, etc. [1].

Os programas de eficiência energética analisados no decorrer desta dissertação se mostraram eficazes quanto à protelação de investimentos em expansão da oferta por parte das concessionárias de energia, sobretudo de conservação de energia como poderá ser visto no Capítulo 4. E como conseqüência da redução no consumo de energia, se tem a redução dos impactos ambientais, quanto à emissão de gases do efeito estufa, resultantes da energia

elétrica que deixará de ser gerada para suprir as perdas resultantes do uso indevido de eletricidade no setor hospitalar da Região Sul do país.

Os projetos estudados tiveram como base ações de Gestão de Energia pelo Lado da Demanda (GLD) visando, sobretudo, a eficiência no uso final de energia e ações que objetivam reduzir o consumo em horários de ponta. Estes projetos, em sua maioria, foram financiados pela concessionária de energia local, que tinham, entre outros, o objetivo de protelar investimentos em ampliação do sistema de fornecimento. Muitos dos hospitais analisados se localizavam em pontos sensíveis da rede de distribuição. Em alguns casos a ampliação destas redes, pode ser adiada após a realização das ações de GLD propostas nos Diagnósticos Energéticos.

Os Programas de GLD envolvem um esforço de controlar o sincronismo e a quantidade de eletricidade exigida por clientes. As estratégias de GLD são compostas de esforços com o objetivo de mudar a forma da curva da carga ou a área total sob a curva da carga (a integral da curva da carga dá a energia total consumida). As formas de utilização da energia podem projetar os programas que combinam duas ou mais das estratégias da forma de carga, modificando o formato da curva de carga de seus clientes e energia total exigida possibilitando a protelação de investimentos para a ampliação do sistema elétrico [7].

Os esforços de GLD se dão normalmente sobre uma região geográfica atendida por uma rede elétrica, esta rede pode atender estabelecimentos de vários setores da economia. Entre eles o hospitalar, que possui estabelecimentos em muitos municípios, já que o serviço hospitalar é essencial para a assistência das populações e para o desenvolvimento humano.

2.2 Energia e Meio Ambiente

O setor hospitalar brasileiro utiliza amplamente a eletricidade e como o consumo de energia traz como inevitável consequência alguma forma de dano ambiental, uma das soluções de atenuação e limitação deste problema é a utilização racional da energia.

A produção de energia tem influência direta sobre o meio ambiente já que é responsável por grande parte da emissão de gases, como o gás carbônico (CO₂) dentre outros, que causam o acréscimo constante da temperatura média do Planeta Terra. Estes gases bloqueiam parte da radiação infravermelha que a Terra devolve para o espaço, provocando aumento da temperatura atmosférica, trazendo como consequências modificações climáticas.

Em [15 apud 22] concluiu-se que a utilização dos combustíveis fósseis tem a prioridade de aumentar as concentrações atmosféricas de CO₂. Segundo [17 apud 22], o gás carbônico tem como fontes antropogênicas o uso de combustíveis fósseis o desmatamento ou mudanças no uso da terra. Segundo [15], em 1990 as contribuições da produção de energia para o efeito estufa no mundo já era de 57% conforme ilustrado no Gráfico 2.1.

A emissão de CO₂ causadas pelo homem no mundo atualmente estão em torno de sete bilhões de toneladas. Com o objetivo de combater o aquecimento global provocado por estas emissões foi negociado o Protocolo de Quioto, em Quioto no Japão em 1997, tendo entrado em vigor em fevereiro de 2005.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um dos chamados Mecanismos de Flexibilização criados pelo Protocolo de Quioto para facilitar que alguns países, comprometidos em reduzir suas emissões de gases do efeito estufa possam atingir suas metas com um menor impacto em suas economias. Através do MDL, os países desenvolvidos podem investir neste tipo de projeto em países em desenvolvimento e utilizar Reduções Certificadas de Emissões (RCE) para reduzir suas obrigações.

Os projetos de eficiência energética vêm ao encontro do objetivo de combater as emissões ao buscar o uso eficiente das diversas formas de energia, introduzindo na economia recursos, gerando crescimento e ainda competitividade dos bens e serviços produzidos. Consumidores das mais variadas áreas aplicam este tipo de projeto em suas instalações.

De acordo com [10 apud 20], em um cenário projetado para o ano de 2050, onde estima-se alcançar a redução de 32 Gt CO₂, a maior parte desta redução (ou seja 45%) será proveniente da prática de eficiência energética conforme visualizado no Gráfico 2.2. Um recente documento do G8 intitulado “*Growth and Responsibility in the World Economy*” (2007) focaliza as discussões na eficiência energética com o objetivo de contribuir de forma eficaz para os desafios da mudança do clima para a confiabilidade quanto ao suprimento de energia no mundo. O documento diz que a melhora da eficiência energética é a forma mais rápida, de maior sustentabilidade e mais barata de se reduzir os gases do efeito estufa e de se garantir o suprimento de energia.

Segundo [10], do potencial de redução dos gases do efeito estufa proveniente de ações de eficiência energética, 18% é aplicado em edificações, analisando o potencial de redução por uso final (3% em aquecimento ambiental, 3% em ar condicionados, 3,5% em iluminação, 1% em aquecimento de água e cozimento de alimentos, 7,5% em outros usos finais), 17% em

indústrias e 10% em transportes. O Gráfico 2.2 as previsões de reduções de reduções de CO₂ para o mundo em 2050.

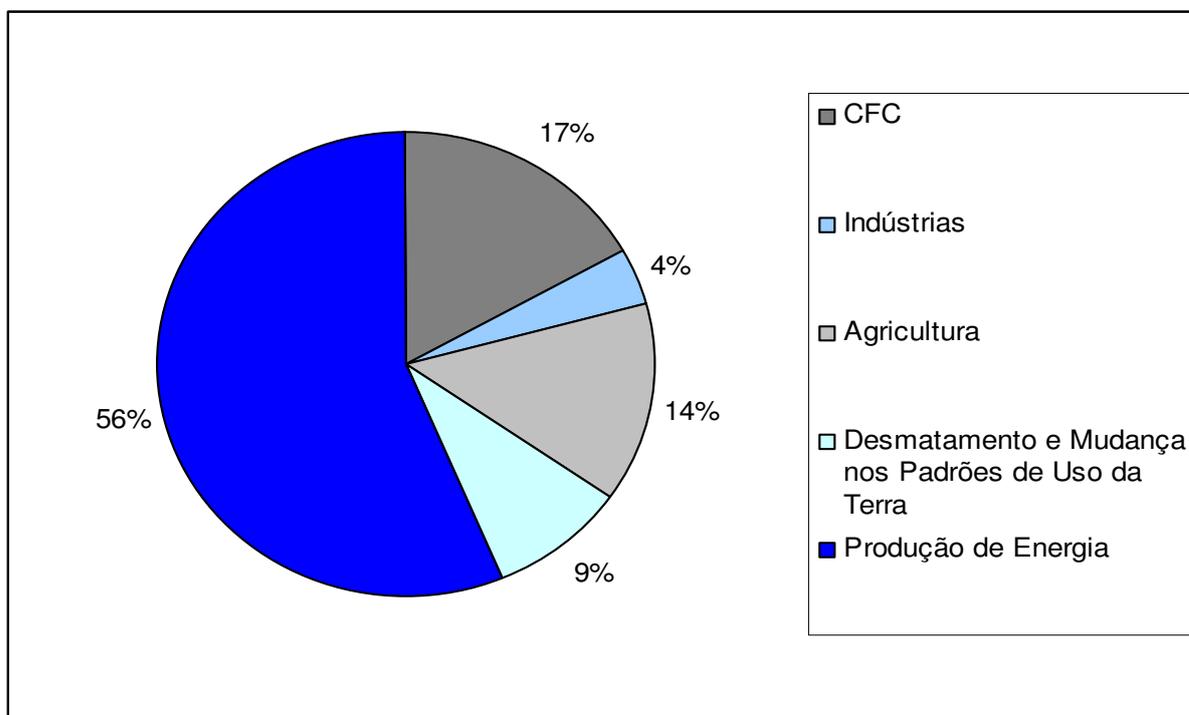


Gráfico 2.1. Emissões de CO₂ por Setor no Mundo 1990.

Fonte: USA - EPA 1990.

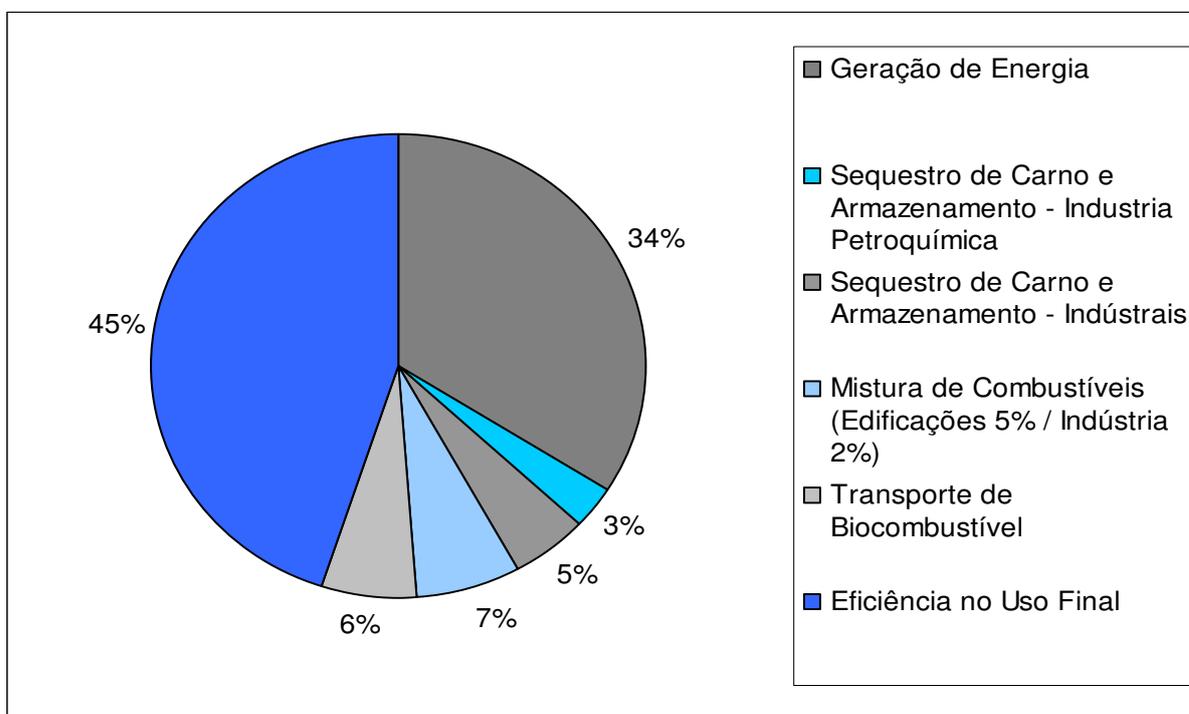


Gráfico 2.2. Reduções de CO₂ no Mundo previsão para 2050.

Fonte: IEA, 2007 apud IEA, 2006.

2.3 O Setor Hospitalar Brasileiro

O setor hospitalar brasileiro, nos últimos anos, tem apresentado uma queda na oferta de leitos embora a população nacional esteja em crescimento. Neste capítulo é realizada uma caracterização do atual cenário deste segmento, bem como sua evolução desde a década de 1970 onde o IBGE, através de sua pesquisa intitulada de “Estatísticas de Saúde: Assistência Médico-Sanitária (AMS)” começou a fazer os primeiros levantamentos de dados sobre o setor hospitalar. Estes dados são relevantes, já que como será visto posteriormente, as análises estatísticas realizadas nesta dissertação relacionam os dados de consumo, demanda e investimentos com o número de leitos disponíveis no universo dos hospitais da Região Sul do Brasil.

2.3.1 Características Gerais do Setor Hospitalar Brasileiro

Os Estabelecimentos de Saúde (ES) podem ser classificados em clínicas, postos de saúde, pronto-socorros, ambulatorios e hospitais. Hospitais são ES que possuem a característica específica de oferecer leitos para internação de pacientes. Essa delimitação é importante já que os potenciais de conservação de energia e a presente dissertação abordam apenas este tipo de estabelecimento. Segundo a AMS (2005), 9,3% de todos os ES são hospitais.

Apesar de o setor privado possuir 62% desses estabelecimentos, a queda anual no número de hospitais em relação à pesquisa realizada em 2002 foi de 2,7% neste setor e variou de 5,7% na Região Norte, a 1,7% na Região Sul. Nas Regiões Nordeste e Centro-Oeste a queda de foi 3,6% [3].

No tocante à especialização, 52,4% dos hospitais fazem atendimento geral. O atendimento ambulatorial é oferecido por 91,9% destes ES. A disponibilidade da emergência existe em 67,5% nos estabelecimentos com oferta de leitos para a internação. Um importante dado a ser avaliado é a distribuição de leitos nos hospitais, pois, segundo [5], um importante indicador de consumo de energia relaciona-se com o número de leitos disponível em um hospital. A simples diferenciação numérica já implica distinções quanto ao porte para distinções na forma de uso da energia.

Em relação existência de leitos no setor hospitalar, o comportamento recente acompanha a queda verificada na quantidade de ES com internação. O número de leitos que

de 1976 para 2002 havia aumentado de 443.888 para 544.357 (representando um aumento de 22,6% ou 1,3% ao ano) declinou para 443.210 em 2005 (diminuição 18,6% ou 1,6% ao ano). O Gráfico 2.3 mostra a evolução da quantidade de leitos existentes no setor hospitalar de 1976 a 2005.

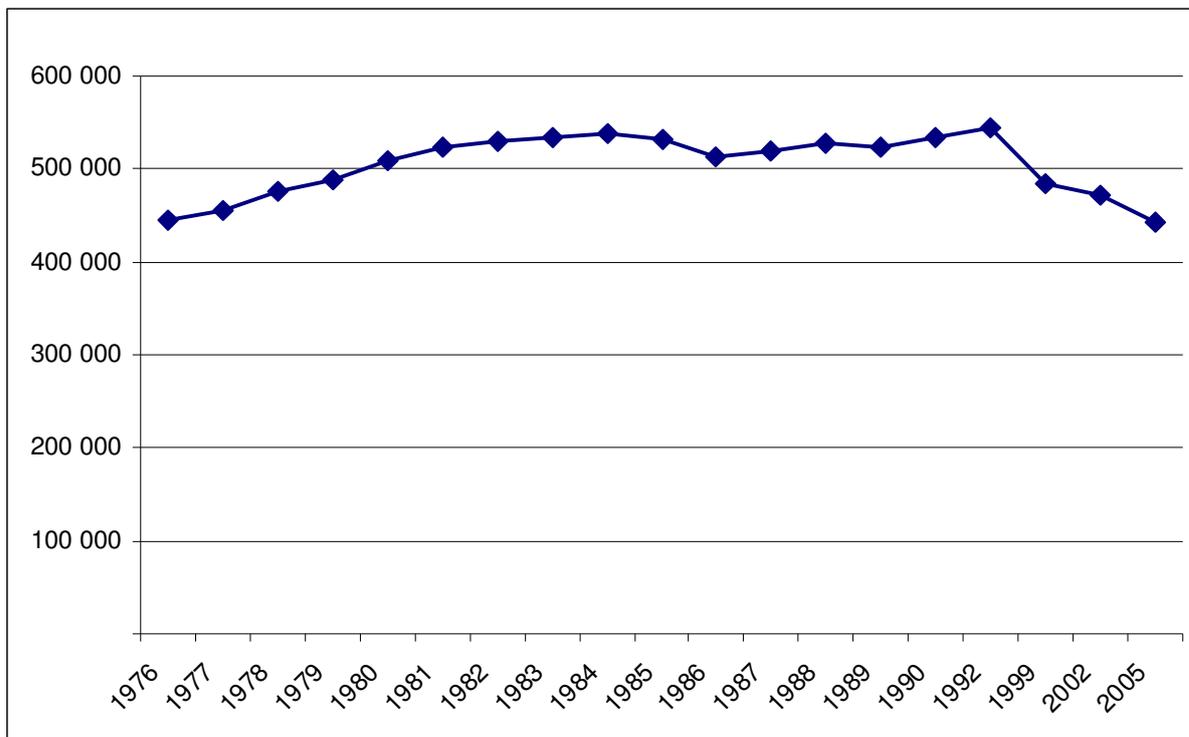


Gráfico 2.3. Evolução da quantidade de leitos oferecidos no setor hospitalar brasileiro.

Fonte: Elaboração própria a partir de AMS, 2005.

Do total de leitos oferecidos no Brasil a Região Norte conta com 27.163 leitos, a Nordeste com 115.857; a Sudeste com 191.453; a Região Sul com 74.558 e a Centro-Oeste com 34.179 leitos. O Gráfico 2.4 apresenta a distribuição percentual de leitos existentes nestas regiões [3].

Nas Grandes Regiões houve um decréscimo de oferta de leitos de 2002 para 2005, a queda variou de 1,8%, na Região Norte, a 7,3%, na Região Centro-Oeste. Na Região Sul esta queda ficou em 6,1%.

A relação de leitos por 1.000 habitantes, em 2005, era de 2,4. Cabe ressaltar que os parâmetros de cobertura sobre a necessidade de leitos indicados pelo Ministério da Saúde, na Portaria no. 1.101/GM, de 12 de junho de 2002, apontam valores de 2,5 a 3 leitos por 1.000 habitantes. Os dados levantados na AMS 2005 apresentam apenas oito estados com indicadores de leito por 1.000 habitantes maior ou igual a 2,5. São eles: Paraíba com 2,5;

Pernambuco com 2,5; Santa Catarina com 2,7; Mato Grosso do Sul com 2,7; Paraná com 2,8; Rio Grande do Sul com 2,8; Goiás com 2,9; e Rio de Janeiro com 2,9 leitos por 1.000 habitantes[3].

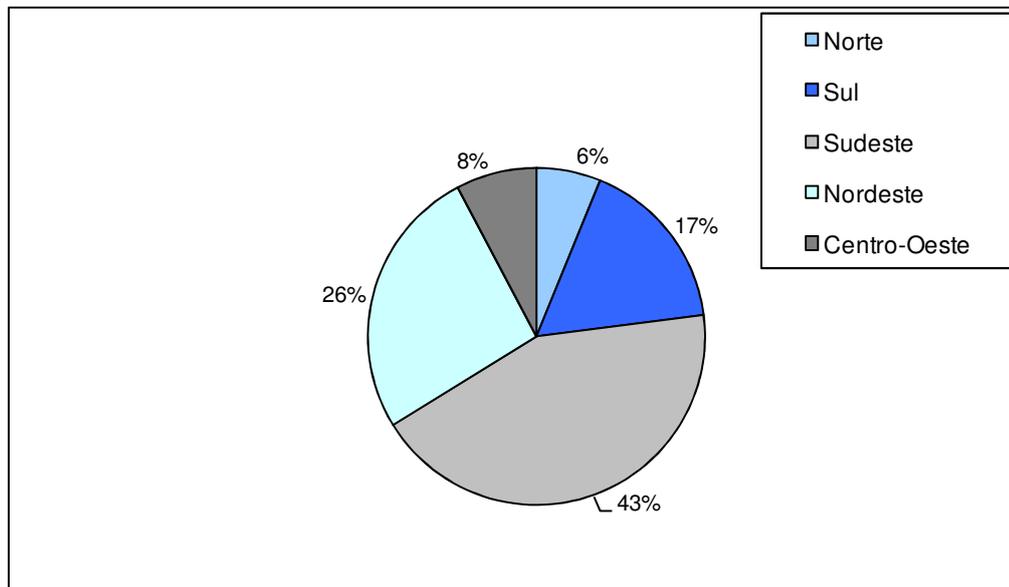


Gráfico 2.4. Distribuição percentual de leitos existentes nas grandes regiões do Brasil.

Fonte: IBGE, 2006.

2.4 A Conservação de Energia no Setor Hospitalar

A demanda de energia em hospitais é caracterizada pela necessidade de alta confiabilidade e qualidade do fornecimento, já que grande parte dos equipamentos é destinada à manutenção da vida do paciente. Hospitais em geral, além de possuir alta intensidade energética, em sua maioria utilizam as fontes de energia de modo pouco eficiente.

Além disto, um fato observado em diversos hospitais é que muitos deles resolvem seus problemas de ampliação de demanda, seja ela de iluminação, condicionamento ambiental, aquecimento de água, vapor e outros, com ações pontuais, sem um planejamento que busque ações globais como, por exemplo, o investimento em centrais térmicas novas, estudo de novos circuitos de vapor, co-geração etc. Estas soluções, que muitas vezes chegam a ser improvisos, tem como consequência a utilização ineficiente da energia e até mesmo colocam em risco as instalações de todo o estabelecimento. Este fato cria um potencial elevado para a conservação de energia, que segundo [4] pode variar de 20% até 44%. Dependendo da forma como é utilizada a energia, uma simples inspeção pode revelar possibilidade de ganhos em iluminação, ar condicionado, equipamentos e outros usos finais. Outras medidas simples incluem a limpeza de lâmpadas e luminárias regularmente, substituindo lâmpadas e filtros nos

intervalos de tempo recomendados, certificando-se de que termostatos e temporizadores estão ajustados corretamente. Mas, as medidas fundamentais requerem um estudo mais aprofundado de engenharia com o objetivo de fornecer o mínimo de energia necessária para o cumprimento adequado dos serviços hospitalares.

As medidas citadas resultam em benefícios para todos os envolvidos: para a sociedade, pois evita a poluição do meio-ambiente proveniente da geração de energia que seria desperdiçada; para os clientes dos hospitais, já que os custos de energia estão computados diretamente nos preços dos atendimentos hospitalares; para as concessionárias de energia, que podem protelar investimentos em geração, transmissão e distribuição e finalmente para o hospital, que necessitará comprar menos energia reduzindo seus gastos.

Então, se a conservação de energia é comprovadamente um caminho efetivo para reduzir os gastos com saúde, por que os hospitais em geral não avançam mais na redução do consumo? Uma pesquisa realizada nos hospitais de Ontário no Canadá por [5] intitulada “*Energy Efficiency Opportunities in Ontario Hospitals*” perguntou quais os motivos que atrapalham os esforços na busca de um uso racional da energia elétrica. Os entrevistados podiam fazer mais de uma escolha e as respostas foram as seguintes:

- Energia está fora da pauta de recursos 59,42 %
- Sem dinheiro disponível internamente para eficiência 55,07 %
- Falta iniciativa da instituição 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 %

Segundo [5] as duas maiores barreiras à eficiência de energia relatada por hospitais participantes da pesquisa foram relacionadas aos recursos internos, que inclui os recursos humanos para controlar os programas e os custos das ações de eficiência energéticas propriamente ditas. A maioria dos hospitais identificou que não possuem um plano de gestão de energia e somente 29% relatou que possuem um plano aprovado por seus executivos e diretores. Apesar da relevância desta pesquisa, não foi encontrado estudo semelhante no Brasil.

2.4.1 Perfil do Uso da Energia nos Hospitais Brasileiros

O principal insumo energético utilizado em hospitais é a eletricidade que representa 50%, quando o hospital conta com caldeira a vapor, podendo chegar a 100% da energia total utilizada quando não existe a mesma. A participação deste energético tem aumentado ultimamente, o que indica uma substituição de outras fontes como óleo combustível, gás liquefeito de petróleo, óleo diesel etc, por energia elétrica [2].

O consumo de eletricidade nos hospitais se deve principalmente aos sistemas de iluminação, de ar condicionado, exaustão, bombeamento de água equipamentos hospitalares, sistemas de informação e aquecimento de água. O óleo combustível, assim como o Gás Natural é utilizado geralmente em caldeiras para a geração de vapor e as vezes para aquecimento de água. Alguns hospitais utilizam também a lenha para o aquecimento de água em caldeiras. O óleo diesel é pouco representativo e é utilizado geralmente para a geração de energia de emergência [2]

O Gráfico 2.5 apresenta a distribuição média percentual do consumo de energia nos hospitais brasileiros, onde se nota que a maior parte do consumo de energia é proveniente dos sistemas de condicionamento ambiental (44%), seguido da iluminação (20%). Este dado é importante já que orienta planos de ação em eficiência energética com vistas a combater primeiramente os maiores consumidores, e avaliar onde estão os maiores ganhos. Segundo [4], esta economia pode variar de 10% a 15% para programas em iluminação e de 10% a 12% em ar condicionado. A amostra que forneceu a média que compôs esta distribuição foi de 10 diagnósticos energéticos, sendo que 7 eram hospitais que possuíam mais de 300 leitos e 3 contavam com menos de 150 leitos, sendo estas características mais adequadas para hospitais de grande porte.

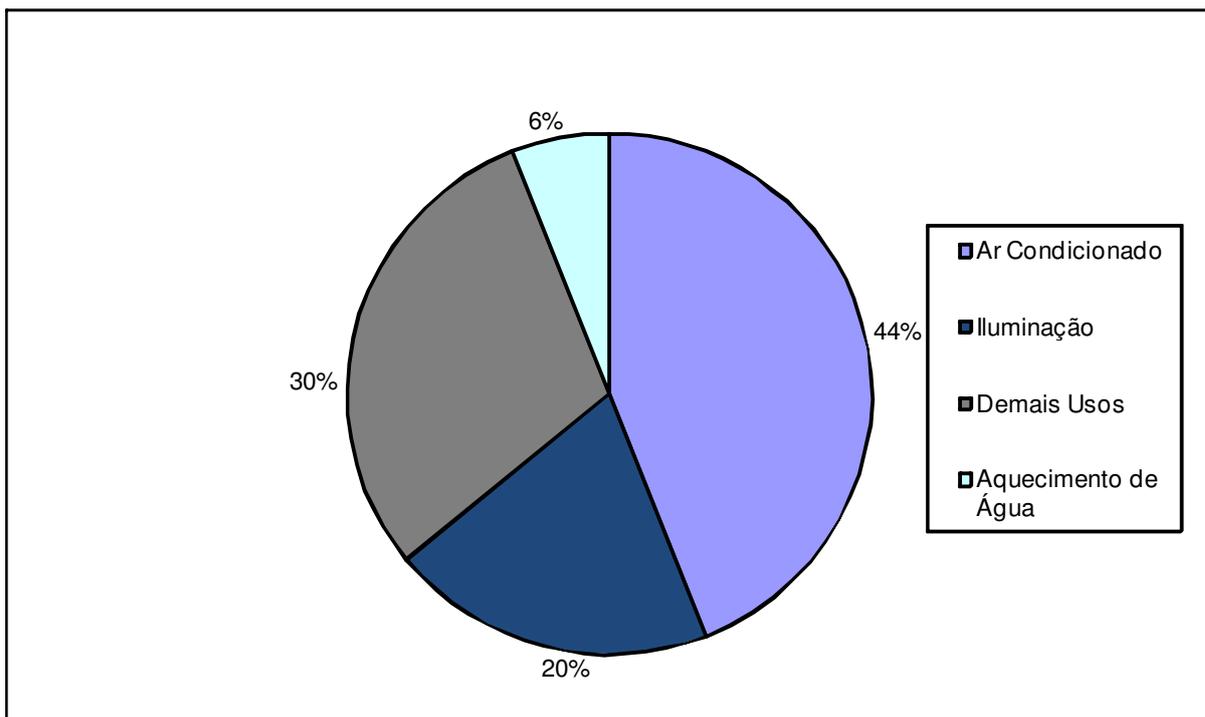


Gráfico 2.5. Distribuição média do consumo de eletricidade nos hospitais brasileiros.

Fonte: VARGAS, 2006 apud ECOLUZ, 1998.

Já [4], com o objetivo de avaliar o potencial de co-geração e uso do gás natural nos setores da indústria química, hoteleiros e hospitalares, a partir de uma amostra composta por 27 diagnósticos, revelou a existência de certos padrões no consumo de energia em hospitais. O autor observa que 64% do consumo de energia provêm de aquecimento de água, condicionamento ambiental e iluminação.

No caso do setor hospitalar, [4] aponta a existência de uma correlação entre o número de internações e de leitos e o consumo de água quente. Existe também uma correlação entre a complexidade dos serviços médico-hospitalares e a demanda por condicionamento ambiental. Apesar de [4] não apresentar estimativas de redução do uso de eletricidade com medidas de eficiência energética, o mesmo estima o consumo de energia a partir da classificação dos estabelecimentos nos tipos descritos a seguir. Na presente dissertação, embora não se tenha utilizado todas as tipologias adotadas por [4], as mesmas serviram como referência para a extrapolação realizada.

a) Hospitais de Grande Porte (GP)

Este grupo compreende hospitais que possuem mais de 450 leitos e que, em sua maioria, contam com uma área de mais de 100.000 m². Estes hospitais contam com setores de UTI (Unidade de Tratamento Intensivo), geradores de emergência e equipamentos

hospitalares de elevada complexidade tecnológica, que operam praticamente as 24 horas do dia e os 7 dias da semana.

Estes estabelecimentos possuem uma intensidade energética média nacional de 3,3 MWh/leito/ano.

b) Hospitais de Médio Porte com Elevado Nível de Conforto (MPAC)

São instituições que possuem entre 150 e 450 leitos, contam com leitos disponíveis em UTI e gerador de emergência. Outros critérios para o enquadramento são: possuir mais leitos disponíveis em quartos do que em enfermarias e atender a seguinte restrição em relação ao nível de conforto:

$$\frac{EDL \times 2 + ETL \times 3}{LTH} \leq 0,5$$

[Equação 1]

Onde:

EDL - Enfermarias de dois leitos;

ETL - Enfermarias com três leitos ou mais;

LTH - Leitos totais do hospital.

A condição dada pela restrição [02] assume a hipótese de que o padrão de conforto em um hospital está relacionado com a proporção de leitos oferecidos em quartos individuais. Tal consideração baseia-se no fato de que, na maioria dos casos, estabelecimentos que possuem maior número de quartos individuais, apresentam maior demanda por condicionamento ambiental. Nesta classe, a participação da eletricidade, dentro dos demais energéticos, é de 57%.

c) Hospitais de Médio Porte com Reduzido Nível de Conforto (MPBC)

Da mesma forma que os MPAC, os hospitais MPBC são instituições que possuem entre 150 e 450 leitos, contam com leitos disponíveis em UTI e gerador de emergência. Porém possuem menos leitos disponíveis em quartos do que em enfermarias e atendem a seguinte restrição em relação ao nível de conforto:

$$\frac{EDL \times 2 + ETL \times 3}{LTH} > 0,5$$

[03]

Estes estabelecimentos apresentam uma maior intensidade energética do que aqueles já observados (GP e MPAC), uma explicação para este fato, é a pouca participação de sistemas centralizados de geração de vapor que não é presente a todos os hospitais deste tipo. Outro fator é a elevada participação de energia elétrica para o aquecimento de água para banho. A participação total de eletricidade é em média de 74% de todos os demais insumos.

d) Hospitais com capacidade de 50 a 150 leitos (PP)

Este tipo de hospitais engloba estabelecimentos de pequeno porte que não atendem exclusivamente SUS, e que contam com uma oferta de 50 a 150 leitos. Quanto a forma de utilização da energia, pode-se encontrar as mais variadas situações nesta tipologia, envolvendo desde estabelecimentos que utilizam exclusivamente energia elétrica, até mesmo para aquecimento de água destinada à cocção ou para secagem de roupa na lavanderia, até os que geram calor em sistemas centralizados com consumo de gás em caldeiras. A eletricidade conta com uma participação média na matriz energética desta tipologia de 76% [4].

e) Hospitais com capacidade inferior a 50 leitos (<50)

Já a classificação <50 compreende hospitais que atendem não exclusivamente SUS e que possuem oferta de leitos inferior a 50 leitos. Neste grupo a participação de eletricidade na matriz energética representa em média 85% dos demais energéticos.

f) Hospitais de atendimento exclusivo SUS (SUS)

Grupo de hospitais que contam com atendimento exclusivo ao Sistema Único de Saúde (SUS). [4] diz que necessidade desta classe surgiu pelo fato de que estes estabelecimentos possuem determinadas peculiaridades, como por exemplo apresentarem maior número de leitos por área construída aproximando-se da tipologia estabelecida para hospitais <50; possuírem capacidade instalada menor em condicionamento ambiental utilizando, em sua maioria, sistemas descentralizados, aproximando-se dos hospitais MPBC; contarem com um menor número de leitos em UTI, aproximando-se dos hospitais <50; serem de propriedade pública, com restrições de ordem orçamentária para investimentos; apresentarem uma menor proporção de serviços e equipamentos complexos e de geradores de emergência [4].

A participação média do consumo de eletricidade na matriz energética destes hospitais é de 71%, sendo o restante da energia atendida por GLP na geração descentralizada de calor em especial para cocção.

Desta forma, [4] realizou uma estimativa de consumo de energia segundo as tipologias estabelecidas para o setor hospitalar, os valores encontrados estão apresentados na Tabela 2.1. O autor constata um elevado grau de heterogeneidade no que se refere aos serviços oferecidos e aos padrões de uso de energia nos diversos estabelecimentos de sua amostra, o que o leva a adotar uma estratégia diferenciada para estimar o consumo de energia em relação aos outros setores pesquisados. [4] conclui sua tese ressaltando a importância do potencial de cogeração com o uso do gás natural nos segmentos hospitalar e hoteleiro relatando que seus padrões de demanda muitas vezes se assemelham aos de uma pequena indústria.

Outro importante estudo foi realizado por [2], onde o autor analisa o potencial de economia de energia no segmento hospitalar, porém o estudo avalia apenas hospitais públicos e de pequeno porte, e suas ações de eficiência contemplam somente os sistemas de ar condicionado e iluminação. O autor considera como hospitais de pequeno porte aqueles que contam com um número de leitos menor ou igual a 150. A amostra analisada foi composta de 8 hospitais da Região Norte, 1 da Região Nordeste, 3 da Região Sudeste, 1 da Região Centro-Oeste e 3 da Região Sul. Os potenciais de conservação de energia para hospitais de pequeno porte no Brasil encontrados neste trabalho estão apresentados na Tabela 2.2.

Segundo [2], o consumo de energia total no Brasil em hospitais de pequeno porte é estimado em 1.152,57 GWh/ano possuindo um total de economia de eletricidade no sistema de iluminação da ordem de 148,02 GWh/ano e no de ar condicionado de 174,69 GWh/ano. Já a redução de demanda ficou estimada em 22,86 MW no sistema de iluminação e de 38,10 MW no sistema de ar condicionado. [2] relata a dificuldade em se obter diagnósticos energéticos no setor hospitalar brasileiro, tanto em quantidade quanto em qualidade e diz que aumentando a quantidade e a qualidade das informações é possível se obterem resultados mais precisos para a população de hospitais. Além disso, recomenda para outros trabalhos a análise de outros usos finais como aquecimento de água e sistemas de bombeamento. Estes usos finais estão contemplados nesta dissertação, como se verá posteriormente.

Tabela 2.1 - Estimativa de consumo dos hospitais brasileiros em 1999 (GWh).

Brasil				
	Eletricidade	Percentual	Combustíveis	Percentual
GP	671,41	17%	383,47	22%
MPAC	914,79	24%	690,00	39%
MPBC	253,02	7%	87,26	5%
PP	1.259,29	33%	403,89	23%
I50L	444,29	12%	75,76	4%
SUS	318,80	8%	126,81	7%
TOTAL	3.861,62	100%	1.767,22	100%
Região Sul				
	Eletricidade	Percentual	Combustíveis	Percentual
GP	130,25	16%	74,39	20%
MPAC	237,15	30%	178,87	48%
MPBC	34,67	4%	11,95	3%
PP	265,21	34%	85,06	23%
I50L	106,18	13%	18,10	5%
SUS	17,73	2%	7,05	2%
TOTAL	791,21	100%	375,45	100%

Fonte: SOARES, 2004.

Tabela 2.2 - Estimativa de consumo dos hospitais brasileiros públicos de pequeno porte em 2002.

	Norte	Sul	Nordeste	Sudeste	Centro-Oeste
Consumo Total (GWh/ano)	149,84	108,34	549,28	244,33	104,79
Consumo Tot. Ilum. (GWh/ano)	49,23	35,59	180,46	80,27	34,43
Consumo Total Ar (GWh/ano)	55,17	39,89	202,25	89,96	38,58
Potencial de Conservação Ilum (GWh/ano)	19,18	13,87	70,30	31,27	13,41
Potencial de Conservação Ar (GWh/ano)	22,63	16,36	82,96	36,90	15,83
Potencial de Conservação Ilum. (MW)	2,96	2,14	10,86	4,83	2,07
Potencial de Conservação Ar (MW)	4,94	3,57	18,10	8,05	3,45
Investimento Ilum. (Milhões de R\$)	8,74	6,32	32,02	14,24	6,11
Investimento Ar (Milhões de R\$)	6,72	4,86	24,64	10,96	4,70

Fonte: VARGAS, 2006.

3 MÉTODOS

Este trabalho foi elaborado a partir de dados de diagnósticos energéticos realizados pelo Grupo de Pesquisa em Gestão de Energia da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (GPGE-FENG/PUCRS). Atualmente o GPGE conta com vários trabalhos realizados na área hospitalar. Muitas vezes os trabalhos realizados são limitados pelos administradores que querem minimizar os impactos nos usos e hábitos dos funcionários, médicos e pacientes. A mudança comportamental dos usuários de energia é de fundamental importância na busca da promoção das ações de eficiência energética. Além disso, existem várias possibilidades para tornar mais eficientes os hospitais. Por isso, muito ainda pode ser feito para se reduzir o consumo de energia e desta forma ajudar diretamente as atividades assistenciais. Este capítulo apresenta os métodos utilizados para a realização desta dissertação.

Primeiramente, foi feito um agrupamento dos dados de diagnósticos de eficiência energética, já realizados, onde foram realizados levantamentos de campo e análises de viabilidade técnica e econômica além de entrevistas com usuários dos sistemas. Com estes relatórios, foram analisados os seguintes dados:

- a) consumo de energia elétrica e demanda antes da implantação de um Programa de Eficiência Energética (PEE);
- b) redução do consumo de energia de todo o projeto e de cada uso final;
- c) redução de demanda de energia de todo o projeto e de cada uso final;
- d) investimento para a realização de todo o projeto e para cada uso final;
- e) relação Custo-Benefício (RCB) do projeto e de cada uso final;
- f) tempo de Retorno Simples (TRS) de cada projeto.

Também foram analisados dados provenientes do IBGE, ANVISA, DATASUS, trabalhos publicados na área, bem como outras fontes que contenham dados relevantes como quantidade de hospitais por estado e de toda a Região Sul e o número de leitos dos hospitais de cada estado e de toda a Região Sul. A partir destas fontes de dados, é possível estimar o número de leitos de cada hospital de todos os estados da Região Sul. Com estas informações é realizada uma classificação de acordo com o porte, a partir do número de leitos oferecidos pelo hospital.

Conforme evidenciado anteriormente, os hospitais possuem diferentes características de uso de energia dependendo do seu porte. Por este motivo os hospitais foram classificados em diferentes tipos, quais sejam:

- a) Hospitais de Pequeno Porte (PP): são hospitais que possuem o número de leitos até 150 leitos;
- b) Hospitais de Médio Porte (MP): são hospitais que possuem um número de leitos entre 151 e 450 leitos;
- c) Hospitais de Grande Porte (GP): são hospitais com um número de leitos maior que 450 leitos.

As classificações segundo o seu grau de conforto, bem como hospitais com menos de 50 leitos e atendimento exclusivo SUS não foram realizados, diferentemente da metodologia estabelecida por [4], pois a amostra existe é pequena para estas tipologias, o que gera um nível de incerteza relativamente grande.

Foram estabelecidos índices que relacionam consumo e demanda (antes do Programa de Eficiência Energética - PEE), reduções de consumo e de demanda (após PEE), e investimento, com o número de leitos ofertados pelos hospitais que foram classificados segundo o porte.

Juntamente com os dados de toda a Região Sul do país, levantados a partir do DATASUS, foi realizada uma extrapolação dos valores analisados. Desta forma, foram analisados os potenciais de redução para o setor hospitalar na Região Sul.

De posse dos valores de redução de consumo e de demanda de energia elétrica e dos investimentos necessários para o alcance destes, é feita uma comparação entre os custos de geração e transmissão, de forma a comparar a viabilidade do projeto. Além disto, foram avaliados os impactos das ações de Gestão de Energia pelo Lado da Demanda (GLD) no sistema elétrico com o adiamento de construção de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações.

As etapas que compõem a metodologia são as seguintes:

Etapa 1: Levantamento de dados:

Por parte da amostra foram levantados os dados de diagnósticos energéticos de 16 hospitais realizados pelo GPGE. Por parte da população, as quantidades de leitos disponíveis

em todos os hospitais da Região Sul do Brasil a partir do banco de dados do DATASUS e da Pesquisa AMS do IBGE.

Etapa 2: Classificação segundo o porte do hospital:

Os hospitais, tanto os da amostra quanto os da população, foram classificados segundo o seu número de leitos (conforme recomendado por [4]) em hospitais GP, MP e PP.

Etapa 3: Estabelecimento de indicadores.

Foram calculados indicadores de consumo energético que relacionam o consumo, e a demanda de energia com o número de leitos do hospital. Para o consumo e a redução de consumo foi calculada a relação MWh/leito; para a demanda e redução de demanda foi calculada a relação kW/leito e para os investimentos necessários para a aplicação do programa de eficiência energética, a relação R\$/leito.

Etapa 4: Estimação dos valores populacionais.

Os valores populacionais foram estimados com base nas médias dos indicadores amostrais e do número total de leitos existentes no Estado onde se localizam e no porte dos hospitais analisados.

Etapa 5: Impactos Financeiros no Sistema Elétrico.

Foi realizada uma análise financeira a fim de se conhecer a Relação Custo Benefício de todas as ações de eficiência energética estudadas, em todo o universo de hospitais da Região Sul do país para se comparar o que é mais viável: expandir o Sistema Elétrico, ou investir em projetos de conservação de energia.

Etapa 6: Impactos Ambientais.

Com base nos dados de despacho de energia elétrica das usinas do Sistema Interligado Nacional (SIN) foram calculados e disponibilizados pelo Ministério de Ciências e Tecnologia MCT os fatores de emissão de CO₂ para todas as horas, dias e meses do ano de 2006, onde se começou este levantamento. Com estes fatores e com os consumos evitados foram encontrados os potenciais de redução de emissões dos gases do efeito estufa para toda a população de hospitais da Região Sul.

3.1 Metodologia de Diagnósticos Energéticos

Tomando como base a caracterização dos usos finais realizada no capítulo 2 e os diagnósticos realizados em 16 hospitais do Rio Grande do Sul, neste item é descrita a metodologia utilizada para a elaboração dos diagnósticos energéticos utilizada nas amostras estudadas.

Segundo [16], a metodologia para a eficiência energética de hospitais segue uma série de etapas padrões e específicas. A rigor, pode-se considerar que cada uso final possui análises específicas de acordo com o seu consumo energético. Porém, inicialmente, são realizadas ações gerais que servirão de base para a análise individual de cada sistema consumidor de energia.

Sendo assim, primeiramente é realizada uma visita ao local, onde são conhecidas as instalações, identificados os ambientes, e levantadas as seguintes informações:

- equipamentos elétricos existentes, identificando a potência e o estado de conservação dos mesmos;
- entrevistas com os usuários, a fim de conhecer os hábitos de consumo e coletar dados sobre os aspectos operacionais de equipamentos e da edificação;
- dados de consumo e demanda de eletricidade, medidos pela concessionária de energia.

Após a aquisição das informações referentes à edificação analisada, são realizadas as seguintes análises:

- prospecção de oportunidades para a redução dos desperdícios identificados;
- construção de gráficos que apontem as maiores parcelas de consumo de energia e picos de demanda elétrica da edificação;
- proposição da substituição dos usos finais onde há baixo rendimento energético, por equipamentos eficientes.
- simulação de diferentes enquadramentos tarifários, para avaliar qual se ajusta melhor ao perfil da edificação.

Então, é realizada a avaliação da redução no consumo e demanda de eletricidade, utilizando equipamentos de alta eficiência energética. De posse dos custos dos equipamentos e de implantação, bem como redução do consumo e demanda de energia elétrica, calcula-se a RCB do ponto de vista do cliente e da concessionária e da sociedade e o VPL, TIR e TRC sob

a ótica do cliente para a implementação das medidas. Para o cálculo da RCB sob o enfoque da concessionária são levados em conta os custos evitados para a ampliação dos sistemas de geração, transmissão e distribuição, cujas taxas são ditadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Já sob o enfoque do cliente são levadas em conta as tarifas praticadas, cujas taxas são ditadas pelo mercado.

De forma resumida, primeiramente, realiza-se a análise tarifária a partir do histórico de consumo adquirido e levanta-se a curva de carga da edificação. Após a aquisição de informações e a partir da escolha de tecnologias de alta eficiência para substituir equipamentos obsoletos e ineficientes, calcula-se a redução de consumo e demandas bem como a relação custo-benefício (RCB) com o investimento proposto. O fluxograma contido na figura 3.1 apresenta as etapas anteriormente descritas de levantamento, análise de dados e apresentação da viabilidade das ações de EE.

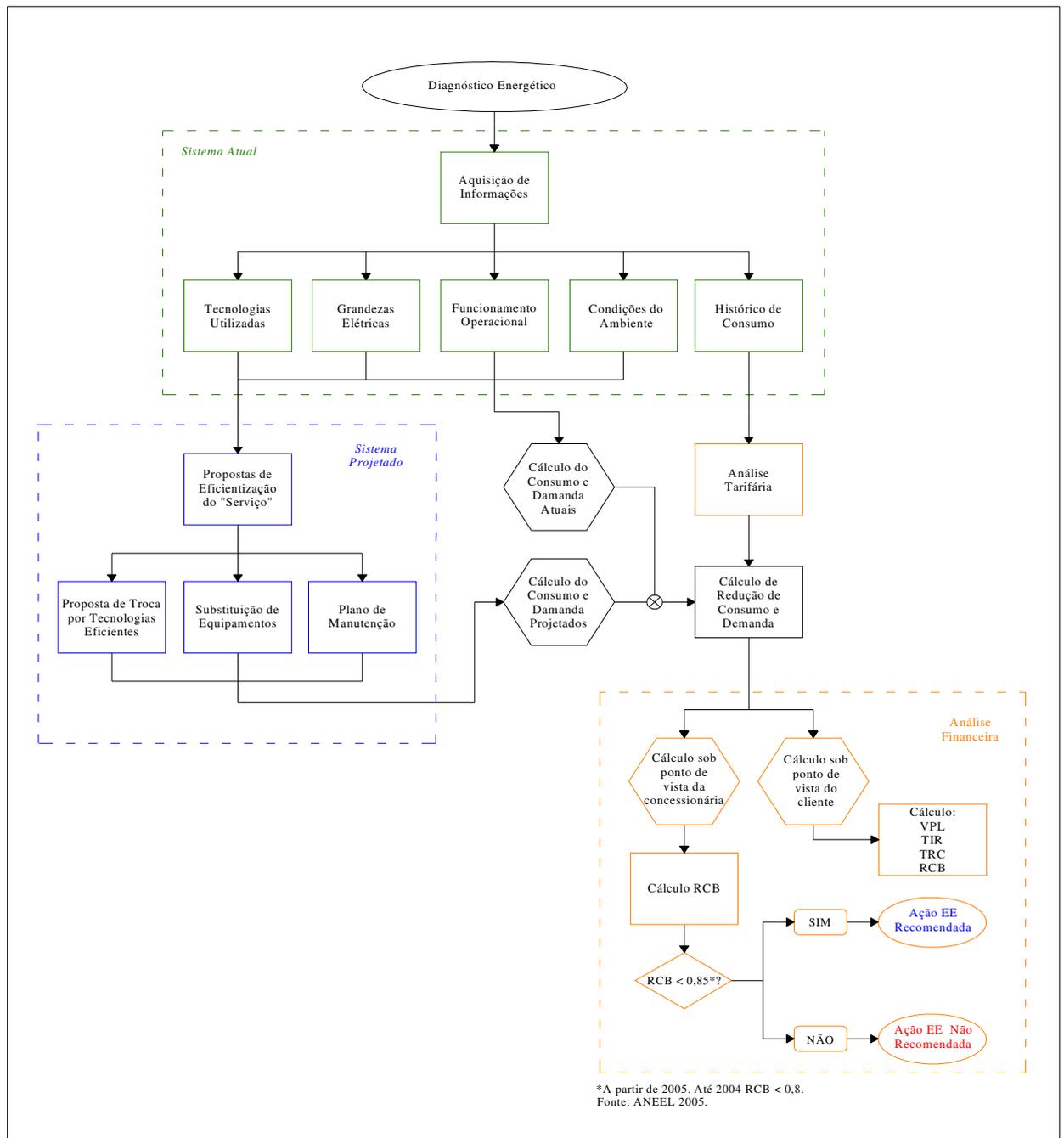


Figura 3.1. Fluxograma da metodologia geral.

3.1.1 Sistema de Iluminação

Seguindo a metodologia proposta, foi desenvolvido um fluxograma, conforme visualizado na Figura 3.2, com o objetivo de explicar passo a passo como diagnósticos energéticos foram desenvolvidos no sistema de iluminação. De acordo com esta metodologia, o levantamento de dados é realizado através de visita a todos os ambientes. Durante essas visitas, dados específicos do sistema devem ser coletados, a fim de se realizar o cálculo

luminotécnico para o atendimento das normas de sistemas de iluminação e alcançar um nível adequado de conforto visual. Finalizada a etapa de coleta de dados, calcula-se o consumo (kWh) e a demanda (kW) e os horários de utilização.

Posteriormente, é realizada a análise de dados, onde são sugeridas e calculadas todas as propostas de ações de eficiência energética do sistema. Conforme visualizado na figura 3.2, propõe-se troca por tecnologias eficientes, entre elas:

- substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas;
- substituição das calhas convencionais por calhas com fundo em alumínio anodizado;
- substituição de lâmpadas fluorescentes de potência de 40 W por 32 W e lâmpadas fluorescentes de 20 W por 16 W;
- substituição de reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos;
- aproveitamento da iluminação natural.

Pode-se exemplificar a substituição de calhas e lâmpadas com a figura 3.3 que ilustra o aspecto de uma luminária ineficiente sendo que a figura 3.4 apresenta a luminária indicada para substituição. As figuras 3.5 e 3.6 mostram exemplos da má disposição das luminárias, instaladas na parede indicando-se realocação das mesmas em locais onde o aproveitamento seja melhor. Lâmpadas dicróicas instaladas na cabeceiras dos leitos, conforme visualizado na figura 3.7, trazem desconforto térmico e visual, sendo indicado neste caso a substituição por uma luminária articulada com lâmpada fluorescente compacta. As lâmpadas de vapor de mercúrio e mista para a iluminação externa, ilustradas na figura 3.8, possuem baixo rendimento e portanto, maior consumo de eletricidade, sendo indicado a substituição por lâmpadas de vapor de sódio. Ao indicar o aproveitamento da iluminação natural, cita-se como exemplo a abertura das persianas durante o dia evitando a iluminação artificial, conforme visualizado na figura 3.9.

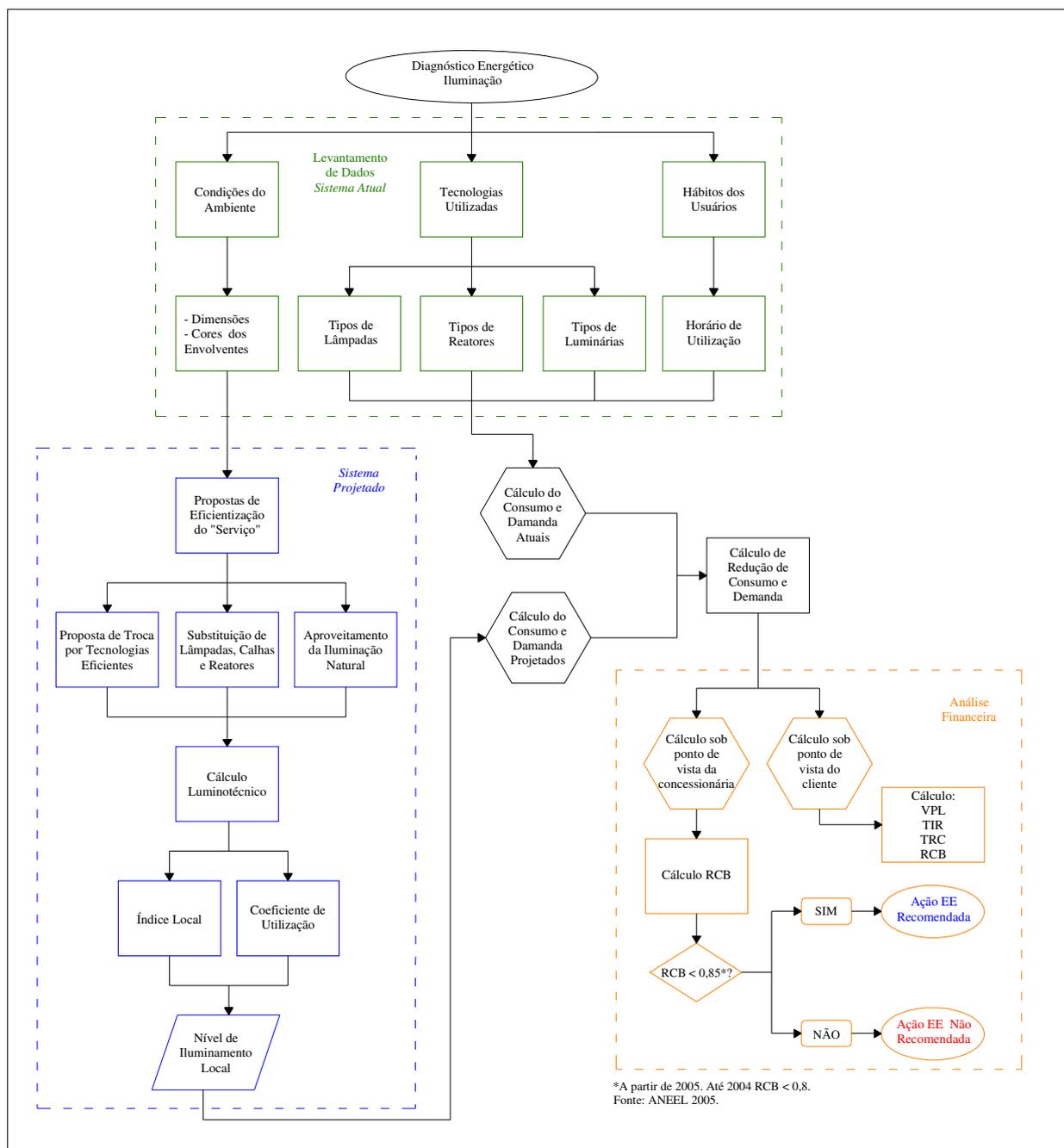


Figura 3.2. Fluxograma da metodologia para sistema de iluminação.



Figura 3.3. Aspecto de uma luminária ineficiente.



Figura 3.4. Aspecto de uma luminária eficiente.



Figura 3.5. Aspecto da má disposição das luminárias no corredor de um Hospital.



Figura 3.6. Aspecto da má disposição das luminárias em alguns leitos de um Hospital.



Figura 3.7. Aspecto da lâmpada dicróica utilizada em alguns leitos de um Hospital.



Figura 3.8. Aspecto da iluminação externa com lâmpadas de vapor de mercúrio.



Figura 3.9. Exemplo de aproveitamento da iluminação natural com a abertura de persianas durante o dia.

Ao escolher as novas potências de lâmpadas e modelos de calhas é necessário executar o cálculo luminotécnico a fim de atender os níveis mínimos de iluminação exigidos pelas normas vigentes.

Depois de escolhido, com base em normas técnicas, o nível de iluminamento para cada ambiente analisado, é calculado o consumo e a demanda de energia elétrica, projetados no diagnóstico. A partir dos dados obtidos são realizadas análises de viabilidade como o cálculo do Tempo de Retorno de Capital (TRC), Valor Presente Líquido (VPL), e Taxa Interna de Retorno (TIR), investimento simples e a relação custo-benefício (RCB).

3.1.2 Sistema de Força Motriz

É composto pelos subsistemas de bombeamento de água, exaustão, transporte vertical, maquinário da lavanderia e ar comprimido. O sistema de força motriz atua praticamente em todos os setores de um hospital. Devido a isso, seu potencial de economia de energia é analisado dentro dos parâmetros de utilização, e, diferentemente dos demais sistemas, foi desenvolvido um fluxograma para cada subsistema do sistema de força motriz com o objetivo de explicar passo a passo como são desenvolvidos os diagnósticos energéticos neste uso final.

3.1.2.1 Bombeamento de Água

Responsável pelo bombeamento de água, este sistema é composto por bombas que geralmente operam de forma ineficiente, necessitando na maioria de redimensionamento para melhor aproveitamento da energia elétrica. Seguindo orientações da metodologia geral, primeiramente realiza-se o levantamento de dados com o objetivo de adquirir todas as informações necessárias para posterior análise. A figura 3.11 apresenta o fluxograma com metodologia específica para o bombeamento de água.

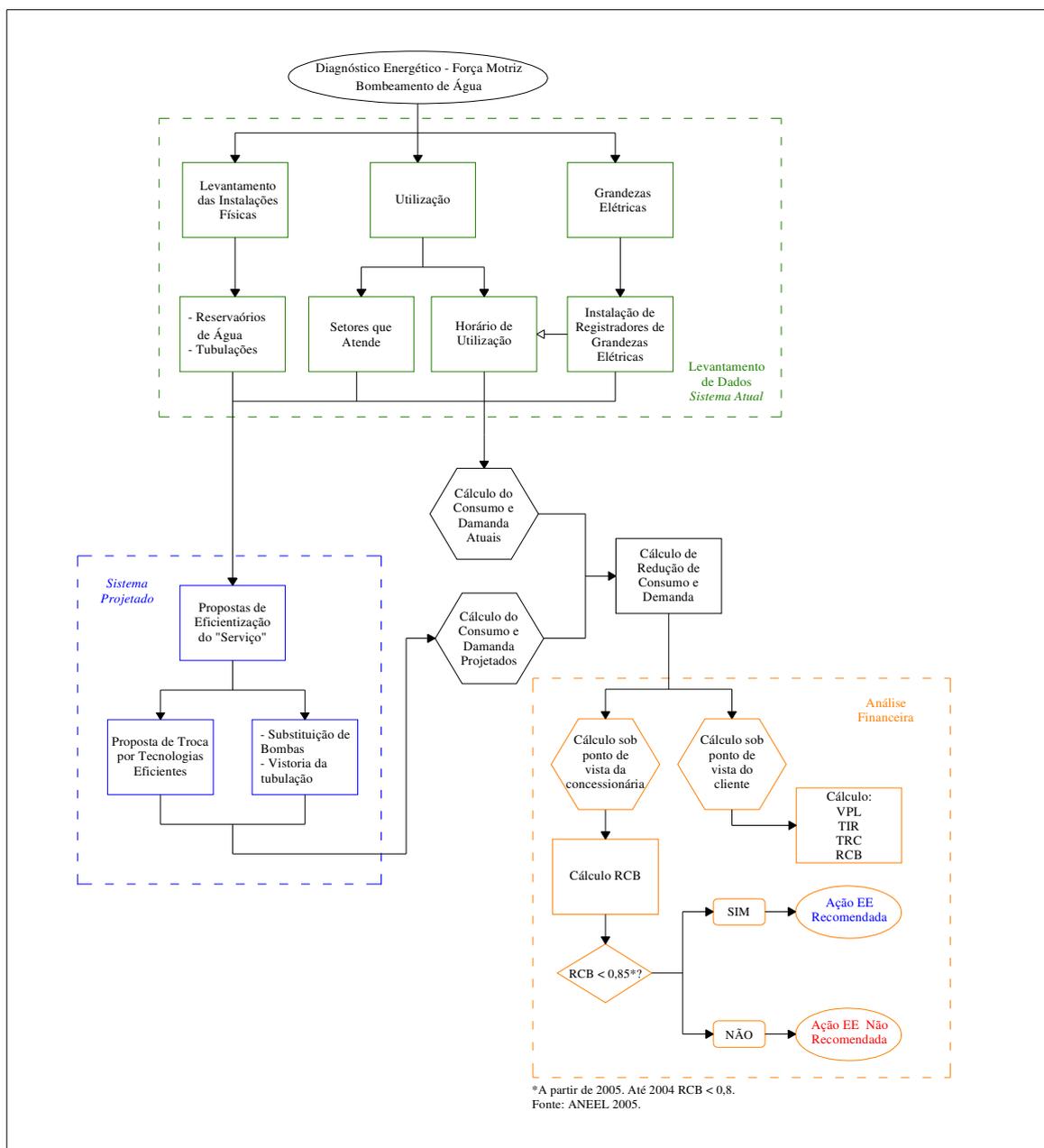


Figura 3.10. Fluxograma da metodologia específica do bombeamento de água.

De acordo com a figura 3.11, é feita a coleta de dados de várias formas, que vão desde o processo manual para verificação de dados de placa de cada bomba, disposição dos reservatórios, de onde cada bomba capta água e quais os setores que atende, até a instalação de registradores de grandezas elétricas para traçar a curva de consumo de cada bomba.

Posteriormente é realizada a análise de dados, onde são sugeridas e calculadas todas as propostas de efficientização no sistema. Conforme visualizado na figura 3.11, propõe-se troca por tecnologias eficientes e algumas ações de eficiência, entre elas:

- substituição de bombas;
- vistorias das instalações e localização de possíveis vazamentos nas tubulações, capacidade dos reservatórios;
- substituição de torneiras para redução do consumo de água.

O conjunto composto por motor, transmissão, bomba e tubulação (com suas conexões) não apresenta 100% de eficiência, tornando-se necessário para determinar a potência do motor que irá acionar a bomba, incluir o rendimento no processo de eficiência do sistema de acordo com a Equação 2, os rendimentos da bomba, do motor e da transmissão, podem ser obtidos nos catálogos dos fabricantes. Ao realizar vistoria nas instalações, abre a possibilidade de aumentar o rendimento do sistema através da eliminação de vazamentos nas tubulações.

$$P_{cv} = \frac{Q_{l/s} \cdot AMT_m}{75 \cdot \eta_{bomba} \cdot \eta_{motor} \cdot \eta_{transmissão}} \quad \text{[Equação 2]}$$

Onde:

P_{cv} - potência em cv a ser entregue pela rede elétrica;

$Q_{l/s}$ - vazão em litros/segundo;

AMT_m : altura manométrica em metros;

η_{bomba} : rendimento da bomba;

η_{motor} : rendimento do motor;

$\eta_{transmissão}$: rendimento da transmissão.

Em seguida é calculado o consumo e a demanda projetada, e assim realizada análise de viabilidade com o cálculo do Tempo de Retorno de Capital (TRC) e a Relação Custo-Benefício (RCB). Atendendo aos parâmetros especificados durante o cálculo, o projeto está apto para ser implementado.

3.1.2.2 Sistema de Exaustão

Este sistema compreende todos os exaustores do hospital, e geralmente opera de forma ineficiente devido à falta de manutenção e ao superdimensionamento dos motores destes exaustores. A figura 3.12 apresenta o fluxograma com metodologia específica para o sistema de exaustão.

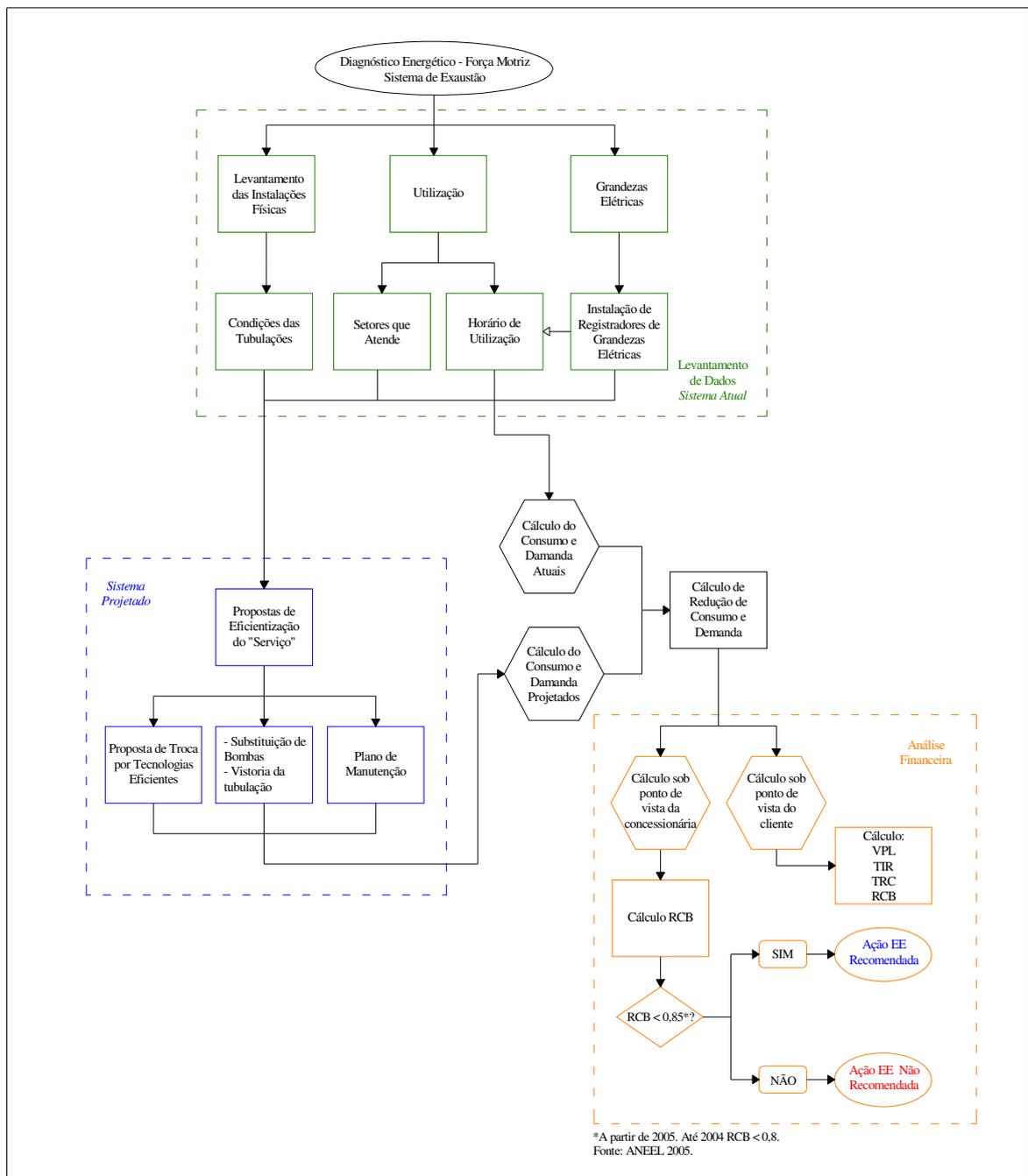


Figura 3.11. Fluxograma da metodologia específica do sistema de exaustão.

A coleta de dados é feita da mesma maneira que no sistema de bombeamento, anteriormente descrita. Com a planilha de coleta de dados, os dados de cada exaustor são coletados e com a instalação de registradores de grandezas elétricas é possível traçar a curva de consumo do sistema.

Posteriormente são analisados os dados, onde são sugeridas propostas de efficientização no sistema. Dentre essas propostas, cita-se a criação ou melhoria do plano de manutenção deste sistema. Analisando os diagnósticos já realizados, observa-se a falta de controle de limpeza dos filtros e pás dos exaustores, assim como a manutenção das correias e monitoramento de seu funcionamento. Na maioria das vezes a única manutenção que ocorre é a corretiva. Como medida de eficiência para este sistema propõe-se um plano de manutenção preventiva, onde o setor responsável deve controlar a limpeza destes exaustores. Para comprovar a eficiência deste método pode-se exemplificar com o exaustor de uma lavanderia com demanda de aproximadamente 21 kW, que após a limpeza, a potência medida foi de aproximadamente 5 kW. Com isso, verificou-se que a sujeira obstruía a saída, reduzindo assim a vazão de ar e solicitando maior potência do motor do exaustor, conseqüentemente aumentando o consumo de energia elétrica do mesmo. No Gráfico 3.1 pode-se visualizar o comportamento descrito do consumo do exaustor da lavanderia, a Figura 3.12 e a Figura 3.13 apresentam respectivamente, o aspecto de um filtro obstruído pela sujeira e de um exaustor sem manutenção.

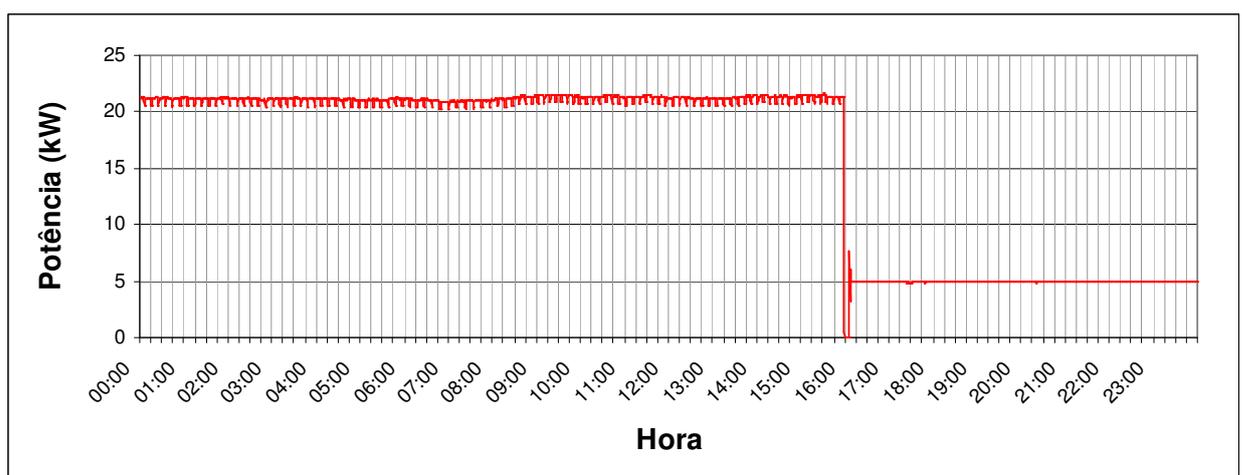


Gráfico 3.1. Consumo do exaustor da lavanderia antes e após a limpeza dos filtros.



Figura 3.12. Aspecto da tela de proteção obstruída com sujeira.



Figura 3.13. Aspecto do exaustor sem manutenção.

Além de manutenção, propõe-se também um estudo do período de funcionamento do sistema. De acordo com [9], para minimizar o tempo de funcionamento do sistema é necessário analisar a necessidade de ventilação durante as diferentes partes do ano, mês e dia. Utilizando esta análise para estabelecer um bom calendário de funcionamento pode-se reduzir

em muito o consumo de energia. Um exemplo do potencial elevado de economia é a ventilação de instalações comerciais e industriais fora do horário de serviço. Analisando o desligamento de exaustores durante horários ociosos, é possível projetar a alteração do horário de funcionamento, promovendo a redução do consumo. Se utilizados equipamentos novos mais eficientes energeticamente, com programador horário configurado para trabalhar apenas nos horários de serviço e desligando o equipamento no restante do tempo, o ganho é significativo. Ainda como medida de eficiência cita-se a troca dos motores convencionais por motores de alto rendimento.

Depois de estabelecidas as medidas de eficiência energética, é calculado o novo consumo e a nova demanda, e conhecendo o investimento necessário, é calculado o RCB e o TRC a fim de se avaliar a implantação do novo sistema.

3.1.2.3 Transporte Vertical

O sistema de transporte vertical compreende os elevadores de um hospital. O cálculo do consumo de energia elétrica de um elevador envolve diversas variáveis, tais como:

- modelo e características técnicas;
- tipo de utilização;
- carga transportada;
- quantidade de viagens por dia.

O consumo de energia elétrica neste sistema se deve principalmente à energia utilizada na máquina de tração, com uma menor participação da luz da cabina, do ventilador, do operador da porta e do quadro de comando. O sistema de elevadores em um prédio pode apresentar um bom potencial de economia de energia, principalmente em casos onde possui uma idade avançada, estes resultados podem ser alcançados através de investimentos na modernização e atualização deste sistema.

Com os dados adquiridos com o registrador de grandezas elétricas é possível traçar a curva de consumo e demanda atuais. Concluída esta etapa, surgem as propostas de efficientização. Se o sistema atua sem comunicação entre os elevadores, quando passageiro chama dois elevadores ao mesmo tempo, por exemplo, eles simplesmente atenderão o andar juntos. Com a proposta de modernização dos equipamentos considerando troca de quadros de

comando, acionamentos e motores, os elevadores terão comunicação entre si, impedindo com que dois elevadores atendam ao mesmo chamado, tornando o sistema mais eficiente. O desgaste natural dos componentes eletromecânicos, excesso de falhas e baixa velocidade de processamento ou codificação de sinais decorrente de desatualização tecnológica dos sistemas de comando e controle após longo período de funcionamento que prejudicam o desempenho atual da instalação e o conforto de seus usuários.

Pode-se analisar a troca do sistema ou apenas o remanejo na operação, reorganizando os horários de utilização de cada elevador, conforme a viabilidade da proposta. Após esta análise calcula-se o retorno de investimento simples e o RCB para as sugestões de eficiência energética. A figura 3.14 apresenta o fluxograma da metodologia deste sistema.

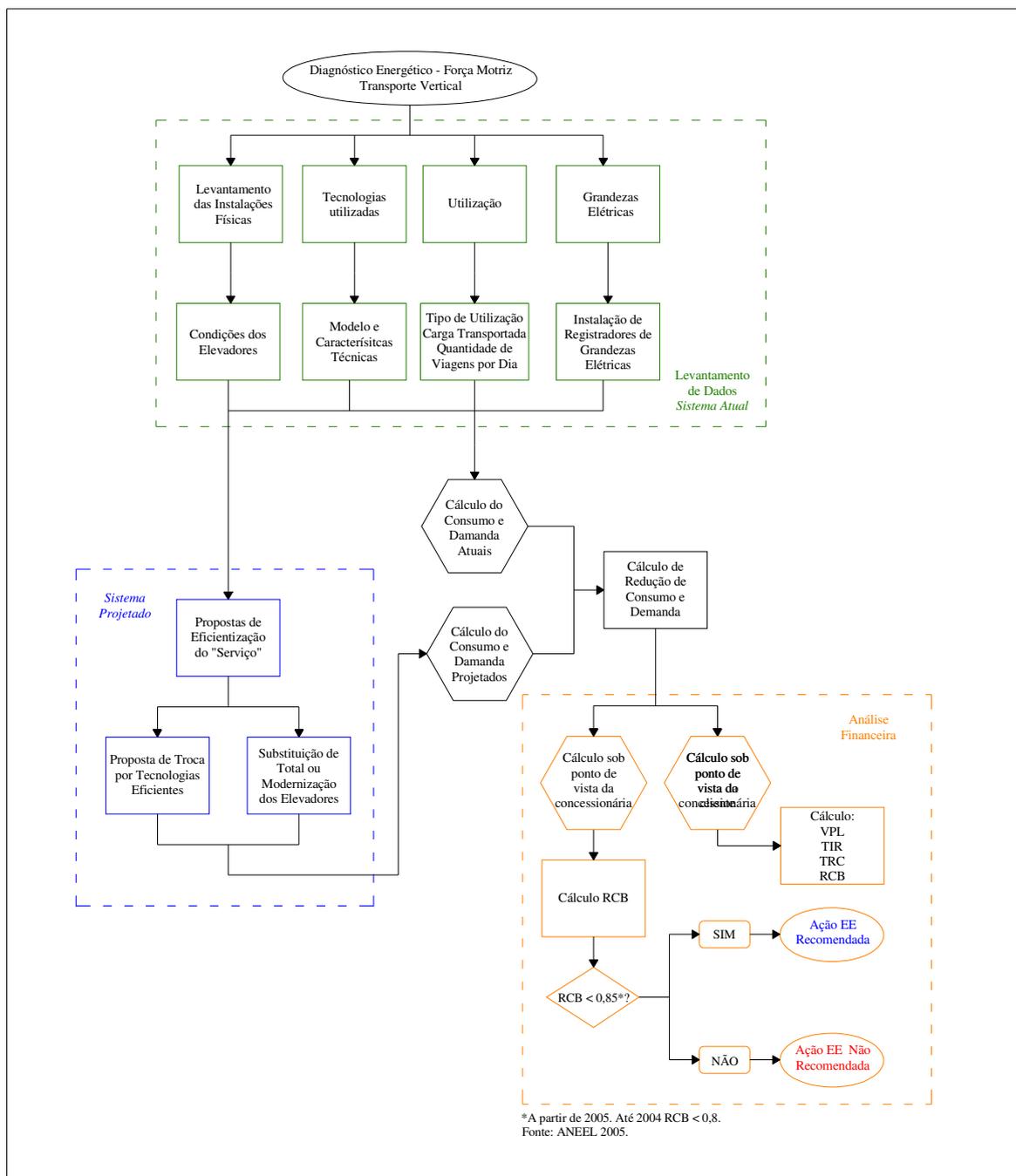


Figura 3.14. Fluxograma da metodologia específica do transporte vertical.

3.1.2.4 Lavanderia

As análises do consumo de eletricidade da lavanderia são realizadas a partir dos dados de processo fornecidos pela equipe técnica da mesma, os dados técnicos de equipamentos são fornecidos pela equipe de manutenção do hospital, acrescidos dos levantamentos feitos pela equipe que realiza o levantamento de dados, bem como catálogos técnicos fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos.

Composta por um maquinário de alto consumo energético, a lavanderia possui peculiaridades na distribuição de tarefas em sua planta, as quais necessitam ser eficientes para não interferir na qualidade do processo e atendimento ao serviço. Ao realizar o diagnóstico energético neste setor, é necessário se fazer um levantamento de dados a partir das estatísticas da lavanderia, como a quantidade de roupa que necessita lavar, passar, dobrar, etc, para se conhecer os hábitos de consumo e propor ações que melhorem o aproveitamento da energia elétrica a fim de realizar o serviço requerido. Além disso, deve-se instalar registradores de grandezas elétricas com objetivo de coletar dados de consumo e demanda e traçar estas curvas. Na análise de dados são propostas as trocas de máquinas, ou remanejo nas instalações da área suja (utilizada para separação e lavagem) e a área limpa (utilizada para acabamento e guarda), com o objetivo de melhor aproveitamento físico e redução de perdas por calor, entre outros. A troca por motores de alta eficiência e uso de inversores são propostas que podem ser analisadas dependendo da aplicação. A Figura 3.15 apresenta o fluxograma da metodologia de um diagnóstico energético neste setor.

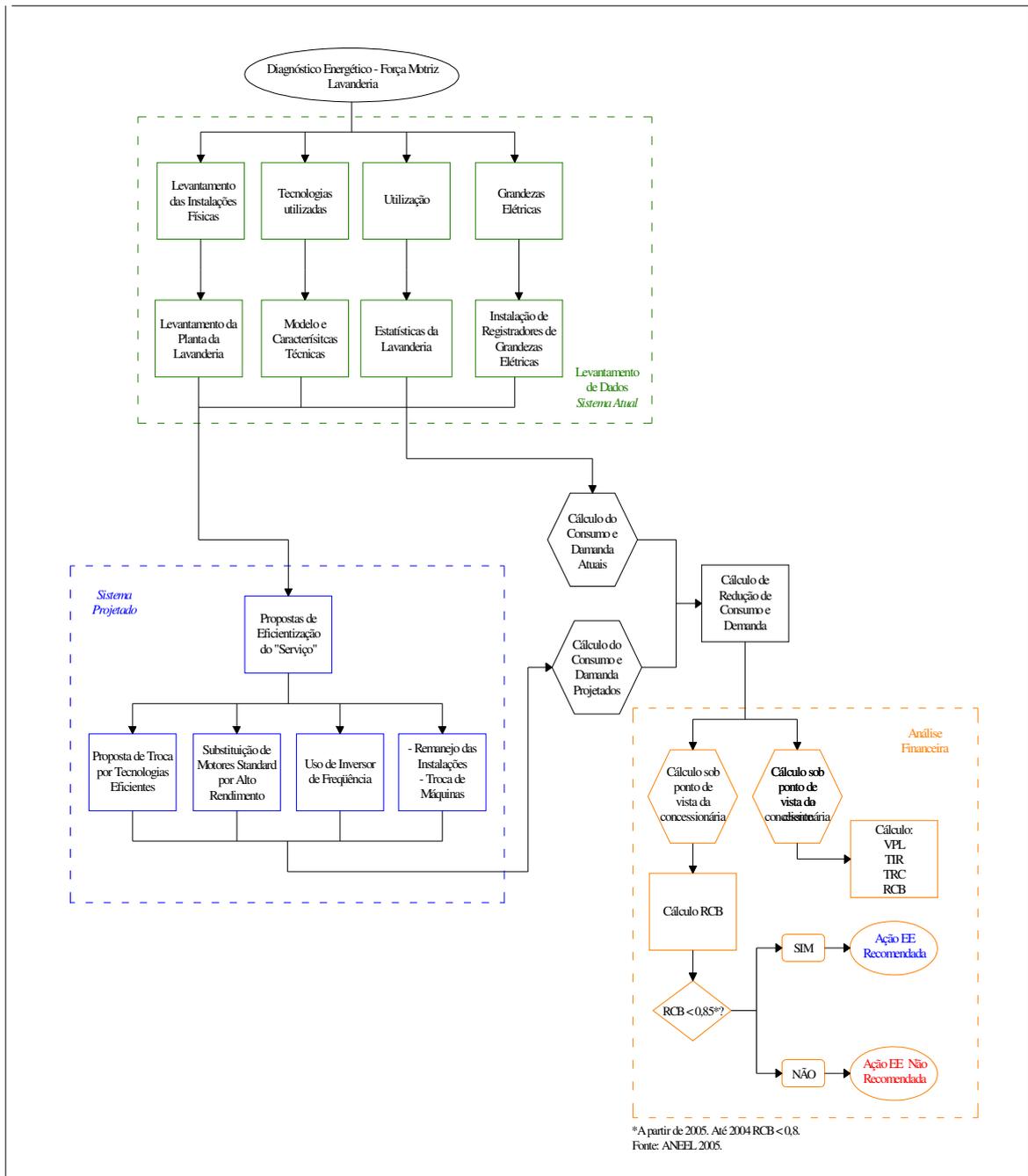


Figura 3.15. Fluxograma da metodologia específica da lavanderia.

3.1.2.5 Sistema de Ar Comprimido

O sistema motriz termodinâmico funciona para “comprimir o ar” consumindo energéticos, como por exemplo, a energia elétrica. Como esse consumo é o principal insumo

para obter-se o ar comprimido, qualquer uso indevido na produção e na utilização do ar comprimido representa perda de energia elétrica.

Como em todos os sistemas descritos neste capítulo, a etapa inicial sempre será a de levantamento de dados. Durante essa etapa, é muito importante, além de coletar os dados dos compressores (como potência do motor, pressão de trabalho, capacidade, nível de ruído, etc), realizar uma visita às instalações deste sistema, para inspecionar a situação atual da rede de tubulações e verificar possíveis vazamentos. As perdas por vazamentos de ar comprimido podem ser grandes, devido a redes sem manutenção adequada, equipamentos obsoletos e escapes excessivos de ar. A instalação de registradores de grandezas elétricas fornece grande contribuição na busca por vazamentos, pois quando traçada a curva de consumo dos compressores, é possível verificar se há considerável fluxo de trabalho fora do horário de utilização e afirmar se o sistema está operando de forma ineficiente.

Na análise de dados é calculado o novo consumo e demanda de energia elétrica a partir das propostas de eficiência escolhidas. Após, é calculado o TRC e o RCB. A Figura 3.16 apresenta o fluxograma deste sistema.

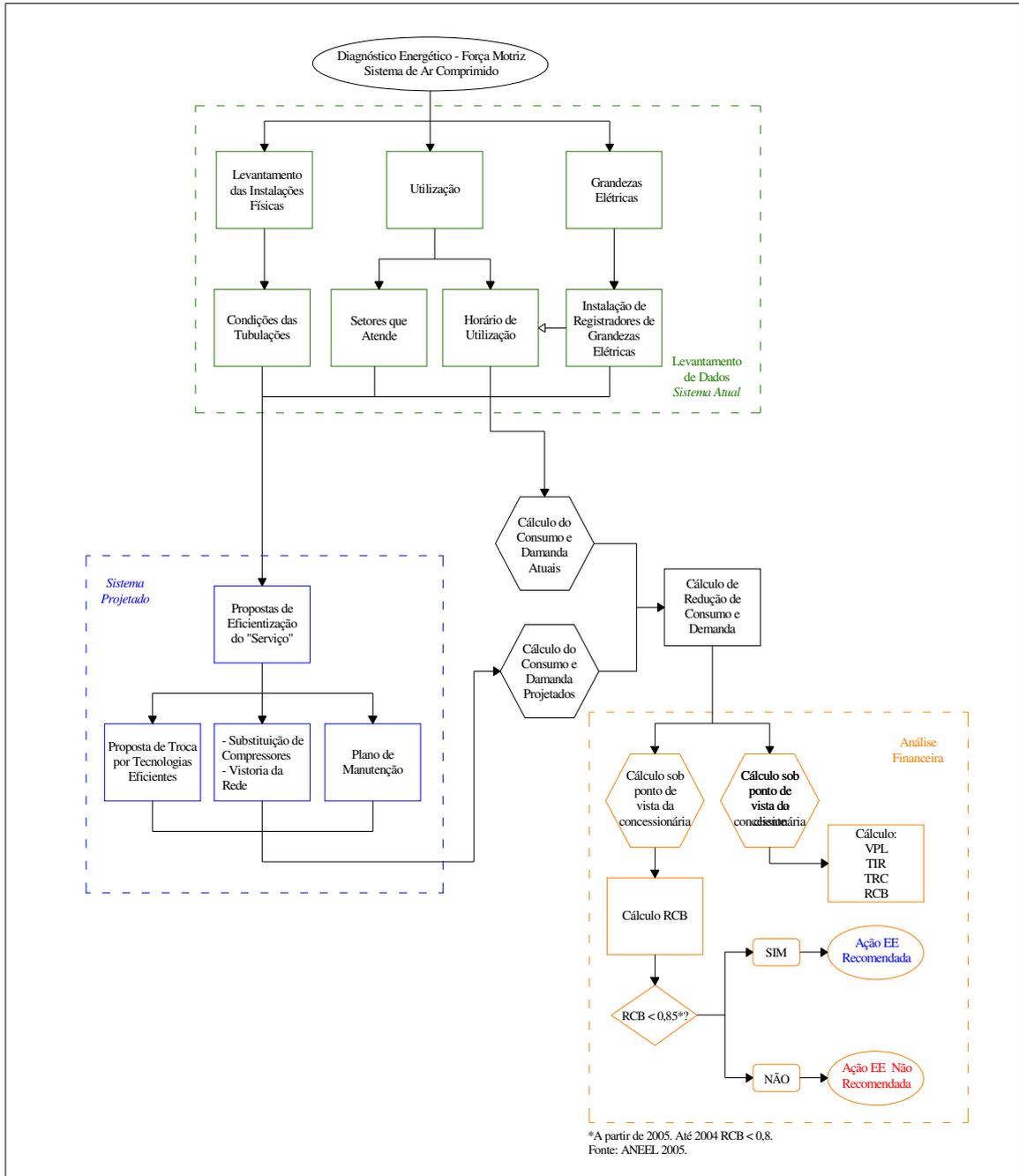


Figura 3.16. Fluxograma da metodologia específica do sistema de ar comprimido.

3.1.3 Sistema de Condicionamento Ambiental

Segundo [16], o sistema de ar condicionado representa grande participação no consumo de energia elétrica de um hospital, onde se faz necessária a utilização de equipamentos mais eficientes, com base em estudos técnicos e econômicos. Desta forma,

medidas devem ser tomadas, onde a partir do levantamento de dados é possível indicar pontos críticos do sistema onde estas medidas possam ser implantadas.

Durante o levantamento de dados é importante verificar a quantidade aparelhos de ar condicionado tipo *split* e tipo janela, além do sistema de ar central. A arquitetura da edificação tem grande influência neste sistema, pois a conservação das aberturas, o uso de divisórias, sistema de iluminação e uso energeticamente adequado do brise influenciam em sua eficiência e conseqüentemente na carga térmica do ambiente. Após a coleta de dados, é necessário propor soluções para melhora do sistema.

O sistema de iluminação, em dias quentes, tem dois impactos na fatura de energia. O primeiro é resultante do consumo de energia para atender o próprio sistema de iluminação. O outro é proveniente da energia utilizada pelos sistemas de condicionamento de ar, para retirar o calor produzido pelo sistema de iluminação. Portanto, neste segundo caso, observa-se que as lâmpadas acesas desnecessariamente ou a iluminação não eficiente acarretam numa maior exigência dos aparelhos de ar condicionado (nos períodos quentes como o verão). Também os revestimentos dos vidros das janelas com películas, se traduzem em bons métodos para diminuir a carga térmica advinda do sol.

Filtros obstruídos acarretam em uma maior exigência dos motores dos aparelhos de ar condicionado, pois estes são obrigados a trabalhar com maior pressão. Uma recomendação é o controle da perda de pressão nos aparelhos através de manômetros, tipo coluna de água, procedendo-se a limpeza ou a troca dos filtros, quando atingida a perda máxima recomendada pelo fabricante.

Outra ação muito importante neste sistema é estabelecer uma política energética e de manutenção. A falta de equipe ou projeto de planejamento global de crescimento e manutenção energética do hospital é um grande problema pelo qual muitos estabelecimentos passam. Como conseqüência, são realizados improvisos para o atendimento do aumento da carga térmica sem a avaliação como um todo, o que tem como conseqüência risco na confiabilidade e a operação fora do ponto de maior eficiência. Nos programas de manutenção 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 paradas não desejadas para os equipamentos.

Alguns exemplos de desperdício podem ser verificados nas fotografias a seguir onde a Figura 3.17 apresenta um exemplo de falta de conservação das aberturas no hospital, que contam com persianas que não fecham por falta de manutenção permitindo a incidência direta

da radiação solar. A Figura 3.18 mostra a falta de manutenção nos filtros, que estão obstruídos pela sujeira. A Figura 3.19 mostra a falta de planejamento da compatibilização das cargas térmicas, onde existe uma estufa elétrica localizada ao lado de uma tomada de ar.



Figura 3.17. Aspecto da falta de conservação das aberturas do hospital.

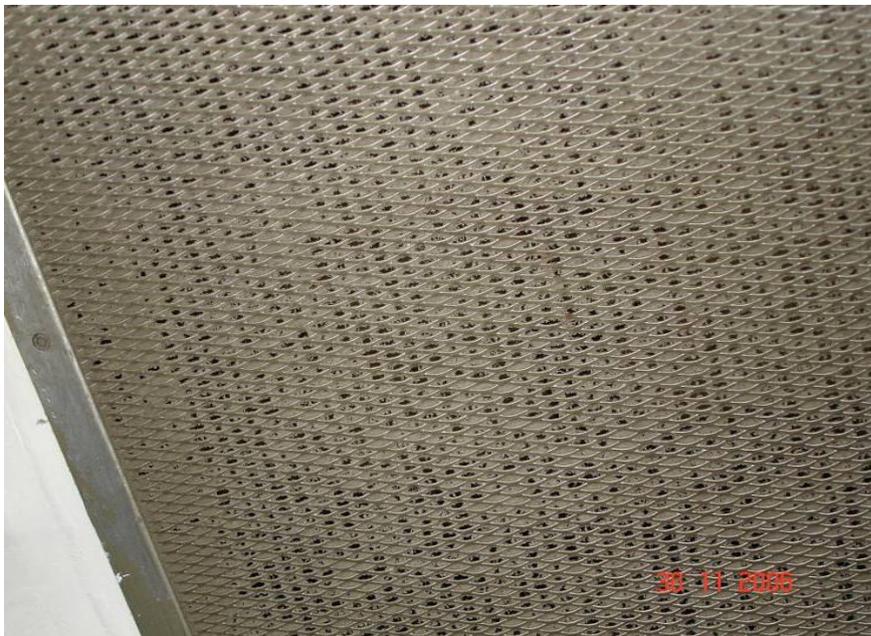


Figura 3.18. Aspecto da falta de manutenção dos filtros do sistema de ar condicionado.



Figura 3.19. Aspecto da falta de planejamento da incorporação das cargas térmicas.

A vedação dos ambientes é extremamente importante para o uso eficiente deste sistema e deve ser proposta na análise de dados caso não haja em todos os ambientes. Deve-se atentar também para a temperatura interna dos ambientes. A norma brasileira de Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto - Parâmetro Básicos de Projeto (NBR-6401/80) recomenda que a temperatura interna dos ambientes encontrados no hospital (atendidos por aparelhos de condicionamento de ar de janela e *split*) deve adotar no período de inverno uma temperatura que varie de 20 a 22°C, e no período de verão varie de 23 a 25°C, proporcionando aos ambientes uma temperatura confortável termicamente.

Em hospitais onde o sistema de ar condicionado é constituído por aparelhos tipo janela não é viável, técnica ou economicamente, a instalação de um sistema de condicionamento de ar central, verifica-se a viabilidade da substituição dos equipamentos obsoletos por equipamentos do mesmo tipo, porém de alto rendimento energético aos quais foram concedidos o selo do PROCEL.

3.1.3.1 Análise do Conforto Térmico

A análise do conforto térmico é uma etapa importante para verificação de eficiência do sistema. Esta análise é realizada com o intuito de verificar o dimensionamento dos aparelhos de ar condicionado necessários para atender os níveis desejados de conforto térmico, adequando os equipamentos para a real necessidade dos ambientes do hospital. Os dados relevantes referentes à construção, iluminação, equipamentos elétricos, hábitos do hospital e ocupação dos ambientes, devem ser levantados *in loco* para utilização no cálculo de carga térmica. De posse desses dados é possível determinar o nível de conforto térmico, verificando se estão de acordo com as temperaturas especificadas na NBR-6401, e quais as potências dos sistemas de ar condicionado necessárias para suprir a carga térmica dos ambientes analisados. Com o auxílio do programa computacional *EnergyPlus* (programa de simulação de edificações oficial do Departamento de Energia dos Estados Unidos), é possível realizar as análises de conforto térmico dos ambientes da edificação hospitalar [11].

Após calculadas as reais necessidades de potência para se atingir o conforto térmico e com conhecimento do investimento em tecnologias mais eficientes, é realizada uma análise econômico-financeira onde se obtém o RCB e o TRC, a fim de se conhecer a viabilidade das ações de eficiência propostas. O fluxograma da Figura 3.20 permite visualizar de forma geral, como se desenvolve o diagnóstico para este sistema.

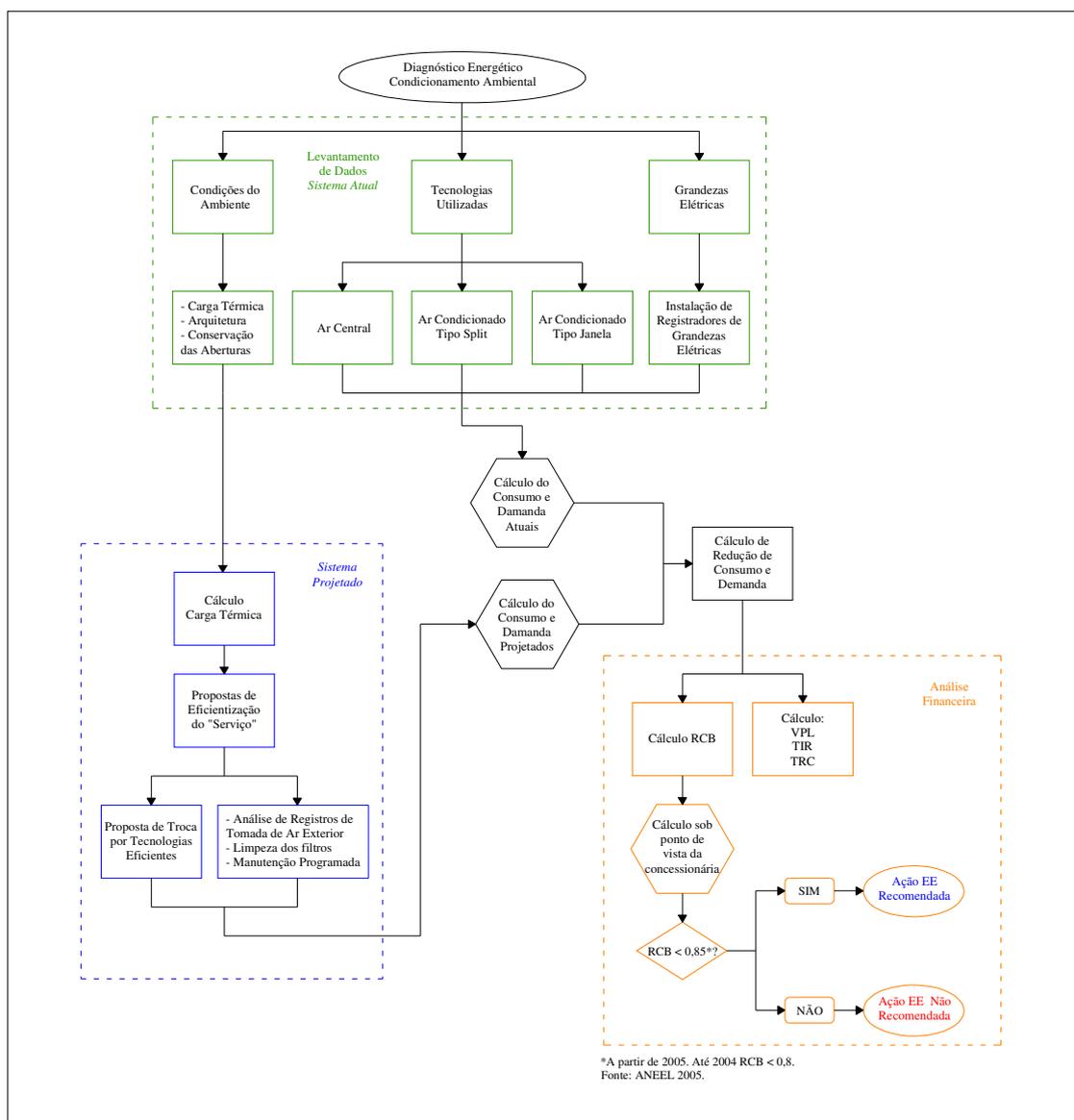


Figura 3.20. Fluxograma da metodologia específica do sistema de condicionamento ambiental.

3.1.4 Sistema de Aquecimento de Água

Conforme [16], o chuveiro elétrico de passagem é a forma mais usual de aquecimento de água utilizada no Brasil. Este equipamento possui elevado consumo de eletricidade, podendo muitas vezes superar a potência de 7.500 W. Desta forma, a demanda de energia elétrica pode ser bastante elevada, apesar do mesmo funcionar em curtos intervalos de tempo. Estes equipamentos são responsáveis por 18 a 25% do pico de demanda nos sistemas elétricos das regiões Sul e Sudeste, o que significa que a cada R\$ 35,00 investidos para a instalação de

um chuveiro elétrico novo o sistema deve aplicar R\$ 1.900,00 para que o mesmo possa funcionar em horário de ponta, permanecendo esta capacidade ociosa nos demais períodos de tempo [17].

Como será visto posteriormente, no sistema de aquecimento de água, apesar do mesmo não ser o que mais consome energia elétrica, é nele que existem os maiores potenciais de economia de eletricidade especialmente para hospitais de pequeno e médio porte. Isto ocorre por que, através da substituição de chuveiros elétricos de passagem por sistemas de aquecimento solar, se obtém até 90% de economia de energia elétrica no para o aquecimento de água. Figura 3.25 apresenta o fluxograma com metodologia de levantamento, análise e proposição de ações de eficiência para o sistema de aquecimento de água. A Figura 3.21 apresenta o aspecto de um chuveiro elétrico que pertencia a um hospital (que é uma das amostras analisadas neste trabalho), estes equipamentos foram, após uma análise da viabilidade econômico-financeira, substituídos por equipamentos de aquecimento solar. Esta prática é muito comum em estabelecimentos que utilizam sistemas elétricos para o aquecimento de água para banho. As figuras de 3.22 à 3.24 mostram o novo sistema instalado que se mostrou muito eficiente em comparação com o sistema antigo.



Figura 3.21. Aspecto de um chuveiro elétrico pertencente ao antigo sistema de aquecimento de água de um hospital analisado nesta dissertação.



Figura 3.22. Aspecto de um chuveiro elétrico pertencente ao sistema de aquecimento de água após o projeto eficiência energética de um hospital analisado nesta dissertação.



Figura 3.23. Aspecto dos boilers instalados para o novo sistema de aquecimento de água em um hospital da amostra analisada nesta dissertação.



Figura 3.24. Aspecto dos coletores solares do novo sistema de aquecimento de água em uma amostra utilizada nas análises desta dissertação.

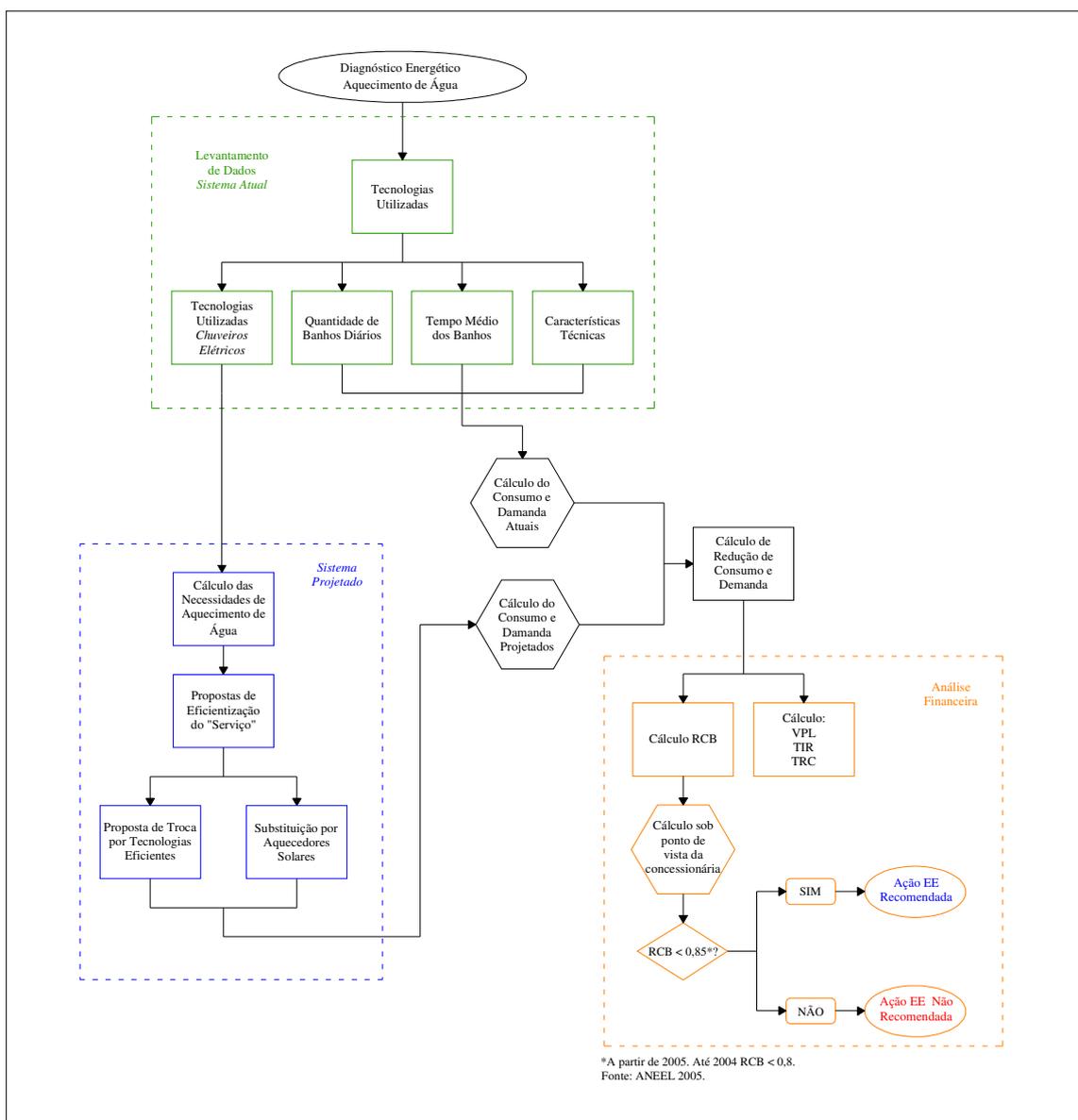


Figura 3.25 - Fluxograma da metodologia específica do sistema de aquecimento de água.

3.2 Inferência Estatística para a População dos Hospitais da Região Sul

Foi utilizada uma amostra de 16 hospitais de diversos portes para se estimar os dados populacionais. Esta amostra corresponde aos diagnósticos energéticos elaborados conforme a metodologia descrita no item 3.1. Também foram utilizados dados provenientes do DATASUS e do IBGE através da pesquisa Assistência Médica Sanitária (AMS 2005). Os valores médios do consumo anual de energia elétrica e demanda, reduções de consumo e de

demanda, investimentos, tempo de retorno e RCB, bem como do número de leitos oferecidos pelo hospital, foram utilizados como base na inferência estatística. Para estimar os valores relativos à extrapolação para toda Região Sul dos consumos e demandas atuais, bem como dos ganhos de energia, serão utilizadas técnicas estatísticas, baseadas na média, desvio padrão e intervalo de confiança.

Para a estimação pontual, onde se está interessado em se encontrar um único valor que esteja satisfatoriamente próximo do valor verdadeiro, o estimador da média populacional é a média da amostra. O estimador do desvio padrão populacional é o desvio padrão da amostra. A Equação 3 apresenta o cálculo da média amostral e a Equação 4 o desvio padrão.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad \text{[Equação 3]}$$

$$s = \sqrt{(X - \bar{X})^2} \quad \text{[Equação 4]}$$

Onde:

s - desvio padrão da amostra

X - valores da amostra

\bar{X} - média da amostra

n - tamanho da amostra

Entretanto, o valor pontual estimado quase nunca é igual ao verdadeiro. Logo, geralmente existe o interesse em se descobrir um intervalo de confiança no qual existe uma faixa de valores aceitável para o parâmetro baseado nos dados amostrais [8]. Na estimação intervalar, se obtém intervalos que englobam os parâmetros procurados com uma margem de confiança conhecida através de dados amostrais. O intervalo de confiança para uma distribuição Normal pode ser obtido através da Equação 5 [2].

$$I = z_c \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{Np-n}{Np-1}} \quad \text{[Equação 5]}$$

Onde:

I - intervalo de confiança

z_c - coeficiente de confiança ou valor crítico

Np - tamanho da população

Segundo [2] para grandes amostras ($n > 30$), a distribuição Normal é a mais indicada na inferência estatística. A razão pela qual a distribuição Normal é tão importante é porque não importa qual seja a distribuição da variável de interesse para grandes amostras, a distribuição das médias amostrais sempre se aproximará de uma normal, e tenderá a uma distribuição normal à medida que o tamanho da amostra aumentar [8].

Todavia, a distribuição Normal não se aplica ao caso aqui analisado, pois para amostras pequenas ($n < 30$), onde o desvio padrão da amostra é uma estimativa menos confiável que o desvio padrão da população, deve-se usar os valores da distribuição T-student, cuja equação do intervalo de confiança é:

$$I = tc \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \text{[Equação 6]}$$

Onde:

tc - coeficiente de confiança ou valor crítico

A maior diferença entre as duas distribuições é que a distribuição T-student utiliza o chamado grau de liberdade que é calculado a partir do número de amostras da seguinte forma:

$$v = n - 1 \quad \text{[Equação 7]}$$

Onde v é denominado de grau de liberdade.

Os valores de z_c e tc , utilizados para calcular o intervalo de confiança, são tabelados (Tabela da distribuição Normal e Tabela da distribuição t de Student) e seus valores podem ser encontrados em livros de estatística.

Neste trabalho, serão utilizados para as estimativas, um nível de confiança de 80%, ou seja, se poderá dizer, com 80% de confiança, que o valor verdadeiro do parâmetro de interesse se encontra no intervalo encontrado. Optou-se por este valor porque com níveis de confiança muito elevados, se produz uma faixa de valores (intervalo de confiança) muito grande. Do contrário, quando se utiliza níveis de confiança menores, a faixa do intervalo de confiança será menor, porém a probabilidade do valor populacional estar dentro da faixa também é

menor. Já com um valor intermediário, se produziu um valor com uma faixa de intervalo de confiança não tão grande e um resultado com precisão admissível.

Para se avaliar o consumo de energia elétrica, é comum se utilizar indicadores de consumo específico, que relacionam o consumo e demanda de eletricidade com o produto final, montante financeiro, área construída etc. que possibilitam traçar comparativos entre diversos estabelecimentos. No caso de hospitais, o parâmetro mais utilizado é o que relaciona o consumo de energia com o número de leitos existentes. Também se utiliza a relação de consumo pela área construída. Porém no caso desta dissertação, não se tem os dados de área construída de todos os hospitais disponibilizados pela AMS e DATASUS. Ao contrário, o número de leitos está presente em toda a população dos hospitais pesquisados.

Uma maneira usual de se determinar o grau de associação linear entre dois conjuntos de valores, como por exemplo o número de leitos e o consumo de energia, é através do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson (r) que é definido como [2]:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2][\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad \text{[Equação 8]}$$

Onde:

X e Y: são conjuntos de dados para os quais se quer determinar o coeficiente de correlação. Os dois conjuntos devem possuir o mesmo número de elementos. Nesse estudo, X pode representar as grandezas a serem estimadas e Y a quantidade de leitos, ou vice-versa.

Da mesma forma como a média e o desvio padrão da amostra são estimativas da média e do desvio padrão da população, a correlação da amostra também é uma estimativa da correlação da população e é simbolizada pela letra grega ρ . Este fato é importante já que ao se calcular o valor da correlação de um parâmetro desejado da amostra dos hospitais se obtém uma estimativa da correlação deste parâmetro para toda a população, ou seja para todo o setor hospitalar da Região Sul.

O valor de r estará sempre entre -1 e 1. $r = 0$ significa a não existência de correlação. Para r positivo a interpretação é de que a associação entre os dois conjuntos de valores é positiva, ou seja, a medida de que a variável x cresce, também cresce a variável y . Para r negativo a interpretação é de que a associação entre os dois conjuntos de valores é também negativa, ou seja, a medida que a variável x cresce a variável y decresce. A Tabela 3.1 apresenta alguns valores de r e suas interpretações.

Tabela 3.1 - Interpretação dos coeficientes de Pearson.

Valores de r (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Uma correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Uma correlação fraca
0,40 a 0,69	Uma correlação moderada
0,70 a 0,89	Uma correlação forte
0,90 a 1,00	Uma correlação muito forte

Fonte: VARGAS JÚNIOR, 2006 apud RIBEIRO. 2006.

Como dito anteriormente, foi realizada uma classificação segundo o porte de cada hospital em três tipologias, pequeno porte (PP), com estabelecimentos possuindo até 150 leitos, de médio porte (MP), com hospitais de 151 à 450 leitos e de grande porte (GP) com hospitais possuindo mais de 450 leitos. A amostra analisada de 16 hospitais foi classificada da seguinte forma:

Hospitais de grande porte:

- Hospital Nossa Senhora da Conceição com 1.104 leitos;
- Hospital São Lucas da PUCRS com 539 leitos.

Hospitais de médio porte:

- Hospital Cristo Redentor com 282 leitos;
- Hospital Nossa Senhora das Graças com 292 leitos;
- Hospital Santa Cruz com 180 leitos;
- Hospital de Caridade e Beneficência com 180 leitos;
- Hospital Irmandade Santa Casa de Caridade de Alegrete com 154 leitos;
- Hospital Bruno Born com 159 leitos.

Hospitais de pequeno porte:

- Hospital São Francisco - Santa Casa de Misericórdia com 107 leitos;
- Hospital Associação Franciscana de Assistência com 108 leitos;
- Hospital Militar de Porto Alegre com 133 leitos;
- Hospital São Sebastião Mártir com 136 leitos;
- Casa de Saúde Homero Lima de Menezes com 41 leitos;

- Hospital São José com 69 leitos;
- Hospital Ana Nery com 75 leitos;
- Hospital Fêmeina com 132 leitos.

Como se pode observar, a amostra referente aos hospitais de grande porte (GP) é pequena, apenas dois hospitais, o que não permite o cálculo correto da correlação e torna a análise com pouca relevância. Porém serão mostrados os resultados obtidos a partir da média das duas amostras, para se ter uma idéia do comportamento do consumo e demanda de eletricidade destes hospitais, assim como seu potencial de redução de consumo e demanda de energia elétrica e investimentos necessários para as ações de eficiência propostas.

Ressalta-se que neste trabalho se utilizou apenas amostras que seguiram a metodologia de Diagnósticos Energéticos já apresentada. Além disto, existem poucos trabalhos no Brasil que detalham os procedimentos e metodologias nos projetos de eficiência energética realizados, principalmente para a tipologia GP.

Já para os hospitais MP e PP, as amostras apresentaram correlação entre os dados de consumo, demanda, reduções de consumo e demanda e investimentos. A Tabela 3.2 mostra o valor destas correlações.

Para a estimativa populacional será suposta uma relação linear entre as grandezas a serem estimadas e o número de leitos. De acordo com o coeficiente de Pearson essa relação não é perfeitamente linear, e sim moderada, no entanto foram utilizados os valores provenientes dessa aproximação pelo fato de não se possuir indicadores melhores para a extrapolação.

Tabela 3.2 - Coeficientes de Pearson encontrados para as amostras analisadas.

Variável	Valor de r - MP	Valor de r - PP
Consumo Antes da EE	0,57	0,13
Demanda Antes da EE	0,49	0,18
Redução de Consumo	0,49	0,61
Redução de Demanda	0,27	0,60
Investimento	0,44	0,32

Grande parte das amostras apresenta uma correlação moderada entre o número de leitos e a variável de interesse. A correlação entre consumo e demanda antes do projeto de eficiência e o número de leitos oferecidos pelos hospitais de pequeno porte apresentaram

valores abaixo de 0,2. Este fato ocorreu por que poucos diagnósticos possuem estes dados para esta tipologia. Já nos hospitais MP este dado é presente em quase todas as amostras e os valores encontrados de r foram maiores.

3.2.1 Comparação dos Resultados com o Uso do Método da Regressão Linear

A fim de se comparar e verificar os resultados obtidos pelo método da correlação através da estimação dos valores populacionais a partir do cálculo da média dos indicadores de consumo, demanda, redução de demanda, redução de consumo e investimento oriundos das amostras, foi realizada uma inferência estatística utilizando-se o método da Regressão. O método da regressão consiste na tentativa de se estabelecer uma equação matemática que descreva como se relacionam duas variáveis.

Para se avaliar qual o modelo estatístico que melhor representa o caso estudado foram utilizados os macros do programa Microsoft Excel como regressão linear simples (reta), exponencial, logarítmica e potencial. Para se escolher a curva que melhor representa o modelo em questão foram analisados os coeficientes de determinação (r^2). Este coeficiente pode ser obtido elevando-se o valor da correlação r ao quadrado. O valor de r^2 pode variar de 0 a 1 e pode ser expresso em valores percentuais. A interpretação do coeficiente de determinação é que r^2 representa a proporção da variação na variável resposta pela variável preditora [8]. Por exemplo, no caso do consumo de energia elétrica *versus* número de leitos se obteve um valor de r^2 para a regressão linear simples de 0,95, isso indica que 95% da variação do consumo de energia, está relacionada à variação no número de leitos. Da mesma forma, 5% da variação do consumo de energia se devem a outros fatores que não estão contemplados pela equação de regressão.

Com o uso dos macros do Excel foi possível se conhecer os coeficientes de determinação e as equações de regressão linear que mostram o comportamento das amostras frente ao número de leitos nos hospitais analisados. Em todas as regressões em que estava presente a amostra referente ao Hospital São Lucas da PUCRS (HSL) os valores de r^2 foram baixos, e no caso da regressão linear simples os valores estão apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Coeficientes de determinação encontrados para as amostras analisadas com o HSL.

Variável	Valor de r^2
Consumo Antes da EE	0,51
Demanda Antes da EE	0,43
Redução do Consumo	0,81
Redução da Demanda	0,65
Investimento	0,36

Um dos fatores que conduziu a estes valores é de que o HSL possui, junto a sua fatura de energia, mais um prédio anexado referente ao Centro Clínico. Que funciona de forma independente ao HSL e não oferece leitos para internação. Por isto, uma nova análise foi realizada excluindo-se das amostras o HSL.

Em todos os casos, o maior valor de r^2 foi o da regressão polinomial, porém todos os valores para a regressão linear simples (equação da reta) ficaram muito próximos destes, se diferenciando em alguns casos somente na terceira casa decimal. Pelo fato da regressão linear se tratar de um modelo mais simples, suas equações é que foram utilizadas para a estimação. A Tabela 3.4 mostra de forma resumida os valores de r^2 para os modelos analisados com a regressão linear simples bem como a equação da reta encontrada.

Tabela 3.4 - Coeficientes de determinação e equações encontrados para as amostras analisadas sem o HSL.

Variável	Valor de r^2	Equação
Consumo Antes da EE	0,95	$y = 5,194 x + 48,96$
Demanda Antes da EE	0,90	$y = 0,764 x + 65,78$
Redução do Consumo	0,81	$y = 1,687 x + 28,36$
Redução da Demanda	0,65	$y = 0,210 x + 26,30$
Investimento	0,73	$y = 0,916 x + 80,85$

Assim, foram calculados consumos e demandas atuais, suas reduções e investimentos para todos os hospitais da Região Sul do Brasil, a partir do número de leitos existentes em cada um deles, obtidos através do banco de dados do DATASUS, posteriormente estes valores foram somados e se obteve os valores das variáveis desejadas para os três Estados da Região Sul do país.

Os gráficos de 3.2 à 3.6 mostram as amostras e as curvas obtidas através de quatro modelos de regressão, bem como os coeficientes de determinação e suas equações. O gráfico

3.2 apresenta os modelos para regressão referentes ao consumo de energia elétrica antes das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. O gráfico 3.2a mostra o modelo de regressão linear onde se obteve um r^2 de 0,956. O gráfico 3.2b se trata de um modelo logarítmico que possui um r^2 igual à 0,733 e os gráficos 3.2c e 3.2d 3.2e se tratam de funções potencial, logarítmica e polinomial e os valores de r^2 foram 0,664, 0,57 e 0,957 respectivamente. As amostras foram obtidas diretamente das faturas de energia dos hospitais analisados e apresentaram pouca dispersão conforme pode ser observado nos gráficos.

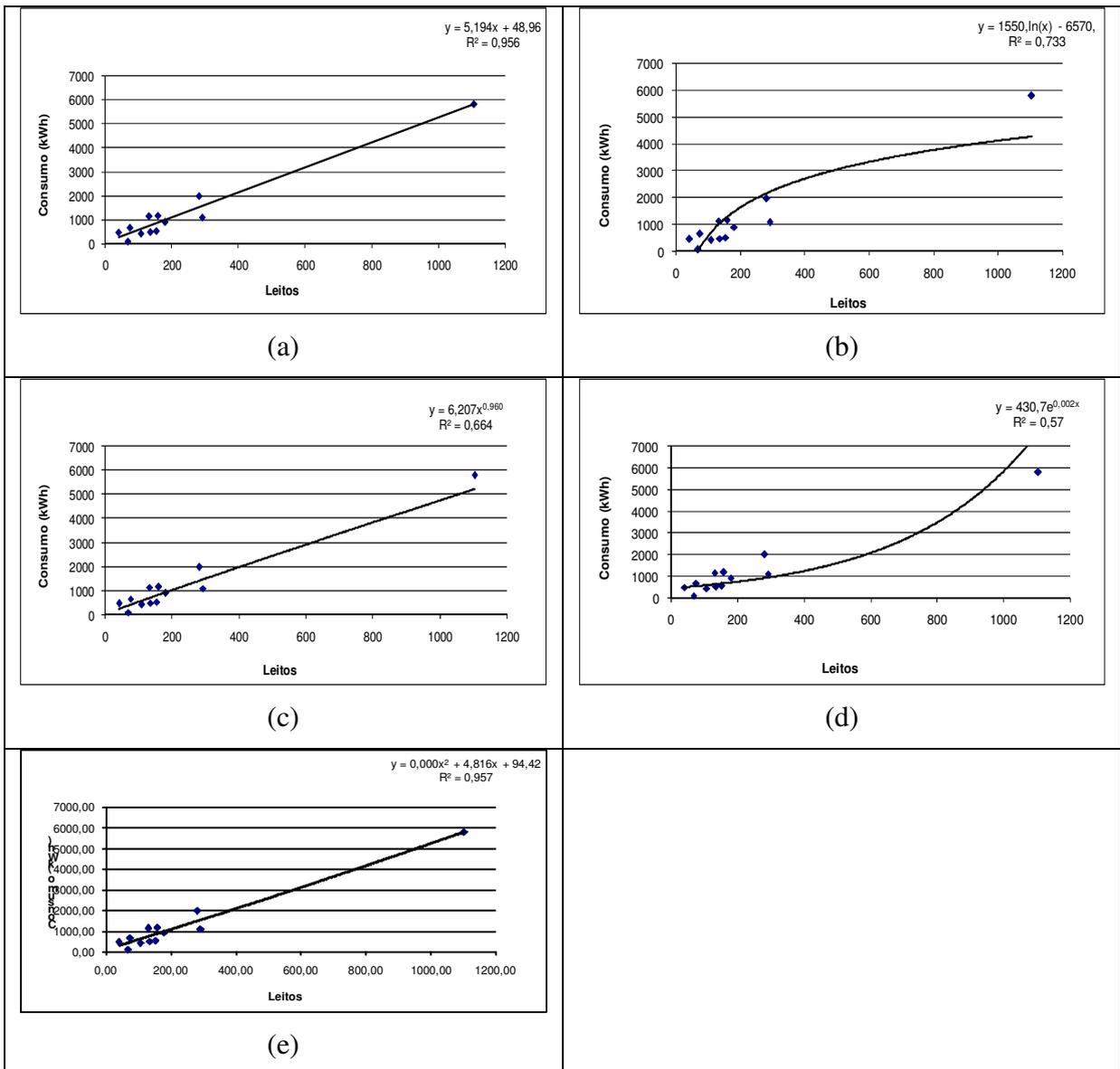


Gráfico 3.2. Equações de regressão e curvas de ajuste, referentes ao consumo de energia elétrica antes das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial, (d) exponencial e (e) polinomial.

O gráfico 3.3 apresenta os modelos para regressão referentes a demanda de energia elétrica antes das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. O gráfico 3.3a mostra o modelo de regressão linear onde se obteve um r^2 de 0,902. O gráfico 3.3b se trata de um modelo logarítmico que possui um r^2 igual à 0,759 e os gráficos 3.3c, 3.3d e 3.3e se tratam de funções potencial, logarítmica e polinomial e os valores de r^2 foram 0,724, 0,548 e 0,904 respectivamente. Da mesma forma que o consumo de energia, as amostras de demanda foram obtidas diretamente das faturas de energia dos hospitais analisados e apresentaram pouca dispersão conforme pode ser observado nos gráficos.

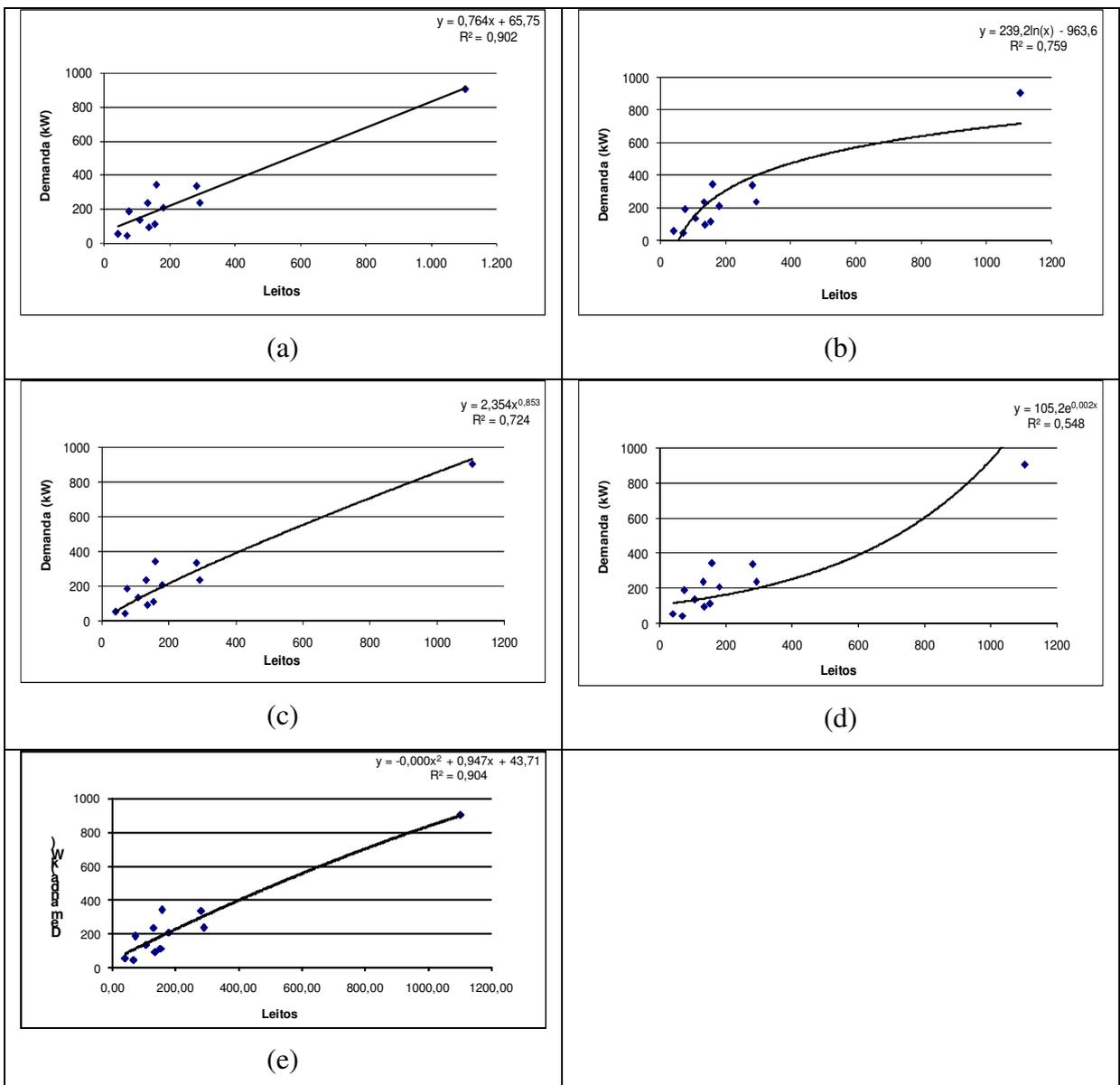
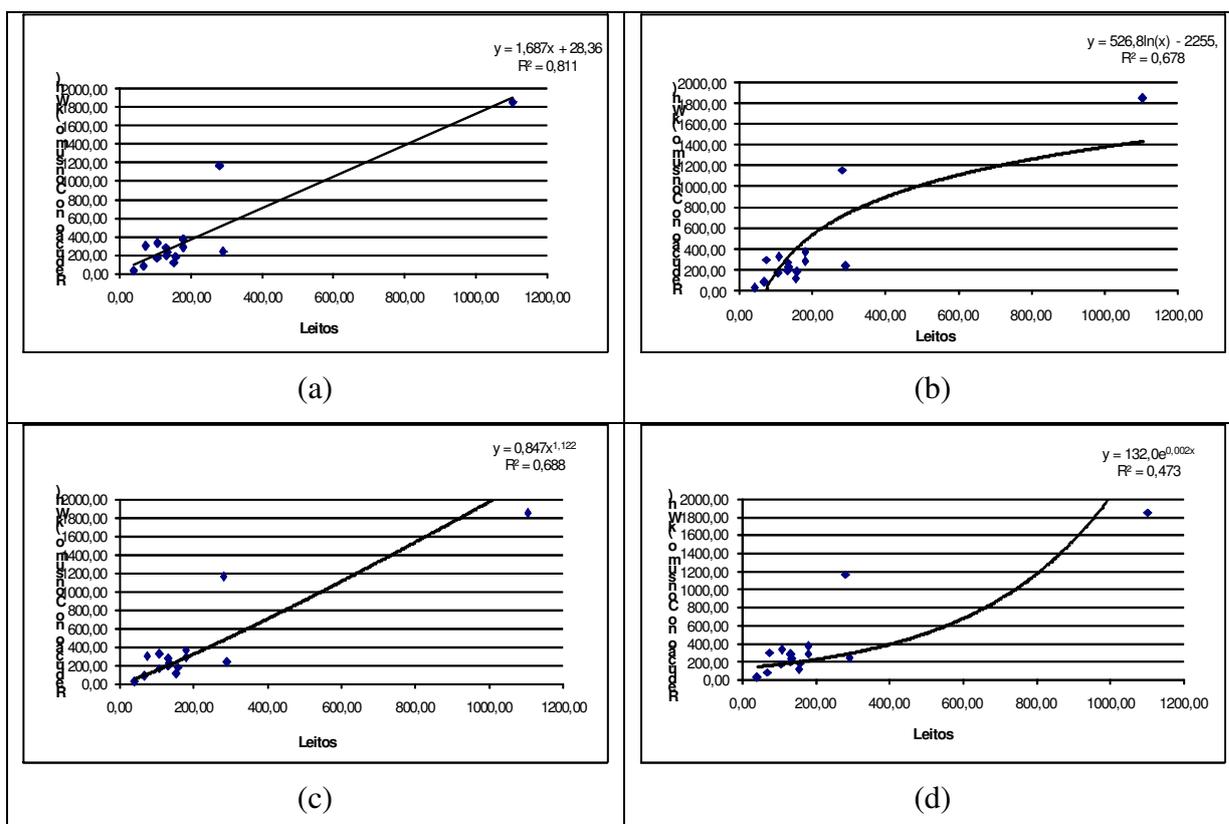


Gráfico 3.3. Equações de regressão e curvas de ajuste, referentes à demanda de energia elétrica antes das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial, (d) exponencial e (e) polinomial.

O gráfico 3.4 apresenta os modelos para regressão referentes à redução de consumo de energia elétrica após ações de eficiência energética nas amostras analisadas. O gráfico 3.4a mostra o modelo de regressão linear onde se obteve um r^2 de 0,811, observa-se que existe uma amostra (ponto em que se tem 282 leitos e 1157 kWh de redução de consumo) que se distancia um pouco mais da reta que os demais pontos, esta amostra se refere ao hospital público de Porto Alegre que possuía um maior desperdício de energia que os demais estabelecimentos de saúde. Este fato se refletiu no valor da correlação. O gráfico 3.4b se trata de um modelo logarítmico que possui um r^2 igual à 0,678 e os gráficos 3.4c, 3.4d e 3.4e se tratam de funções potencial, logarítmica e polinomial e os valores de r^2 foram 0,688, 0,473 e 0,811 respectivamente. Os valores de redução de consumo utilizados foram calculados nos diagnósticos energéticos analisados com base em catálogos de fabricantes de tecnologias de usos finais eficientes e informações da forma de emprego desta tecnologia por seus usuários.



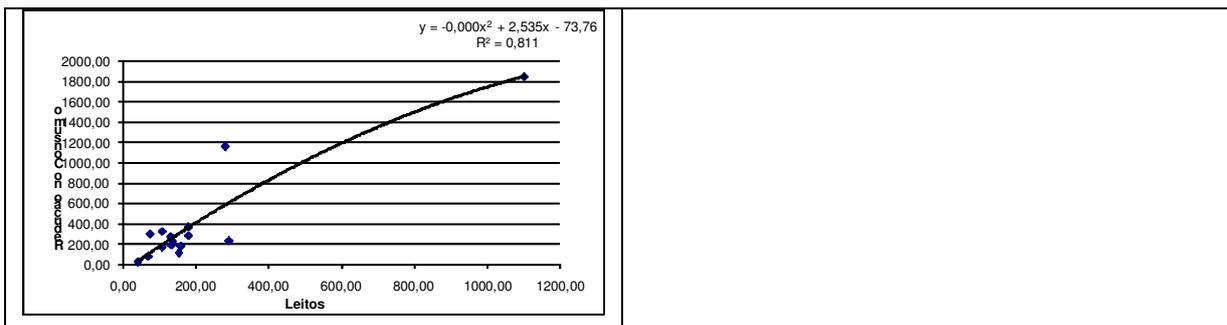
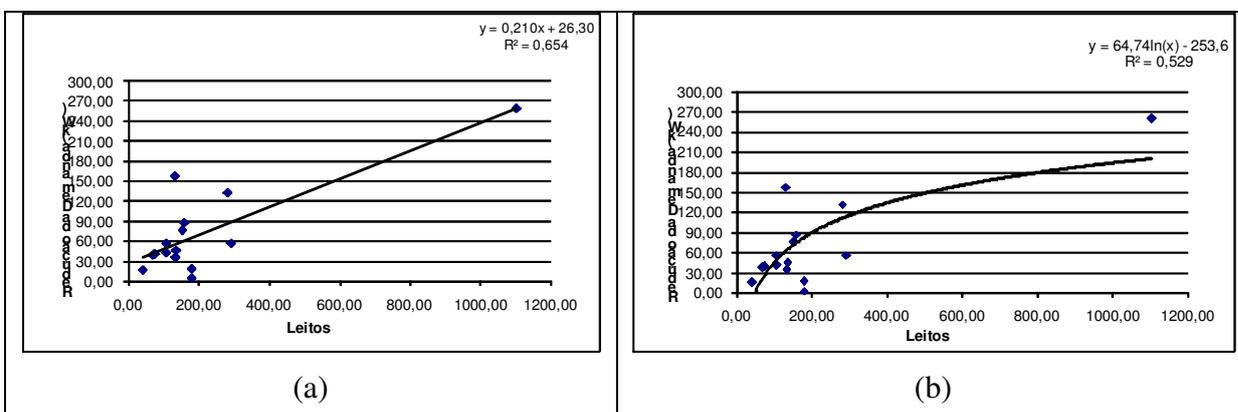


Gráfico 3.4. Equações de regressão e curvas de ajuste, referentes à redução do consumo de energia elétrica a partir das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial, (d) exponencial e (e) polinomial.

O gráfico 3.5 apresenta os modelos para regressão referentes à redução de demanda de energia elétrica após ações de eficiência energética nas amostras analisadas. O gráfico 3.5a mostra o modelo de regressão linear onde se encontrou um r^2 de 0,654. O gráfico 3.5b se trata de um modelo logarítmico que possui um r^2 igual à 0,529 e os gráficos 3.5c e 3.5d e 3.5e se tratam de funções potencial, logarítmica e polinomial e os valores de r^2 foram 0,207, 0,227 e 0,654 respectivamente. Da mesma forma que a redução de consumo de energia elétrica os valores de redução de demanda utilizados foram calculados nos diagnósticos energéticos analisados com base em catálogos de fabricantes de tecnologias de usos finais eficientes e informações da forma de emprego desta tecnologia por seus usuários. Porém no caso da demanda de energia estes dados costumam ser menos precisos, pois é difícil se obter uma curva de carga precisa com todos os horários de utilização corretos a partir de entrevista com usuários. Além disto, a medição elétrica para a obtenção da curva de alguns usos finais é infactível devido à quantidade de equipamentos, como por exemplo, chuveiros elétricos em sistemas de aquecimento de água ou lâmpadas em um sistema de iluminação.



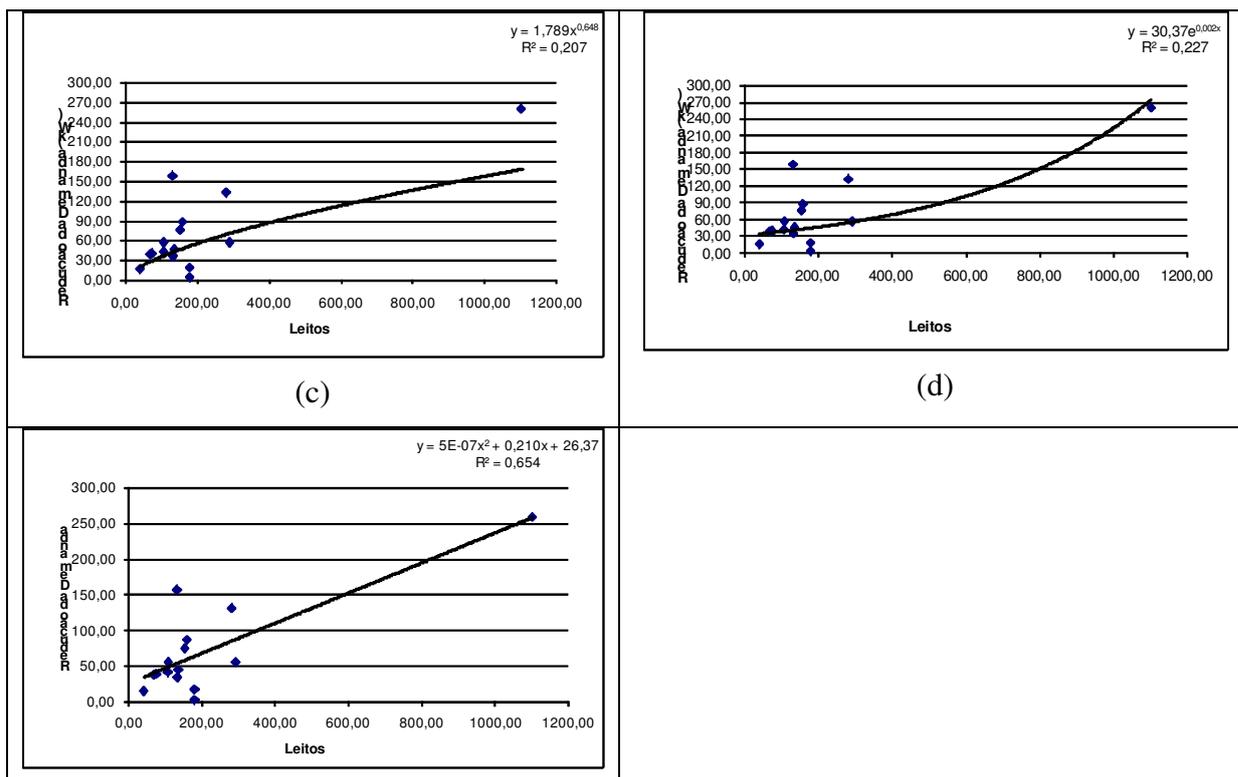


Gráfico 3.5. Equações de regressão e curvas de ajuste, referentes à redução de demanda de energia elétrica a partir das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial, (d) exponencial e (e) polinomial.

O gráfico 3.6 apresenta os modelos para regressão referentes ao investimento para projetos de eficiência energética nas amostras analisadas. O gráfico 3.6a mostra o modelo de regressão linear onde se obteve um r^2 de 0,731. O gráfico 3.6b se trata de um modelo logarítmico que possui um r^2 igual à 0,601 e os gráficos 3.6c, 3.6d e 3.6e se tratam de funções potencial, logarítmica e polinomial e os valores de r^2 foram 0,319, 0,290 e 0,733 respectivamente. Pode-se notar que os valores encontrados na amostra apresentam certa dispersão. Isto se deve ao fato dos investimentos necessários variarem muito de projeto para projeto, não estando tão relacionados com o número de leitos quanto os índices anteriores. Isto acarreta uma maior faixa valores no intervalo de confiança nas estimativas dos valores populacionais como será visto no Capítulo 4.

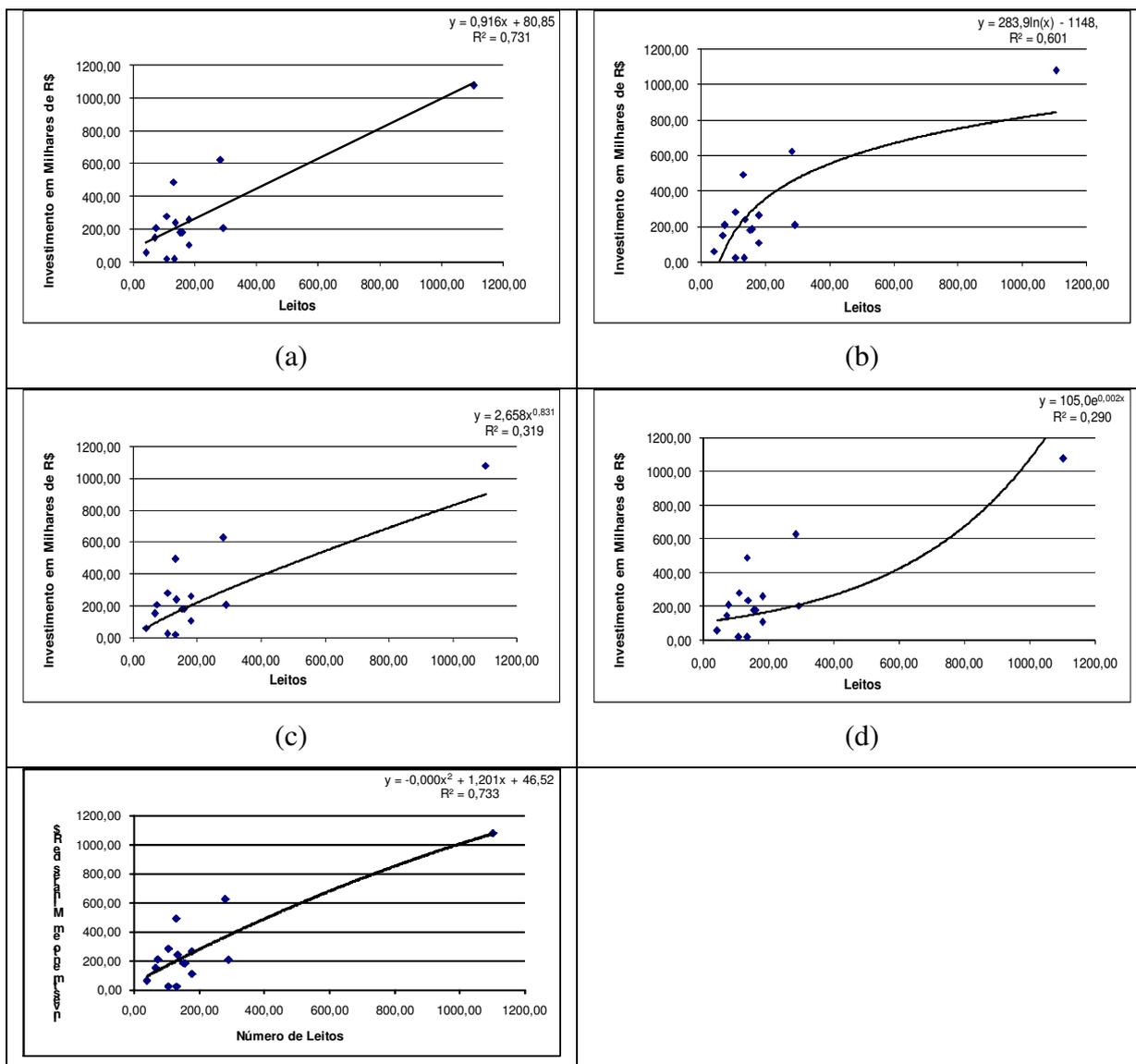


Gráfico 3.6. Equações de regressão e curvas de ajuste, ajuste referentes ao investimento para a realização das ações de eficiência energética nas amostras analisadas. Modelos: (a) linear, (b) logarítmico, (c) potencial, (d) exponencial e (e) polinomial.

3.3 Metodologia para a Estimativa de Ganhos na Mitigação de CO₂

Toda forma de geração de energia traz consigo algum impacto ambiental, como já dito anteriormente, portanto, toda vez que se economiza energia elétrica, também se está evitando danos ao meio-ambiente. Neste item será apresentada a metodologia utilizada para a avaliação das emissões evitadas de gases do efeito estufa provenientes da redução do consumo de energia elétrica a partir de projetos de eficiência energética.

Através dos valores obtidos com a inferência estatística dos potenciais de conservação de energia elétrica no setor hospitalar da Região Sul do Brasil, cuja metodologia foi descrita no item anterior, é possível estimar o quanto esta redução implica em emissões evitadas de gases do efeito estufa. Para tanto, calcula-se a redução de consumo de eletricidade e relaciona-se com fatores de emissão de CO₂.

Os Fatores de Emissão de CO₂ diários por submercados de energia elétrica são calculados pelo Ministério de Ciências e Tecnologia (MCT) a partir de dados de geração de energia elétrica, em especial de usinas termoeletricas despachadas no Sistema Interligado Nacional (SIN) e centralizadas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) [13]. Esses dados devem ser utilizados para o cálculo das reduções nas emissões de gases do efeito estufa, para projetos de eficiência energética e de geração através de fontes alternativas conectados ao SIN, no submercado onde se encontra, no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto.

A metodologia de cálculo aplicada utiliza os fatores de emissão de CO₂ que, segundo [13], foi idealizada pelo MCT juntamente com o Ministério de Minas e Energia (MME) e a partir de janeiro de 2006 começaram a ser divulgadas para o público interessado. Baseada na metodologia “ACM0002” do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), dentro dos parâmetros do MDL, esses fatores são calculados pelo ONS para quatro Submercados do SIN (Norte, Nordeste, Sudeste/Centro-Oeste e Sul). Ainda em [13] orienta que os projetos que ofertam energia ou que reduzam ou eliminem o consumo de eletricidade se devam utilizar os fatores de emissão de CO₂ associados ao submercado onde se encontram.

Logo, para estimar o potencial de redução de emissão de gases estufa com a eficiência energética do setor hospitalar do sul do Brasil, foram utilizados fatores do Submercado Sul. A Tabela 3.5 apresenta os fatores de emissão médio mensal, do Submercado Sul, do ano de 2006.

Tabela 3.5 - Fatores médio mensal de emissão de CO₂ em ton CO₂/MWh do Submercado Sul do ano de 2006.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dev
0,9074	0,9663	0,9719	0,9648	1,0027	0,9771	1,0236	1,011	1,0273	0,8161	0,9667	0,862

Fonte: Ministério das Minas e Tecnologia.

A partir dos fatores médios mensais de emissão de CO₂ no ano de 2006 foi obtida a média anual que é de 0,958075 ton CO₂/MWh. Com este valor e com as reduções de consumo

de energia obtidas a partir da inferência estatística realizada nesta dissertação, foram calculadas as emissões evitadas para os três tipos de hospitais estudados. Os valores das reduções de consumo de energia elétrica, bem como as emissões de gases do efeito estufa evitadas estão apresentadas no Capítulo 4.

4 RESULTADOS

Os resultados da inferência estatística mostra que os hospitais da Região Sul apresentam um consumo de energia elétrica de 548,54 GWh por ano e uma demanda de 112,8 MW. Este consumo representa 0,53% da energia gerada na Região Sul e esta demanda representa 0,46% da potência instalada em centrais elétricas da região segundo dados do Balanço Energético Nacional (2005). Considerando um consumo médio por moradia de 146 kWh/mês (IBGE, 2006) esta eletricidade poderia suprir 313.095 moradias, ou residências para 1.095.833 habitantes (considerando 3,5 habitantes por moradia - IBGE, 2006).

O potencial de redução do consumo de energia na Região Sul do Brasil é de 171,54 GWh e a de demanda evitada no horário de ponta de 43,5 MW. A Tabela 4.1 apresenta os potenciais de redução de consumo e demanda de energia elétrica nos três portes de hospitais pesquisados bem como seus consumos atuais, investimentos e quantidades de leitos para toda a Região Sul do Brasil.

Tabela 4.1 - Estimativas de consumo de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil.

	GP	MP	PP	Total
Número de Leitos	5.971	23.821	47.441	77.233
Consumo Antes EE em MWh	74.667,14	126.864,14	347.012,35	548.543,62
Demanda Antes EE em kW	12.963,27	28.649,02	71.198,00	112.810,28
Redução de Consumo em MWh	13.695,39	44.776,18	113.070,81	171.542,37
Redução de Demanda em kW	1.734,55	10.100,76	31.653,27	43.488,57
Investimento em Milhões de R\$	15,99	30,86	110,24	157,08

4.1 Inferência Estatística Para os Usos Finais

O estudo mostra que o maior potencial de redução de consumo elétrico está nos hospitais PP, que é de 96.148 MWh, onde 47.628,36 MWh desta redução, corresponde à substituição de chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento de água por coletores solares. Isto ocorre, porque esta ação de eficiência energética possibilita mais de 90% de redução de consumo para este uso final. De fato, é bastante comum, segundo os diagnósticos energéticos analisados, a existência de chuveiros elétricos neste tipo, o que não ocorre com tanta frequência em hospitais GP, onde é mais usual o aquecimento de água através de caldeiras.

Também nos hospitais MP o maior ganho está no sistema de aquecimento de água que fica em 15.867,86 MWh, porém com uma menor participação se comparado aos outros usos finais, em segundo lugar fica o sistema de iluminação que conta com uma redução de 15.165,16 MWh.

Já nos hospitais GP, o maior potencial de economia de eletricidade está no sistema de condicionamento ambiental que é de 4.438,78 MWh. A Tabela 4.2 apresenta as extrapolações dos ganhos em consumo de energia para todas as tipologias de hospitais analisadas separadas de acordo com os usos finais estudados.

Tabela 4.2 - Reduções de redução de consumo de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil por usos finais.

Redução de Consumo (MWh)	GP	MP	PP	Total
Iluminação:	2.885,48	15.165,16	34.705,25	52.755,89
Climatização:	4.438,78	10.469,92	23.172,73	38.081,43
Aquecimento água:	3.012,54	15.867,86	47.628,36	66.508,76
Força Motriz:	3.358,58	3.273,25	7.564,46	14.196,29
Total*	13.695,39	44.776,18	113.070,81	171.542,37

Os maiores intervalos de confiança observados foram os dos hospitais GP por contarem com uma amostra de apenas dois hospitais. Para o sistema de aquecimento de água não foi possível calcular o intervalo de confiança, pois o sistema com chuveiro elétrico era presente em apenas um hospital da amostra. A Tabela 4.3 apresenta os intervalos de confiança para a inferência estatística realizada, a

Tabela 4.4 apresenta as reduções de demanda verificadas e a Tabela 4.5 apresenta o intervalo de confiança correspondente. As mesmas observações referentes à redução de consumo podem ser feitas para as demandas evitadas.

Tabela 4.3 - Intervalo de confiança das reduções de consumo de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil por usos finais.

Intervalo de Confiança - Redução de Consumo (MWh)	GP	MP	PP
Iluminação:	1.625,50	5.617,13	10.452,61
Climatização:	4.423,26	9.945,51	14.914,91
Aquecimento água:	-	14.512,04	13.893,04
Força Motriz:	8.641,16	1.568,69	5.706,52
Total	7.595,40	22.932,91	28.682,01

Tabela 4.4 - Reduções de demanda de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil por usos finais.

Redução de Demanda	GP	MP	PP	Total
Iluminação:	361,66	1.866,57	8.856,20	11.084,43
Climatização:	524,08	2.196,20	8.284,29	11.004,58
Aquecimento água:	368,86	5.158,09	13.497,94	19.024,89
Força Motriz:	479,95	879,89	1.014,84	2.374,68
Total*	1.734,55	10.100,76	31.653,27	43.488,57

Tabela 4.5 - Intervalo de confiança para as reduções de demanda de energia elétrica do setor hospitalar da Região Sul do Brasil por usos finais.

Intervalo de Confiança - Redução de Demanda (kW)	GP	MP	PP
Iluminação:	114,34	445,36	2867,76
Climatização:	1,67	1.823,80	4395,72
Aquecimento água:	-	3.564,34	5828,08
Força Motriz:	910,60	573,53	419,54
Total	583,46	3.094,22	8.105,66

O maior investimento necessário para a realização das ações de eficiência energética em hospitais PP observado, se dá nos sistemas de aquecimento de água (R\$ 68,39 milhões), seguido dos sistemas de climatização (R\$ 20,40 milhões). Já para os hospitais MP, o maior investimento se dá em aquecimento de água (R\$ 15,23 milhões), porém seguido do sistema de iluminação (R\$ 6,77 milhões). Já nos hospitais GP o maior parcela se dá nos investimentos em condicionamento ambiental (R\$ 7,66 milhões) seguidos do sistema de iluminação (R\$ 3,52 milhões).

Tabela 4.6 - Investimento em eficiência energética no setor hospitalar da Região Sul do Brasil.

Investimento em Milhões de R\$	GP	MP	PP	Total
Iluminação:	3,52	6,77	15,40	25,69
Climatização:	7,66	6,30	20,40	34,36
Aquecimento água:	2,93	15,23	68,39	86,55
Força Motriz:	1,88	2,55	6,05	10,48
Total*	15,99	30,86	110,24	157,08

Tabela 4.7 - Estimativas de investimentos em eficiência energética no setor hospitalar da Região Sul do Brasil.

Intervalo de Confiança - Investimento em Milhões de R\$	GP	MP	PP
Iluminação:	4,16	2,52	5,10
Climatização:	12,32	5,76	10,90
Aquecimento água:	-	5,75	10,44
Força Motriz:	9,51	1,85	4,26
Total	14,21	10,47	34,48

Com a energia e demanda evitadas seria possível protelar até R\$ 43,26 milhões por ano em investimentos em expansão da geração e transmissão, este valor foi obtido através do cálculo dos custos marginais de geração, transmissão e distribuição médios das cinco maiores concessionárias de energia da Região Sul do Brasil, o valor do Custo Marginal de Geração (CMG) foi de R\$ 147,70/MWh e o Custo Marginal de Transmissão e Distribuição foi de R\$ 412,25/kW.ano. Estes valores expressam qual seria o custo para ampliar o sistema em uma unidade (no caso de energia elétrica se utiliza o custo por MWh e no caso de demanda o custo por kW.ano).

A RCB global foi calculada por meio da média ponderada das RCBs individuais, onde os pesos são definidos pela participação percentual da energia economizada em cada uso final, conforme determina a ANEEL em [20]. Considerando-se uma taxa de juros de 12% ao ano, foi calculado o Fator de Recuperação de Capital (FRC) através da metodologia apresentada em anexo. Multiplicando-se este fator ao investimento total, se obtém o quanto se investiria por ano em uma determinada tecnologia para a amortização do seu custo até o fim de sua vida útil.

Com estas considerações, obteve-se uma Relação Custo-Benefício (RCB) total de 0,72, isto quer dizer que a cada R\$ 0,72 investidos em eficiência energética no setor hospitalar da Região Sul do Brasil, se deixaria de investir R\$ 1,00 em expansão do sistema elétrico, em nível de geração, distribuição e transmissão. A RCB mais alta foi o do sistema de climatização, com 0,94, isto se deve ao elevado investimento e uma vida útil relativamente baixa. A menor foi a do sistema de força motriz que ficou em 0,60, este uso final porém apresenta uma vida útil mais elevada, em média 10 anos (dados dos fabricantes) e um investimento que em geral não é muito grande. A Tabela 4.8 mostra os dados financeiros a partir da inferência matemática que estimou o potencial de economia de energia para toda a Região Sul do Brasil.

Tabela 4.8 - Estimativas de custos evitados e RCB a partir de projetos de eficiência energética para todo o setor hospitalar da Região Sul do Brasil.

	Iluminação	Condicionamento Ambiental	Aquecimento de Água	Força Motriz
Investimento Total:	25.687.728,80	34.362.070,91	86.549.496,64	10.484.739,43
Energia Economizada (EC):	52.755,89	38.081,43	66.508,76	14.196,29
Redução Demanda Ponta (RP):	11.084,43	11.004,58	19.024,89	2.374,68
Vida Útil	4	5	20	10
Investimento anualizado:	8.457.284,91	9.532.372,88	11.587.141,02	1.855.632,84
FRC	33%	28%	13%	18%
RCB	0,68	0,94	0,66	0,60
Investimento Evitado:	12.361.596,36	10.161.253,35	17.666.332,43	3.075.753,61

4.2 Potenciais de Conservação de Energia Elétrica nos Estados da Região Sul do Brasil

As estimativas mostram que o estado da Região Sul do Brasil que tem o maior consumo e demanda de energia elétrica no setor hospitalar é o Rio Grande do Sul, que possui um consumo total de 245.246 MWh/ano e uma demanda total de 49.535 kW. Deste total 132.313 MWh/ano (54%) é consumido por hospitais PP. O segundo tipo de hospitais que mais consomem energia são os GP que respondem pelo consumo 59.748 MWh/ano, (24% do total). O segundo estado com maior consumo de energia elétrica é o Paraná, com 212.854 MWh/ano, sendo que o tipo de estabelecimentos com o maior uso de eletricidade é também o PP que responde por 73% (155.596 MWh/ano) deste consumo. No Paraná, em segundo lugar no consumo de energia está nos hospitais MP com 20%.

Já o estado que apresenta o menor consumo de energia elétrica é Santa Catarina com 90.422 MWh/ano, onde novamente os maiores consumos e demanda se encontram nos hospitais PP, que possuem um utilizam de 65% do total de energia, neste estado, não foi encontrado registros no DATASUS de hospitais com mais de 450 leitos (GP). O Gráfico 4.1 mostra a distribuição do consumo e de demanda de energia para os três estados da Região Sul do Brasil por porte do hospital.

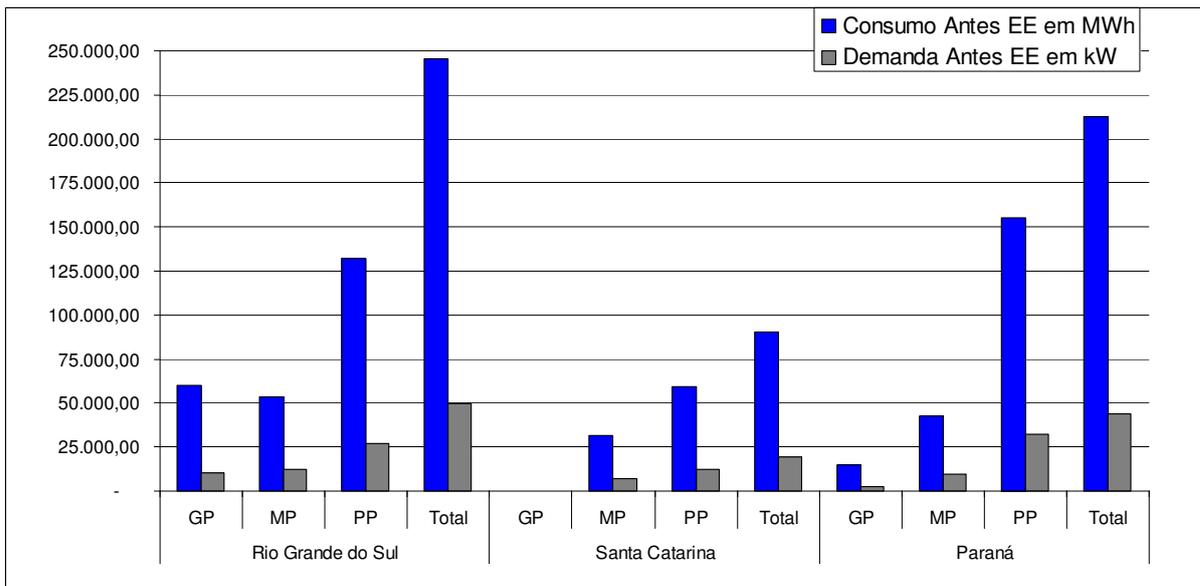


Gráfico 4.1. Distribuição do consumo e de demanda de energia elétrica antes da realização de ações de eficiência energética no setor hospitalar para os três estados da Região Sul.

Quanto às reduções de consumo e de demanda, o estado com maior potencial também é o Rio Grande do Sul (42% do total da Região Sul de redução de consumo e 41% de demanda). O segundo estado com maior potencial é o Paraná (39% do total da Região Sul de redução de consumo e 40% de demanda). O Gráfico 4.2 mostra a distribuição dos potenciais de redução de consumo e de demanda de energia elétrica para os três estados da Região Sul. O Gráfico 4.3 apresenta os investimentos necessários para a realização dos projetos de eficiência energética para os três estados da Região Sul, onde se verifica que, novamente o Rio Grande do Sul necessitaria dos maiores investimentos, seguido pelo Paraná e Santa Catarina.

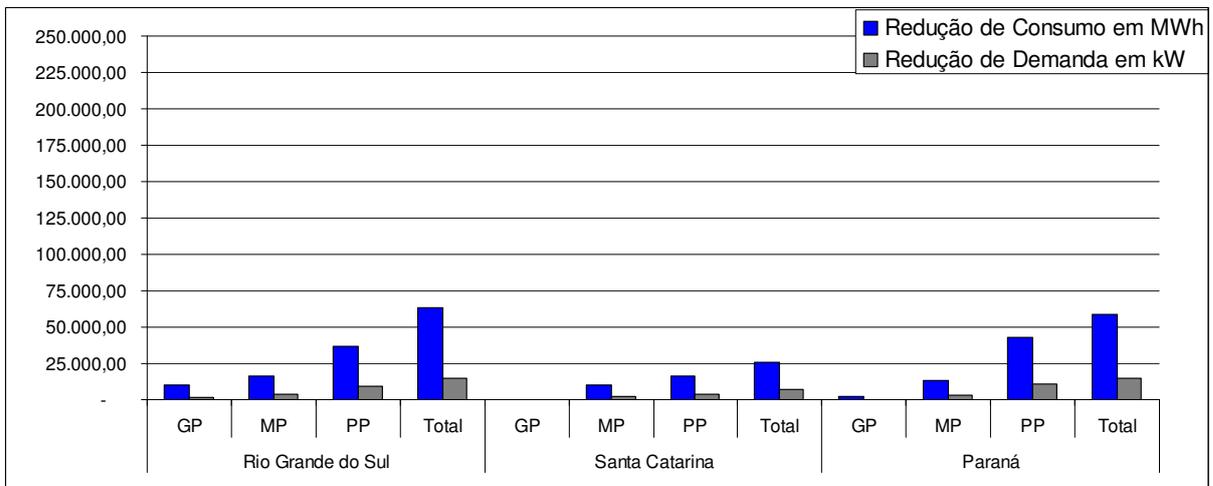


Gráfico 4.2. Distribuição das reduções de consumo e de demanda de energia elétrica no setor hospitalar para os três estados da Região Sul.

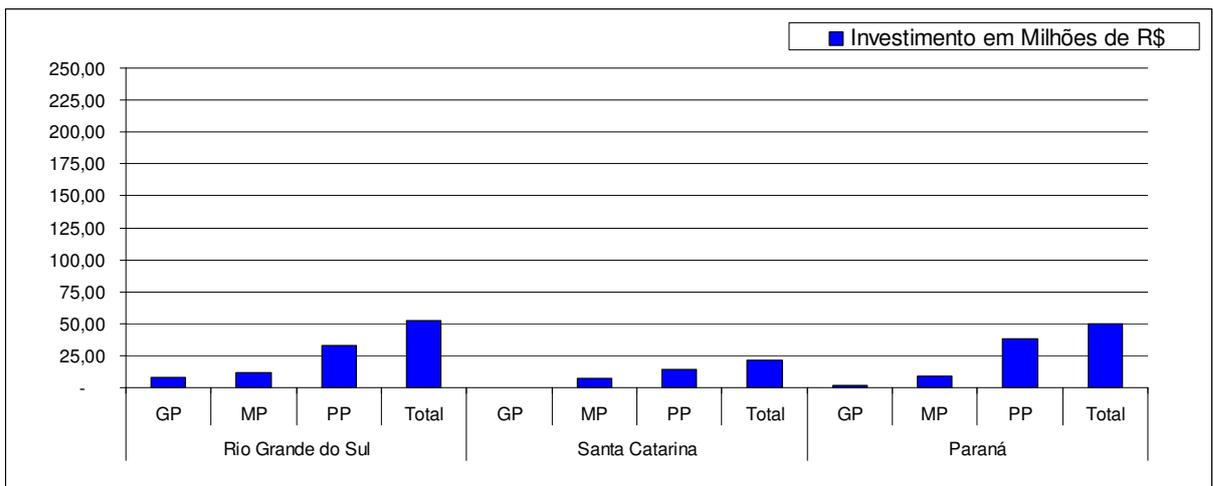


Gráfico 4.3. Distribuição dos investimentos necessários para a realização dos projetos de Eficiência Energética no setor hospitalar para os três estados da Região Sul.

4.3 Comparação dos resultados obtidos com o método da regressão linear

A fim de se comparar os resultados obtidos com a inferência estatística baseada na média dos parâmetros analisados (consumo de energia antes da eficiência energética, demanda de energia antes da eficiência energética, redução de consumo, redução de demanda e investimento, todos estes relacionados ao número de leitos dos hospitais), foi realizada uma estimativa com base no método da regressão linear. Os valores obtidos são mostrados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Valores obtidos através da inferência estatística baseada no método da regressão linear.

	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Total
Consumo Antes EE em MWh	186.053,13	89.146,97	193.259,61	468.459,71
Demanda Antes EE em kW	58.636,42	25.820,14	50.797,74	135.254,31
Redução de Consumo em MWh	67.085,17	31.659,61	67.532,61	166.277,38
Redução Demanda em kW	20.534,97	9.386,35	17.131,22	47.052,54
Investimento Total de R\$	71,40	31,40	61,69	164,50

Comparando-se com os valores obtidos anteriormente, nota-se que todos os valores, com exceção do investimento total (ficando apenas 3% acima do limite superior) se encontram dentro do intervalo de confiança a um nível de significância unilateral de 10%. O que mostra coerência nos resultados encontrados.

4.4 Mitigação de Gases do Efeito Estufa obtidas a partir da Eficiência Energética no Setor Hospitalar

Para a estimativa das emissões de CO₂ calculadas para o setor hospitalar da Região Sul do Brasil, o fator de emissão utilizado foi obtido através da média anual de 2006 para o Submercado Sul do Setor Interligado Nacional (SIN), calculado em 0,958075 ton CO₂/MWh.ano. A quantidade total de dióxido de carbono que deixaria de ser emitido na atmosfera fica em 161.350,46 ton CO₂/ano, sendo o maior responsável por estas reduções o sistema de aquecimento de água seguido pelo sistema de iluminação. Quanto ao porte o maior potencial de redução se encontra nos hospitais PP.

Para se ter uma idéia do que este valor representa, no caso de se optar por retirar esta mesma quantidade de gases do efeito estufa, apenas através do plantio de árvores, sabendo que o Eucalipto possui uma capacidade de absorção de 12 ton CO₂/ha/ano [14], seria necessária uma área de plantio de 136,95 km², o que equivale a 28% do tamanho do município de Porto Alegre (496,82 km²). A Tabela 4.10 apresenta as estimativas das reduções de emissões de CO₂ obtidas a partir das estimativas de economia de energia elétrica no setor hospitalar do Sul do país.

Tabela 4.10 - Estimativas de emissões evitadas de CO₂ a partir de projetos de eficiência energética para todo o setor hospitalar da Região Sul do Brasil.

Redução de Emissão (ton CO₂/ano)	GP	MP	PP	Total
Iluminação	2.764,51	14.529,36	33.250,24	50.544,10
Condicionamento Ambiental	4.252,69	10.030,96	22.201,22	36.484,87
Aquecimento de Água	2.886,24	15.202,60	45.631,54	63.720,38
Força Motriz	3.217,77	3.136,02	7.247,32	13.601,11
Total	13.121,21	42.898,94	108.330,32	164.350,46

Da mesma forma como as reduções do consumo de energia, por ser proporcional, as emissões evitadas de CO₂ tem seu maior potencial nos sistemas de aquecimento de água em hospitais PP e seu menor potencial nos sistema de iluminação em hospitais GP. Além disto, no geral, os hospitais com maior potencial de economia também são os PP seguidos pelos MP.

Portanto, as maiores parcelas tanto de economia de energia quanto de redução de emissão de CO₂ se encontram em hospitais de pequeno porte, e quanto aos usos finais os sistemas de aquecimento de água possuem os maiores potenciais. Este fato deve orientar pesquisadores e profissionais da área ao elaborar programas e planejamentos que levem em conta a eficiência energética como um meio de gerar a sustentabilidade e a confiabilidade no sistema, o que tem como consequência, para o setor hospitalar, redução das despesas e um melhor atendimento das necessidades energéticas destes estabelecimentos.

5 CONCLUSÕES

Esta dissertação avaliou o potencial de conservação de energia no setor hospitalar da Região Sul do Brasil, bem como os investimentos necessários para a implantação de programas de eficiência energética no setor e das reduções de emissões de CO₂ obtidas a partir destes projetos. De forma especial, nos sistemas de iluminação, condicionamento ambiental, força motriz e aquecimento de água.

A metodologia empregada para a estimativa dos valores populacionais se baseou em trabalhos realizados na área de gestão de energia e em bibliografias da área da estatística. Por não ter sido encontrada na bibliografia trabalhos que estimaram as reduções de consumo e reduções de demanda para a população estudada (hospitais da Região Sul de todos os portes), foram utilizados dois diferentes métodos para se avaliar a coerência dos resultados. Um realizado através da média de consumo, redução de consumo, demanda, redução de demanda e investimentos, todos estes relacionados com o número de leitos disponível nos hospitais analisados. O outro método utilizou as equações de regressão linear encontradas a partir das amostras analisadas. Ambos os métodos chegam a valores próximos, porém, o método da média necessitou de um menor número de dados para encontrar os resultados. Do contrário, para o método da regressão linear foi preciso se calcular o consumo de cada um dos hospitais existentes na Região Sul do país a partir do número de leitos destes hospitais.

Já os valores de consumo de energia antes de ações de eficiência energética são encontrados na bibliografia e foram estimados por [4], que encontrou um valor de 791 GWh/ano (com dados de 1999) enquanto o presente estudo verificou um consumo de 548 GWh/ano (com dados de 2005) sendo 30% menor. Esta dissertação mostrou que existe correlação entre o consumo de energia entre o número de leitos. Logo, os valores apresentaram certa coerência, já que o número de leitos, oferecidos para internação em hospitais da Região Sul, segundo dados do IBGE, diminuiu em 8% do ano de 1999 para o ano de 2005.

Já [2] estimou os valores populacionais apenas para hospitais públicos e de pequeno porte (para todo o Brasil). Apesar de o autor ter encontrado valores específicos para a Região Sul, os mesmos não puderam ser comparados com os estabelecimentos de pequeno porte desta dissertação por se tratarem de hospitais públicos (o presente trabalho analisou estabelecimentos das duas esferas administrativas).

Os dados utilizados foram extraídos de uma amostra de 16 diagnósticos energéticos realizados pelo Grupo de Eficiência Energética da PUCRS. Estes hospitais foram classificados segundo seu porte. No caso dos hospitais de grande porte a amostra foi pequena, (apenas dois hospitais) o que não possibilitou o cálculo correlação entre o uso da energia e o número de leitos disponíveis. Já para os hospitais de Médio e Pequeno porte, apesar da amostra também ser pequena (seis e oito estabelecimentos respectivamente) a maioria das análises mostraram que existe uma correlação moderada entre estes parâmetros.

Conforme se esperava, existe um grande potencial de economia de energia no setor hospitalar. O estudo trabalhou com uma população de 77.233 leitos em hospitais na Região Sul do Brasil, onde se estimou um consumo anual de 548 GWh e uma demanda de 112 MW, neste universo se encontra um potencial de redução de consumo de 171,5 GWh e uma demanda evitada na ponta de 43,5 MW para isto seria necessário um investimento de R\$ 157,08 milhões. Assim, seria possível adiar, R\$ 43,2 Milhões por ano em ampliação do sistema elétrico, obtendo-se um tempo de retorno de investimento simples de 3,6 anos e uma RCB de 0,72. Estes números mostram a grande atratividade do investimento em conservação de energia no setor hospitalar.

Ressalta-se que os resultados encontrados estão sujeitos a alteração de seus valores conforme a mudança no número de leitos oferecidos à internação no setor hospitalar além de alterações no cenário da economia nacional como aumento da inflação e acréscimos de preços praticados pelo mercado para tarifas de energia, equipamentos e tecnologias de usos finais e custos de operação e ampliação do sistema elétrico.

Além das vantagens financeiras, a eficiência energética no setor hospitalar traz grandes reduções nas emissões de gases do efeito estufa, principalmente em dióxido de carbono, por ser as principais fontes que emitem este gás, usinas termoeletricas, que estão localizadas principalmente nos estados do sul e que tem grande participação na matriz energética desta região. Com a prática de ações de eficiência energética em todo o setor hospitalar da Região Sul do País, seria evitada a emissão de aproximadamente 164 Mil toneladas de CO₂ o que corresponde ao plantio de árvores em 136 km² de área.

Os projetos de eficiência energética podem gerar as chamadas Reduções Certificadas de Emissões (RCE) no âmbito do MDL, porém as metodologias aprovados atualmente no *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) são bastante simplistas e levam em consideração apenas a economia de energia gerada pela substituição de equipamentos, não

examinando as economias geradas por mudanças de processos produtivos ou por mudanças de hábitos de uso da energia por parte dos consumidores finais.

O presente trabalho servirá de base para futuros estudos onde se deseja conhecer de que forma é utilizada a energia elétrica em um hospital e onde estão localizados os maiores potenciais de economia de energia, além disso, auxiliará grupos de pesquisa e empresas de consultoria em energia, pois o trabalho apresenta métodos para se incrementar a eficiência energética em diferentes usos finais.

A metodologia para a obtenção das RCEs que trata de projetos de eficiência energética leva em conta apenas a redução de consumo obtida pela diminuição da potência elétrica obtida pela substituição de equipamentos ineficientes por outros com maior eficiência e os tempos de utilização destes equipamentos. Para trabalhos futuros, se propõe o estabelecimento e a proposição de uma metodologia mais global. Esta metodologia deverá levar em consideração também a mudança de processo visando o serviço desejado (por exemplo: iluminação natural em substituição à artificial) além de treinamento e mudança de hábitos por parte dos usuários. Para isto será necessário se encontrar padrões na forma de utilização da energia e de procedimentos para o aumento da eficiência energética em diferentes diagnósticos energéticos de estabelecimentos de vários segmentos da sociedade.

Bibliografia

- [1] GALVÃO, LUIZ C. R. et al. **Estudos Básicos sobre o PIR: (1996 - 1999) Planejamento Integrado de Recursos Energéticos Para o Setor Elétrico.** - USP, São Paulo - SP, 2000. 94 p.
- [2] VARGAS JÚNIOR, RAUNILDO H. **Análise do Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Hospitais Públicos de Pequeno Porte no Brasil: Sistemas de Iluminação e Ar Condicionado do Tipo Janela.** - Dissertação de Mestrado- COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ, 2006. 197 p.
- [3] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Estatísticas da Saúde Assistência Médico Sanitária.** - IBGE. Rio de Janeiro - RJ, 2006. 164 p.
- [4] SOARES, JEFERSON B. **Formação do Mercado de Gás Natural no Brasil: Impacto de Incentivos Econômicos na Substituição Interenergéticos e na Cogeração em Regime Topping.** - Tese de Doutorado - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004. 390 p.
- [5] JEFFERSON, JIM. **Energy Efficiency Opportunities In Ontario Hospitals.** - OHA Energy Efficiency. Ontário. Canada. 2006. 69 p.
- [6] TOLMASQUIM, MAURÍCIO T., SZKLO, ALEXANDRE S., SOARES JEFERSON B., **Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector.** - ELSEVIER - Energy Conservation & Management. Estados Unidos da América, 2003. 17 p.
- [7] JANUZZI, GILBERTO M., SWISHER, JOEL N., REDLINGER, ROBERT Y., **Tools and Methods for Integrated Resource Planning - Improving Energy Efficiency and Protecting the Environment.** - UNEP. Dinamarca, 1997. 270 p.
- [8] SHIMAKURA, Silvia E., **CE001 - Bioestatística - Notas de Aula Estimativa** - Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE001/node32.html> - Acesso em Junho de 2007.
- [9] PROGRAMA EUROPEU MOTOR CHALLENGE. **Módulo de Sistemas de Ventilação,** European Commission - General Energy And Transport. - Bruxelas - Bélgica. 11 p.
- [10] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Legal Aspects of Storing CO₂** - Paris - França, 2005. 69 p.

- [11] BALTAR, MARTA G. **Redução da Demanda de Energia Elétrica utilizando Parâmetros Construtivos visando ao Conforto Térmico.** - Dissertação de Mestrado - PPGEE - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS, 2006. 124 p.
- [12] REIS, LINEU B., SILVEIRA, SEMIDA. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável,** São Paulo, SP: Ediusp, 2000. 284 p.
- [13] MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Cálculo dos fatores de emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil.** Disponível em <http://www.mct.gov.br/> . Acesso em Agosto de 2007.
- [14] SANQUETTA, CARLOS R.; DALLACORTE, A. P.; ZILLOTTO M. A.. **Fixação de Carbono na Biomassa: Resultados de Experiências Atuais.** I Seminário Brasileiro Sobre Seqüestro de Carbono e Mudanças Climáticas. Natal -RN, 2007. 40 p.
- [15] FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **MDL e Eficiência Energética: Oportunidades no Setor Industrial.** In: Seminário de Oportunidade para Financiamento de Projetos de Eficiência Energética e MDL, 2005, Rio de Janeiro. Anais Eletrônicos. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2005. Disponível em: <<http://www.fbds.org.br/Apresentacoes/FBDS-MDLEficEnerg.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2007.
- [16] SILVEIRA, ALEXANDRE H., **Projeto de Eficiência Energética em Centros Assistenciais: Centro de Atenção Integral à Criança e ao Adolescente - Canoas (RS) - Trabalho de Conclusão de Curso.** FENG - PUCRS, 2005. 86 p.
- [17] WWF BRASIL. **Carta aberta do WWF-Brasil para a EPE.** Disponível em: assets.wwf.org.br/downloads/carta_resposta_tolmasquim_out_06.pdf . Acesso em outubro de 2007.
- [18] SOUZA, AURÉLIO A., **Aproveitamento de Energias Renováveis no Meio Rural.** Winrock International Brasil. Salvador - Bahia. 59 p.
- [19] SOUZA, ANTÔNIO I., **Representatividade dos Encargos Setoriais e Tributos no Custo da Energia Elétrica.,** Associação Brasileira de Grandes Consumidores de Energia e Consumidores Livre. Porto Alegre - RS, 2007. 39 p.
- [20] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Manual para Elaboração de Programas de Eficiência Energética – Ciclo 2005/2006.** Brasília: ANEEL, 2005. 121 p.

Bibliografia Complementar

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002. 153 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Manual para Elaboração do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2000. 169 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos das premissas básicas para projeção do mercado de energia elétrica 2005-2015**. Brasília: EPE, 2005. 136p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Lists/PremissasMercado>>. Acesso em 12 jan. 2007.

KAEHLER, José Wagner Maciel. **Material da disciplina de gestão pelo lado da demanda de energia**. Curso de mestrado em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006.

NUNES, Antônio Saldanha; KAEHLER, José Wagner Maciel. **Estrutura integrada de ações dos planos anuais de eficiência energética da AES-Sul**. In: CONGRESSO DE MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Lavanderia Hospitalar**. Brasília: Centro de Documentação do Ministério de Saúde, 1986.

CALLENDAR G. S. **The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 64, páginas 223 - 240, 1938.

COLOMBO, U. **“Development and The Global Environment”** in The Energy-Environment Connection. USA: Island Press (Editado por Jack M. Hollander), 1992.

EPA - U.S. Environmental Protection Agency. **Emissions Factors: External Combustion Sources**. USA: EPA, 1996.

ROSSWELL, T. **Greenhouse Gases and Global Change: International Collaboration**. Environmental Science and Technology, 1991, volume 25, páginas 567 - 573.

Santos, Afonso H. M., et all. **Conservação de Energia - Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos**. 2ª ed., Itajubá: Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 2001.

Springer Link. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/>>. Acesso em: 13 jun. 2007.

Glossário

Demanda - Média das potências elétricas ativas e/ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico durante um intervalo de tempo especificado.

Demanda Contratada - Demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, expressa em quilowatts (kW).

Energia Elétrica Reativa - Energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho.

Energia Elétrica Ativa - Energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts/hora (kWh).

Estrutura Tarifária Horo-sazonal - Aplicação de tarifas diferenciadas de consumo e demanda, de acordo com as horas do dia dos períodos do ano.

Diagnósticos Energéticos - Os diagnósticos energéticos têm como objetivo principal determinar as condições atuais da instalação sob o ponto de vista do uso de energia, identificando problemas e recomendando solução para que ela se torne eficiente. Os mesmos fundamentam-se em levantamentos de campo que propiciam os dados a serem analisados.

Anexo 1 – Publicações Relacionadas ao Desenvolvimento da Dissertação

Eficiência Energética nas instalações de bombeamento de água para a irrigação das lavouras de arroz do Rio Grande do Sul

Kaehler, José Wagner Maciel - kaehlerj@pucrs.br

Kopp, Luciana Marini - luciana.kopp@pucrs.br

Duarte, Odilón Francisco Pavón - odilon@pucrs.br

Hoppe, Lothar - lothar@pucrs.br

Silveira, Alexandre Hugo - alexandre.silveira@pucrs.br

Cortelini, Everton Luiz de Menezes - everton.cortelini@pucrs.br

Ely, Tiago Roberto - elytiago@gmail.com

Giuliani, Ricardo Pohlmann - ricardo.giuliani@pucrs.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Faculdade de Engenharia - Departamento de Engenharia Elétrica - Grupo de Pesquisa em Gestão de Energia

Ambiente e Energia: Uso Racional de Energia

RESUMO

Este trabalho detalha a forma com que está sendo conduzido o projeto de Pesquisa e Desenvolvimento para a Inovação Tecnológica pelas Faculdades de Engenharia e de Agronomia da PUCRS. O projeto iniciou-se como uma ação de combate ao desperdício de energia e de promoção do uso racional da energia elétrica nos Programas Anuais de Eficiência Energética da Empresa e dado ao grau de impacto e abrangência do mercado passou a ser suportado por um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico e Inovação por parte do Grupo de Pesquisa em Gestão de Energia da PUCRS. Demonstra como o envolvimento de alunos de iniciação científica e de mestrado atua na prospecção e adaptação de tecnologias inovadoras para viabilizar a eficiência energética do processo produtivo.

Palavras-chave: Sistemas Elétricos de Bombeamento para Irrigação, Conservação de Energia, Orizicultura.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia na lavoura de arroz do Rio Grande do Sul vem tornando-se um diferencial na competitividade pela busca de mercado, para compensar o custo médio de produção e impedir a queda do preço de comercialização do produto. Devido a uma grande oferta pelo crescimento da produtividade e da produção, bem como da importação de arroz de países do Mercosul e do mercado asiático, constatou-se que os orizicultores estão insatisfeitos com o preço do produto, que está inferior ao custo de produção comparando com valores de safras anteriores. Os lavoureiros que tiveram custos de produção na ordem do custo médio da atual safra, ou abaixo deste, tiveram prejuízo em suas atividades.

Propõe-se que uma das formas de reduzir os custos da produção é tornar eficientes os sistemas de irrigação, já que os mesmos representam uma grande parcela no custo final do produto. Com esse objetivo, foi realizado o projeto, cujas ações estão relatadas neste artigo, chamado: "Conservação de Energia Elétrica em Levantes Hidráulicos", desenvolvido na área de concessão da Concessionária de Energia Elétrica AES-Sul no Rio Grande do Sul, em estações de bombeamento de água para irrigação de lavouras de arroz.

O projeto objetiva implementar medidas de eficiência energética através da melhoria dos sistemas de irrigação de arroz, da qualidade de fornecimento de energia elétrica pela redução do

desperdício de energia e das instalações eletromecânico-hidráulicas dos clientes orizícolas, além de difundir amplamente os casos de sucesso junto aos consumidores pertencentes a este segmento.

A aplicação ocorre pela busca de pontos críticos na rede e avaliação do potencial de redução de demanda nestes locais, identificando os clientes e os possíveis ganhos em suas instalações.

As figuras 1 e 2 mostram uma parte do desperdício de água e energia, uma vez que as canalizações são feitas de chapas de ferro fundido e ficam no campo durante a entre-safra. Estas se deterioram por corrosão, resultando em perfurações que respondem por parte do desperdício de água e demanda de energia.



Figura 1 - Desperdício na tubulação.



Figura 2 - Desperdício na tubulação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo de irrigação da lavoura de arroz ocorre por inundação, ao longo de todo o período de cultivo, onde deve ser mantida uma lâmina de água que varia de 5 a 10 cm. Procedimento destinado a evitar o aparecimento de ervas daninhas e proporcionar as necessárias condições de temperatura e umidade de solo para favorecer o crescimento da planta. Uma estação de recalque de água, para irrigação de arroz, tem como objetivo elevar um determinado volume de água por unidade de tempo (vazão (Q)), a uma altura definida pelo desnível entre a fonte de água até o ponto mais alto da lavoura, donde a água é então distribuída por gravidade. Assim, para que se reduza a energia consumida neste processo, é necessário reduzir a vazão a ser recalçada e/ou a altura de recalque. No entanto, não são estes os dois únicos elementos envolvidos no processo. A potência instalada e conseqüentemente o consumo de energia, dependem também das perdas energéticas provenientes do deslocamento da água e da eficiência das máquinas usadas no processo de bombeamento (bombas e motores).

A situação ideal é aquela onde não é necessário mecanizarmos o sistema, pois a fonte de água encontra-se em uma cota superior a área a ser irrigada. Desta forma a condução da água se dá por gravidade. No entanto, sabe-se que não é esta a situação mais freqüente. Precisamos então otimizar as instalações de bombeamento existente para efficientizar o uso da energia. Para tanto são avaliados vários itens do processo, dentre eles se pode citar tubulações, juntas, curvas, bombas, acoplamento, motores e outros fatores que influenciam no desempenho do sistema. Os itens a seguir, indicam alguns dos mais relevantes.

2.1 Tubulações

Aborda-se os tipos de tubulações por de sucção e de recalque. As de sucção, geralmente têm extensão menor que as de recalque e são submetidas a uma pressão manométrica negativa (menor que a atmosférica) [1]. Nestas tubulações, algumas situações devem ser evitadas, como nível de água muito baixo devido a extremidade do tubo estar a uma altura de submergência de duas vezes o diâmetro da tubulação e, se possível usar a ponta do cone também com duas vezes o diâmetro da tubulação. Evitar a sucção de bolhas de ar na tubulação que podem ser causadas por descarga de um

outro levante acima do nível de água, ou mesmo entrada excêntrica causando rotação na sucção. Devem ser evitados pontos de captação localizados em relevos acidentados acompanhados de pontos de altos e baixos, pois nos pontos altos normalmente apresentam-se acúmulos de ar que obstruem a passagem de água, reduzindo a vazão recalçada. Sempre que possível, instalar balsa flutuante como base ao conjunto moto-bomba reduzindo assim a altura de sucção a zero.

Já as tubulações de recalque ligam a bomba ao ponto mais alto do terreno, e apresentam uma pressão manométrica positiva (maior que a atmosférica). Deve-se evitar uma excessiva velocidade da água, pois a mesma gera perdas por atrito com a tubulação. Recomenda-se uma velocidade menor que 2 m/s na tubulação de recalque e menor que 1,5 m/s na tubulação de sucção [1]. Devem ser utilizados canos em bom estado de conservação, devendo ser evitados dutos amassados, enferrujados, furados ou com soldas grosseiras em seu interior. A tubulação deve ser instalada sobre blocos de madeira ou pneus usados espaçados a cada três metros. Também devem ser evitadas reduções ou ampliações bruscas na tubulação, pois as mesmas geram grandes perturbações no movimento da água.

2.1 Bombas

Determinada a quantidade de água necessária e a altura manométrica de recalque (AMT), escolhe-se a bomba que deverá atender as condições propostas e oferecer desempenho satisfatório. Basicamente são três os tipos de bombas usuais em sistemas de irrigação: Centrífugas, indicadas para pequenas vazões e grandes alturas e fluxo misto que são indicadas para vazões e alturas médias e axiais indicadas para grandes vazões e pequenas alturas. Cada bomba possui a sua curva de desempenho que permite avaliar o seu desempenho, respeitando a eficiência mínima admitida. O rendimento mínimo aceitável é de 75 %, sendo que o ideal é que seja superior a 80 %.

Quando o nível de sucção sofrer uma alteração significativa, durante o período de irrigação, deve-se variar a rotação ou o diâmetro do rotor, de acordo com a característica da bomba que estiver operando. Assim, quando se escolhe a bomba, é importante observar se ela permite troca de rotação por alteração de polia ou se será necessário troca de rotor. É comum acreditar que as bombas com o mesmo diâmetro de recalque da carcaça possuam o mesmo rendimento e a mesma vazão. Na maioria dos casos, uma bomba de diâmetro de saída maior possui maior vazão, mas nem sempre possui maior rendimento, necessitando portanto, de potência mais elevada e, às vezes, trabalhar fora da sua região de melhor rendimento, para a vazão e altura manométrica de projeto, levando a uma potência requerida além do que a realmente necessária. Portanto, a vazão e altura manométrica fornecida, por determinada bomba, não são função de seu diâmetro de saída, e sim de seu rotor e rotação.

Deve-se revisar o rotor anualmente, caso encontre-se danificado deve ser substituído por um rotor novo de fábrica (original). Um rotor danificado, perde a confiabilidade da curva de rendimento da bomba.

2.2 Motores

Nos processos de bombeamento, um fator determinante ao dimensionar uma bomba é o rendimento do motor, que influencia tanto no consumo de energia elétrica com no rendimento do sistema de bombeamento. O dimensionamento correto, manutenção e padronização desses motores visando eficiência energética, são maneiras de diminuir desperdícios. Em função disso, estuda-se a viabilidade de compra no segmento Alto Rendimento (em substituição a um da linha Standard), sempre preocupando-se que a potência do motor seja compatível à necessidade da bomba. Este estudo é lançado com proposta de melhoria, onde analisa-se todo o processo existente, consumo atual de energia e manutenções, calculando-se o retorno de investimento. Ou seja, a partir da reestruturação, estipula-se em quanto tempo o capital será retornado, comprovando a importância de tal.

Determina-se a troca dos motores pela linha Alto Rendimento, já que este por possuir características como: maior volume de chapa magnética (reduzindo a corrente magneticamente e incrementando o rendimento), maior quantidade de cobre (reduz perdas Joule), entre outras; têm poucas per-

das, significando redução na elevação de temperatura aumentando sua vida útil. Em consequência, consome menos, aumentando a economia de energia e eficiência do sistema.

2. JUSTIFICATIVA

A economia globalizada tem levado o setor produtivo a uma forte competição. Dentro deste processo, a agricultura está passando por períodos de ajustes que visam produzir mais e melhor com redução de custos. Embora não seja possível interferir na maior parte dos insumos como o preço da semente ou do adubo, podemos reduzir os custos na tecnologia a ser empregada. Assim, chegamos à questão da energia elétrica. Não podemos interferir no preço da tarifa, mas podemos reduzir esse custo, sendo que o item irrigação é o que representa o maior custo na produção do arroz irrigado, 11,49 % (IRGA, 2005-2006). Também é onde a lavoura enfrenta a depreciação dos equipamentos. Temos bombas de irrigação utilizadas há mais de 30 anos e motores elétricos de até 15 anos que estão deficitários.

O cultivo do arroz no Brasil, segundo dados levantados pelo Instituto Riograndense do Arroz - IRGA na safra 2005-2006, compreende uma área plantada de 3.133.000 hectares com uma produção prevista de 11.504.400 toneladas de arroz, resultando numa produtividade média de 3.671 kg/ha. Observa ainda o Instituto, um aumento de produtividade média de 8,7 %.

A Região Sul responde por uma área plantada de 1.236.300 (39,4 %) hectares, com uma produção prevista de 7.438.300 toneladas de grãos (64,6 %) o que resulta numa produtividade média de 6.017 kg/ha.

Qual seja a Região Sul responde por uma produtividade 166,5 % superior a média brasileira. O processo de cultivo deste arroz é diferenciado uma vez que adota o processo de irrigação por inundação da lavoura, sendo mantida uma lâmina de água de 5 a 10 cm ao longo de todo o crescimento e maturação da planta.

O Rio Grande do Sul responde por uma área plantada de 1.022.485 (32,6 %) com uma produção prevista de arroz 6.234.541 (54,2 %) toneladas.

Adotando os dados de levantamento de área plantada da lavoura do Rio Grande do Sul e guardando a mesma proporção de participação dos energéticos na irrigação verificados em 2004, a tabela 1 ilustra a carga instalada nas diferentes regiões do Estado.

Tabela 1 - Distribuição dos métodos de irrigação de arroz no estado do RS.

Região	Total			Mecânica Elétrica			Mecânica Diesel			Natural		
	Area [ha]	%	%	Area [ha]	%	%	Area [ha]	%	%	Area [ha]	%	%
1 - Fronteira Oeste	292.000	28%		196.861	19%		65.975	6%		97.134	9%	19%
2 - Campanha	168.300	16%	60%	19.537	2%	26%	51.630	5%	15%	70.242	7%	
3 - Depressão Central	157.700	15%		51.182	5%		36.276	4%		29.164	3%	
4 - Planície Costeira Interna	126.700	12%		69.926	7%		14.768	1%		42.006	4%	
5 - Planície Costeira Externa	131.100	13%		60.985	6%		12.582	1%		57.533	6%	
6 - Sul	153.200	15%		108.353	11%		21.489	2%		23.358	2%	
RS - Total	1.029.000	100%		506.844	49%		202.720	20%		319.437	31%	

Fonte: Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), 2005.

Pode-se observar a elevada concentração de carga já atendida por energia elétrica (49,3%) existindo ainda um potencial de conversão de diesel para elétrico (19,7 %) significativo. A tendência é de sua conversão em decorrência dos custos elevados do uso do diesel. Resultados verificados assinalam economias superiores a 60 % no processo de conversão, mesmo tendo de investir em redes próprias de média tensão (23 kV).

Assinalado na tabela 1 em azul as regiões do Estado compreendidas pela área de concessão da AES SUL, respondendo por 60 % da área plantada. Destes, 26 % da área é atendida por processos de irrigação mecanizada elétrica, 15 % por irrigação baseada no uso de motores estacionários diesel e os restantes 19 % por irrigação natural através de barragens. As demais regiões são atendidas pela CEEE Distribuição.

A Fronteira Oeste é a maior área de plantio de arroz do estado, contando com 292.000 ha, corresponde à 28 % de toda área de cultivo orizícola do Rio Grande do Sul. Esta cultura é praticamente toda de arroz irrigado. A carga elétrica é fortemente sazonal, ocorrendo durante uma média de 100 dias por ano.

Alguns problemas podem ser verificados em ocasião deste panorama, como alta demanda de energia durante o período de safra e em contrapartida, um sistema praticamente ocioso nos demais meses, correspondendo por no máximo 20 % do carregamento de subestações, transmissão e distribuição. Outro aspecto verificado é qualidade de energia ser afetada em função da má distribuição de carga ao longo do alimentador e também da má operação dos equipamentos que muitas vezes encontram-se superdimensionados e contam com sistemas de acionamento ineficazes.

3. METODOLOGIA

Primeiramente localizados os pontos críticos na rede e avaliado potencial de redução de demanda nestes locais. Logo são identificados os clientes e os possíveis ganhos em suas instalações. Com estas informações é realizado um contato com os produtores para conhecer o real interesse do mesmo em realizar um investimento de forma a tornar seu sistema de irrigação eficiente. Investimento este, que será financiado pela concessionária dentro do Programa Anual de Eficiência Energética da AES Sul.

Desta forma quando detectado o interesse do cliente é realizada uma visita ao local, onde é analisada toda a instalação, buscado por pontos de desperdício ao logo da tubulação, bombas, motores, acoplamento e transmissão. É também efetuada uma medição altimétrica do terreno, e conhecida a área de plantio, bem como a vazão de cada levante hidráulico. Com o uso de registradores, são feitas as medições de grandezas elétricas no sistema. A partir das medições da concessionária são realizadas consultas às faturas de energia dos últimos três anos, onde são observados os consumos e demandas, a modalidade tarifária e o valor mensal pago pelo cliente, assim como o possível enquadramento do mesmo na Resolução 207 da Aneel de janeiro de 2006, que prevê descontos em determinados horários para o consumo de energia com finalidade de irrigação. Através de uma entrevista com os produtores são conhecidas as formas de utilização dos equipamentos e horário de operação e também as reais necessidades dos mesmos como possíveis ampliações nas áreas de plantio.

Através da obtenção destes dados é possível realizar um novo dimensionamento do sistema de forma a torná-lo eficiente tanto do ponto de vista hídrico quanto energético. Procura-se reduzir ao máximo o número de curvas nas tubulações eliminando as reduções ou ampliações bruscas, reduzir a zero a altura de sucção através da utilização de balsas ou suportes fixos, substituir bombas inadequadas por outras projetadas para o ponto de operação em questão e escolhidas com base nas curvas de seus fabricantes, trocar motores convencionais por equipamentos de alto rendimento dimensionados de modo a atender a carga com a potência necessária o mais próximo possível da nominal, bem como outras ações.

Após projetado o novo sistema são traçadas as curvas de energia e demanda do sistema atual e proposto bem como as reduções. Calcula-se então o novo custo e compara-se com as faturas do cliente verificando os ganhos. Com estes dados, é calculado as Relações de Custo-Benefício (RCB) tanto do ponto de vista do cliente, quanto da concessionária. Quando viável a concessionária oferece ao cliente, uma linha de financiamento cujas parcelas deverão ser menores ou iguais às economias mensais com custos energia e demanda por parte do cliente.

4. RESULTADOS ALCANÇADOS

A TABELA 4 estratifica os resultados alcançados nas sucessivas safras. Pode-se constatar que ocorreu aumento da área plantada com redução na demanda de energia elétrica e na movimentação de água. Reduções de 47 % na potência instalada e demandada bem como de 58,8 % na po-

tência por volume de água movimentado externa o forte impacto das medidas de combate ao desperdício de energia.

Tabela 4

SAFRA	ANTERIOR			EFICIENTIZADA		
	Área [ha]	Potência [cv]	Potência / Área	Área [ha]	Potência [cv]	Potência / Área
2002/2003	1129	950	0,84	1335	575	0,43
2003/2004	845	825	0,98	1220	490	0,40
2004/2005	2555	2320	0,91	2645	1425	0,54
2005/2006	7423	4630	0,57	7423	3985	0,45
Total	11952	8725	0,83	12623	6475	0,46

SAFRA	ANTERIOR			EFICIENTIZADA		
	Litros segundo	Potência [cv]	Potência / Litros/seg	Litros segundo	Potência [cv]	Potência / Litros/seg
2002/2003	1129	950	0,84	1335	575	0,43
2003/2004	845	825	0,98	1220	490	0,40
2004/2005	2555	2320	0,91	2645	1425	0,54
2005/2006	7423	4630	0,62	7423	3985	0,54
Total	11952	8725	0,84	12623	6475	0,48

Para o ciclo 2005 – 2006 em execução estão previstas 37 novas operações de combate ao desperdício de energia e uso racional dos recursos energéticos . Com um potencial de economia de 25% de energia economizada e 853 kW de demanda retirada em 10 clientes.

4.1. Enfoque Cliente

Um projeto de combate ao desperdício de energia e de promoção de seu uso eficiente necessariamente deve aportar benefícios para todos os agentes envolvidos. Assim do ponto de vista do cliente temos como vantagens principais a diminuição dos impactos tarifários, o aumento da competitividade pela redução de custos, o despertar para outras fontes de desperdício existentes na lavoura, a modernização tecnológica e o acompanhamento técnico altamente especializado. Isto permitiu uma redução de 58,0 % da potência instalada por água movimentada, de 47% de redução da potência instalada por área irrigada, a ampliação em 10% da área irrigada decorrente da eficientização, uma redução média de 50% do valor da fatura de energia e de 6% de redução média dos custos totais de produção.

O prazo médio de retorno do investimento é de 4 safras, qual seja de 16 meses. As Figuras 6, 7, 8 e 9 explicitam estes benefícios através da interpretação gráfica da evolução das faturas de energia elétrica.

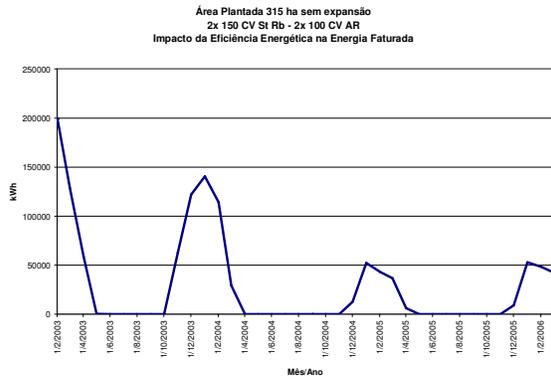


Figura 3 - Impacto da Eficiência Energética.

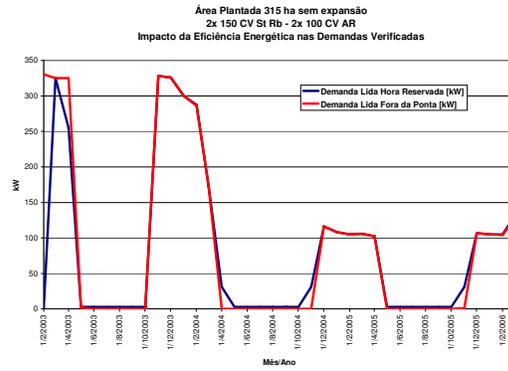


Figura 4 - Impacto da Eficiência Energética.

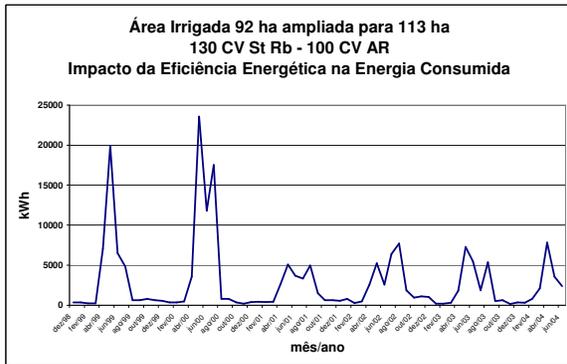


Figura 5 - Impacto da Eficiência Energética.

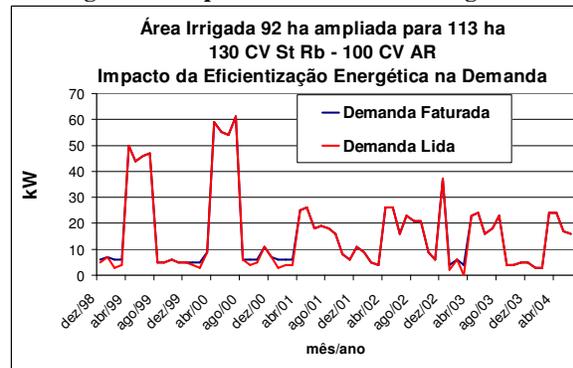


Figura 6 - Impacto da Eficiência Energética.

4.2. Enfoque Concessionária

Do ponto de vista da concessionária o projeto permite protelar investimentos de capital na rede, agregar maior valor na venda da energia elétrica, a redução da sazonalidade do mercado de energia regional, implementar a Qualidade e a Continuidade do Fornecimento de Energia e a melhoria do Fator de Carga.

Como exemplo prático temos a situação do município de São Borja cuja subestação alcança uma demanda média nos meses de Safra: 25,28 MW. Um frigorífico busca se instalar na região, prevendo uma demanda adicional de 6 MW. Hoje o investimento necessário seria de uma nova subestação pois a atual encontra-se em sobrecarga. Se todo o parque de irrigação mecanizada elétrica das lavouras de arroz do município fosse efficientizado atingiríamos uma carga de 13,40 MW. Qual seja um potencial médio de redução de demanda: 11,88 MW. O suficiente para retirar a sobre-carga da subestação, liberando a carga adicional e restando ainda demanda para expansão de mercado adicional. Isto é demonstrado na Figura 10.

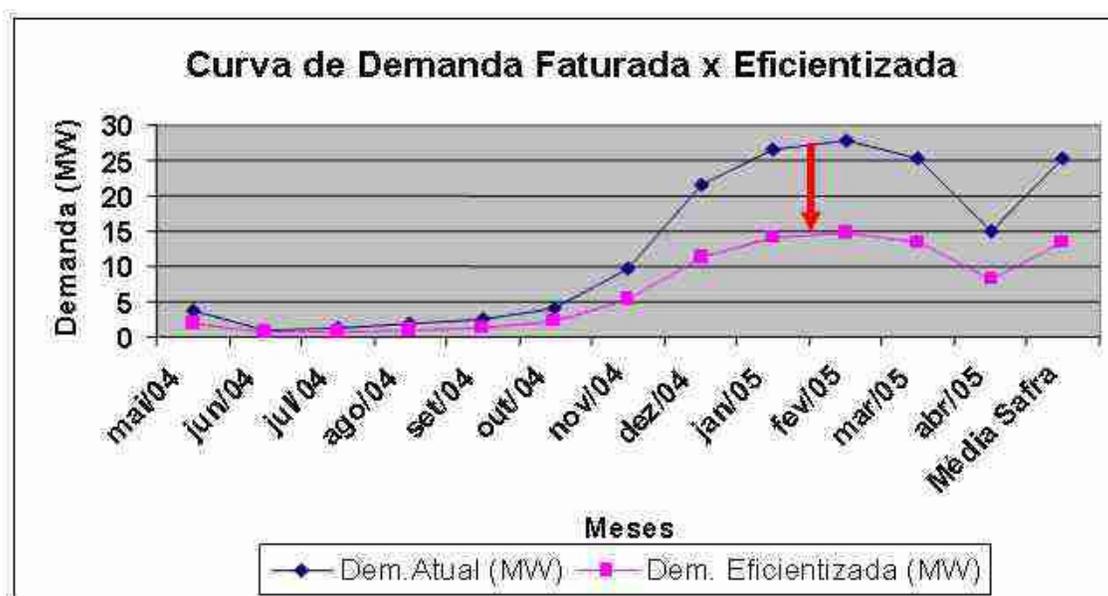


Figura 7 - Impacto das medidas de Eficiência Energética em uma subestação de São Borja - RS.

4.3 O impacto Regional

Como foi evidenciado na Tabela 1 o impacto do processo mecanizado de irrigação alcança toda a região sul do Estado, em particular as áreas de concessão da AES SUL e da CEEE. Verifica-se que 71,4 % deste serviço na área de concessão da AES SUL é atendido por sistemas elétricos existindo um mercado adicional que economicamente pode ser atendido também por energia elétrica representando 28,6 %.

A Tabela 6 prospecta o potencial de eficiência energética tanto nos grupos elétricos assim como dos grupos diesel no Estado. A potência instalada total obtida através da síntese dos diagnósticos energéticos efetuados preteritamente alcança um montante de 402.650 CV instalados em grupos elétricos, o que corresponderia a uma carga instalada de 295 MW.

Se fossem inteiramente eficientizados, teríamos uma redução de 47 % nesta demanda. O processo de conversão diesel-elétrica agregaria sem eficiência algo em torno de 93,6 MW que se fossem eficientizados quando da conversão impactariam o sistema elétrico em apenas 49,5 MW. Se adicionarmos o que seria convertido já eficientizado ao que existe hoje, porém inteiramente eficientizado atingiríamos uma carga de 205,6 MW, inferior aquela hoje estimada somente para a parte atendida por energia elétrica.

Tabela 6

Por Regiões e RS - Projeção 2005 - 2006

Região	TOTAL		%	Sistema Elétrico			Sistema Diesel		
	ha	%		Potência Instalada CV's	Potência Instalada kW	Ef. En. kW	Potência Instalada CV's	Potência Instalada kW	Ef. En. kW
CAMPANHIA	168.300	16%	60%	15.520,55	11.356,76	6.014,49	41.015,89	23.842,57	12.626,92
DEPRESSÃO CENTRAL	157.700	15%		40.660,45	29.752,25	15.756,66	28.818,32	16.752,11	8.871,84
FRONTEIRA OESTE	292.000	28%		156.391,78	114.435,70	60.604,65	52.411,99	30.467,13	16.135,26
PLANÍCIE COST. EXTERNA	126.700	12%		55.551,26	40.648,22	21.527,12	11.731,84	6.819,73	3.611,70
PLANÍCIE COST. INTERNA	131.100	13%		48.447,90	35.450,52	18.774,44	9.995,53	5.810,41	3.077,17
SUL	153.200	15%		86.078,37	62.985,65	33.356,93	17.071,22	9.923,51	5.255,45
RS - TOTAL	1.029.000	100%	402.650,31	294.629,11	156.034,30	161.044,78	93.615,45	49.578,34	

A Demanda Evitada que seria alcançada é da ordem de 182,6 MW com um fator de carga anual da ordem de 24 %.

Ao analisarmos do ponto de vista de disponibilidade de geração, estaremos falando de uma fonte produtora de 761,8 MW instalados a um custo de R\$ 162.485.124,00, qual seja um custo unitário de 213 R\$/kW. Em termos internacionais seria uma geração a 100 US\$/kW. Se compararmos

tal tipo de projeto com projetos de implantação de Centrais Eólicas tem-se de acordo com o PRO-INFA um custo médio de 1.000 US\$/kW, sendo que o fator de capacidade destas usinas não difere em muito dos fatores de carga do mercado objeto do presente trabalho (24 %). Assim está-se falando de um projeto que custa 1/10 de um projeto de geração, sem levar em consideração os custos de escoamento da mesma.

[1] KÖPP, Luciana Marini. **Eficiência Energética em Estações de Recalque de Água para Irrigação da Lavoura de Arroz**. Uruguaina: PUCRS, 2002.

[2] KAEHLER, José Wagner. NUNES, Antonio Saldanha. et al. **Combate ao Desperdício Reduz Custo da Lavoura**. In: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. AES Sul. Porto Alegre, 2006, 39 p.

[3] KAEHLER, José Wagner. **Ações Integradas de Eficiência Energética no Segmento Rural Orizícola da AES Sul e sua Repercussão no Segmento Econômico Gaúcho**. In: XVII SEMINÁRIO NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Belo Horizonte, 2006.

[4] KAEHLER, José Wagner. NUNES, Antonio Saldanha. et al. **Eficientização Energética na Irrigação da Lavoura Orizícola**. Porto Alegre, 2006.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE EQUIPAMENTOS HOSPITALARES

José Wagner Maciel Kaehler, Dr.; Odilon Francisco Pavon Duarte, MEE.;
Alexandre Hugo da Silveira Eng.; Everton Luiz Cortelini Eng.;
Bibiana Maitê Petry, Téc.; Diego Ramos Moreira, Acad.

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – Av. Ipiranga, 6681 – Porto Alegre – RS.

Abstract:

This paper presents the study about hospital equipments realized by the Research Group of Efficiency Energy (PUCRS) inside of a project about energy efficiency at a large hospital of Porto Alegre. Due to its complexity, it was done a survey to compare the electric characteristics and measurements with recorders of electric largeness in order to understand all the functions of these equipments. This research has the objective to discover the equipments and processes that provide more efficient use of energy, and therefore, to evaluate the possibility to make some reduction on the energy consumption.

Keywords: Biomedical equipment, energy efficiency.

Resumo: Este artigo apresenta um estudo sobre equipamentos hospitalares, realizado pelo “Grupo de Pesquisa em Gestão de Energia” (GPGE) da PUCRS dentro do projeto de eficiência energética em um hospital de grande porte de Porto Alegre. Tendo em vista a complexidade, optou-se em analisar e comparar o consumo de energia elétrica dos equipamentos hospitalares, com levantamentos das características elétricas, além de medições com registradores de grandeza elétrica, possibilitando distinguir o regime de funcionamento de cada equipamento. Objetivando-se portanto, buscar equipamentos e processos que proporcionem uma redução no consumo de energia e/ou seu uso eficiente.

Palavras Chaves: Equipamentos biomédicos, eficiência energética.

1 INTRODUÇÃO

A crise energética atual e a insuficiência de recursos têm gerado a necessidade de meios de conservação de energia e promoção do seu uso racional. Em países em desenvolvimento, como o Brasil, que possuem o crescimento do consumo de energia elétrica em uma constante de 3 a 5% ao ano, considera-se essencial à realização de programas de eficiência energética com o intuito de aproveitar de forma eficiente os recursos aplicados, reduzindo custos, aumentando o rendimento energético e protegendo o meio ambiente.

Neste cenário, focou-se os hospitais, tendo em vista que nestes, os custos com sistemas utilitários são significativos, representando 47,34% do total da planta de operação e manutenção, e os custos com eletricidade representando cerca de 50% do total dos custos

sistemas utilitários ou 23,7% dos custos com operação e manutenção. Um estudo realizado pela *Natural Resources Canada* (2001) intitulada por “*Comparing Energy Management in Canadian Health Care Facilities*” mostrou que “instalações hospitalares podem reduzir muito seus custos e emissões de gases nocivos através da melhora da gestão do consumo de energia”, neste mesmo artigo enfatiza-se que: “Os custos anuais com sistemas utilitários estão diretamente ligados com a frequência da coleção de dados de monitoramento e programas de rastreamento; quanto mais frequente a coleta de dados; mais baixos são os custos com energia”. A conclusão parcial é que não é possível gerenciar algo que não se pode mensurar. Portanto, com o objetivo de avaliar os meios para promover o uso racional de energia elétrica em equipamentos biomédicos, este artigo apresenta as características das cargas elétricas oriundas de equipamentos hospitalares bem como os consumos de

energia elétrica provenientes dos mesmos. Esta experiência foi realizada em um Hospital de grande porte de Porto Alegre, dentro do Projeto de Eficiência Energética desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Gestão de Energia (GPGE) da PUCRS.

2 EQUIPAMENTOS HOSPITALARES

Neste capítulo, são apresentados os mais importantes equipamentos hospitalares, com seus princípios de funcionamento, aplicações e especialidades que os utilizam.

2.1 Acelerador de Partículas

O acelerador de partículas possibilita a emissão de elétrons, para tumores mais profundos. Os elétrons são gerados por um cátodo termiônico, chamado “canhão de elétrons”. Após, o feixe é acelerado em uma cavidade retilínea, onde ganha velocidade. Essa aceleração é produzida por uma onda eletromagnética de alta frequência. Os fótons X (radiação) são obtidos por bombardeamento de elétrons em direção a um disco de tungstênio situado no trajeto dos elétrons. No impacto dos elétrons a energia cinética destes é transformada em calor e radiação. (ANTUNES, 2002).

2.2 Aparelho de Cobaltoterapia

O aparelho de cobaltoterapia trata o câncer por emissão de radiação gama. Essa radiação é emitida pela desintegração natural de uma fonte radioativa de cobalto 60. A cabeça de tratamento é composta de um bloco de tungstênio, chamado “barrilhete”. Um dispositivo de colimação permite limitar o feixe irradiante às dimensões desejadas. (ANTUNES, 2002).

2.3 Aparelho de Gama Câmara

O aparelho tem a função de fornecer imagens de um órgão, por meio de radiações gama, emitidas por isótopos fixados temporariamente pelo metabolismo deste mesmo órgão.

2.4 Aparelho de diálise

A hemodiálise é uma técnica que consiste em derivar o sangue do paciente por meio de uma bomba em direção a um módulo chamado dialisador, no qual é produzida uma troca de substâncias entre o sangue e um líquido denominado dialisado.

O paciente dialisado é deficiente em bicarbonato e a composição do dialisado deve permitir que se restabeleça sua taxa normal.

2.5 Autoclave

Autoclave é um aparelho utilizado para esterilizar artigos através do calor úmido sob pressão. Existem vários modelos de autoclaves, porém podemos dividi-los em:

- Autoclave de paredes simples ;

- Autoclave de paredes duplas .

2.6 Bisturi elétrico

O bisturi elétrico 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. (BRITO et al; 1998).

2.7 Bomba de Infusão

Bomba de Infusão 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.

2.8 Desfibrilador

Um desfibrilador é um equipamento eletrônico cuja função é reverter um quadro de fibrilação auricular. A reversão ou cardioversão se dá mediante a aplicação de descargas elétricas no paciente que são graduadas de acordo com a necessidade. Os choques elétricos em geral, são aplicados diretamente ou por meio de eletrodos colocados na parede torácica.

2.9 Eletrocardiógrafo

O eletrocardiógrafo (monitor de ECG) tem por principal finalidade registrar as atividades elétricas do coração. O contato entre o paciente e o aparelho é feito mediante eletrodos

2.10 Incubadora infantil

A incubadora infantil tem o objetivo de prover microclima termoneutro, reduzindo ao mínimo a perda de calor e proporcionando o consumo de oxigênio e as necessidades nutricionais ideais para o bem-estar do neonato. Frequentemente é um equipamento essencial à vida do recém-nascido em hospitais.

2.11 Oxímetro

Um oxímetro de pulso é um dispositivo que mede indiretamente a quantidade de oxigênio no sangue de um paciente. Em geral é anexado a um monitor, para que os médicos possam ver a oxigenação em relação ao tempo. A maioria dos monitores também mostra a frequência cardíaca.

2.12 Respirador

Respirador ou Ventilador Mecânico, é o equipamento microprocessado valvular presentes nas UTIs, Unidades de Emergência e salas cirúrgicas com objetivo de permitir a manutenção do volume corrente, proporcionando a manutenção da oxigenação dos tecidos através dos pulmões.

3 METODOLOGIAS DO LEVANTAMENTO DE DADOS E DO ESTUDO

Para analisar o consumo de Energia Elétrica dos Equipamentos Hospitalares foi realizado o levantamento das características elétricas e medições com registradores de grandezas elétricas a fim de conhecer o regime de funcionamento dos equipamentos. E para avaliar a possibilidade de uma redução no consumo de energia foram realizados estudos buscando encontrar equipamentos e processos que proporcionassem um uso mais eficiente de energia. Devido aos constantes progressos científicos são introduzidos no mercado equipamentos biomédicos mais sofisticados, mais eficazes e mais seguros, porém também mais caros. E, portanto custo - benefício torna-se um elemento fundamental no contexto de recursos financeiros limitados, no qual os hospitais se encontram. Os equipamentos utilizados no registro das curvas de carga dos equipamentos foram medidores de grandezas elétricas RMS e Embrasul.

4 ANÁLISES DO CONSUMO DE ENERGIA

Para se obter uma previsão mais próxima do valor real do consumo de energia elétrica foram instalados equipamentos de aquisição de grandezas elétricas, com o intuito de levantar o perfil de consumo de eletricidade dos Equipamentos Hospitalares. Com os dados levantados, foram estimados os seus consumos mensais e custos. E depois foram avaliados os impactos na curva de carga, quantificando o potencial de conservação de energia. A tabela 1 mostra os equipamentos levantados nos principais setores do hospital.

Tabela 1: Equipamentos existentes nos setores do hospital.

Setor	N°	Equipamento
Alojamento Conjunto	3	Berço Aquecido
Banco de Sangue	1	Aférese Portátil
	2	Agitador de Plaquetas
	2	Banho Maria
	2	Centrífuga
	3	Homogenizador de Sangue
	1	Incubadora
	1	Máquina de Aférese
	1	Selador Eletrônico
Bloco Cirúrgico	1	Seladora para Embalagem Plástica
	3	Aquecedor
	10	Bisturi Elétrico
	8	Bombas de Infusão
	13	Foco Cirúrgico
	1	Fonte de luz fria
	1	Microscópio
	12	Monitor cardíaco
	CDI	1

Setor	N°	Equipamento
	1	Tomografia Computadorizada

CME	4	Autoclaves
Centro Obstétrico	2	Berço Aquecido
	2	Bisturi Elétrico
	6	Bomba de Infusão
	5	Dector Fetal
	4	Foco Cirúrgico
	1	Incubadora de Transporte
	3	Monitor
	1	Oxímetro
	Hemodiálise	1
1		Desfibrilador
15		Equipamentos Hemodiálise
Hemodinâmica	1	Aparelho de Hemodinâmica
Medicina Nuclear	1	Câmara Gama
	1	Mapeador de tireóide
	1	Impressora
	1	Monitor cardíaco
Prontosus	5	Bomba de Infusão
	1	Berço Aquecido
	1	Monitor Cardio
	1	Oxímetro
	1	Respirador
Radiologia	1	Aparelho de mamografia
	8	Aparelho de Raios-X
	1	Processadora de Filmes
Radioterapia	1	Acelerador
	1	Bomba de cobalto
Sala de Recuperação	18	Bomba de Infusão
	3	Módulo
	10	Monitor
	1	Oxímetro
	5	Respirador
UCE	32	Bomba de Infusão
	17	Monitor Cardio
	2	Oxímetro de Pulso
	9	Respirador
	1	Monitor Cardíaco
	1	Berço Aquecido
UTI Adulto	47	Bomba de Infusão
	1	Desfibrilador
	24	Monitor
	15	Respirador Intermed
UTI Neo	10	Berço Aquecido
	22	Bomba Infusão
	4	Foto Terapia
	22	Incubadora
	5	Monitor
	14	Oxímetro
UTI Pediátrica	5	Respirador
	19	Bomba de infusão
	11	Monitor
Total	8	Respirador
	444	

A tabela 2 mostra o consumo mensal de cada setor do Hospital.

Tabela 2: Consumo Mensal dos setores de Equipamentos Hospitalares.

Item	Setor	Consumo Mensal (kWh)
1	Alojamento Conjunto	859,23
2	Banco de Sangue	1.134,57
3	Bloco Cirúrgico	2.373,9
4	Centro de Diagnóstico por Imagem - CDI	7.379,63
5	Centro de Esterilização de Materiais - CME	6.965,52
6	Centro Obstétrico	374,32
6	Hemodiálise	2.186,69
8	Hemodinâmica	575,41
9	Medicina Nuclear	1.179,02
10	Prontosus	420,2
11	Radiologia	1.925,64
12	Radioterapia	1.121,21
13	Sala de Recuperação	1.057,21
14	UCE	602,54
15	UTI Adulto	1775,3
16	UTI Neonatal	3.109,34
17	UTI Pediátrica	502,8
	Total	33.541,81

4.1 Curva de carga

Após construir as curvas de cargas de cada setor do hospital, as mesmas foram somadas e se chegou à curva de carga de um dia típico do sistema de equipamentos hospitalares (Figura 01).

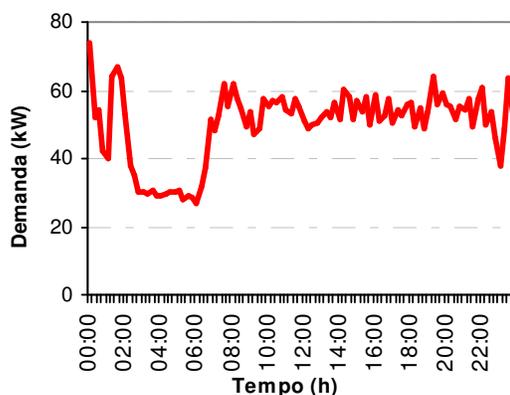


Figura 1 - Curva de carga de um dia típico do sistema de equipamentos hospitalares.

Observa-se que os equipamentos de maior impacto na curva de carga operam durante o horário das 6:00h às

24:00h. Nota-se também uma grande participação das autoclaves do CME durante a madrugada, E durante o horário das 3:00h às 6:00h existe uma redução da carga dos equipamentos hospitalares, pois a maioria destes operam em *stand by* ou encontram-se desligados.

5 MEDIDAS DE EFICIÊNCIA

A análise da forma de consumo de energia dos setores do hospital mostrou a possibilidade de se eficientizar dois setores: O Centro de Materiais Esterilizados (CME) com suas autoclaves e a Radiografia com seus aparelhos de raio x. Outros setores também apresentam algumas oportunidades de ganho, como a UTI Neonatal, onde alguns berços aquecidos encontravam-se próximos a saídas de ar condicionado necessitando uma maior carga térmica para elevar a temperatura do neonato. Recomendou-se o realocamento deste equipamento, sendo que nesta ação não foi possível mensurar *a priori* os ganhos, os mesmos poderão ser verificados após a realização de medições com a nova disposição dos berços aquecidos.

5.1 - Autoclaves

Hoje a geração de vapor para o hospital é realizada por caldeiras a gás que funcionam das 6:00h às 22:00h sendo que as autoclaves operam o restante do tempo com resistência elétrica. Foi realizada uma simulação do CME operando somente com o vapor da caldeira sem o apoio de resistências elétricas, considerando que a caldeira funcione 24 h por dia. O custo médio de vapor utilizado para os cálculos é de 0,06 R\$/kg calculado a partir dos custos atuais que o hospital possui com a caldeira, considerou-se também o que consumo médio de vapor das autoclaves, segundo informações de fabricantes, é de 12 Kg/h de vapor. A figura 2 apresenta uma comparação entre o sistema atual (em vermelho) e o projetado (em azul).

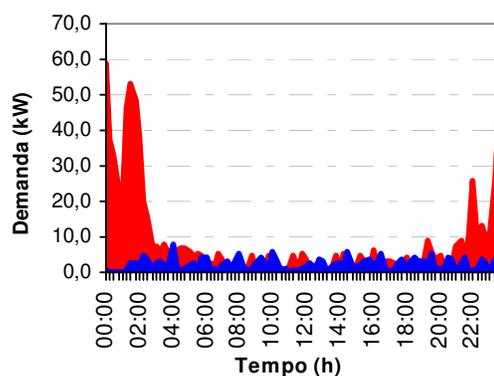


Figura 2 - Curva de carga de um dia típico do CME, atual e projetada.

A operação das autoclaves sem a resistência elétrica apresentou uma redução de 80% no consumo mensal de energia do CME. A estimativa de redução de consumo e demanda está apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Consumo Mensal do CME antes e após a ação de eficiência.

	<i>Atual</i>	<i>Projetado</i>	<i>Redução</i>
Energia Fora de Ponta (kWh)	6.618,41	1.318,22	5.300,19
Energia Ponta (kWh)	347,11	220,2	126,91
Demanda Fora Ponta (kW)	97,52	8,14	89,38
Demanda Ponta (kW)	46,36	5,38	40,98

Os valores de demanda foram calculados com base na curva de carga levantada por um equipamento registrador de grandezas elétricas, e seus custos foram estimados com base nas faturas de energia do Hospital. Salienta-se que, embora a redução do custo de energia elétrica poderá ser claramente verificada após a adoção das medidas sugeridas, a redução dos custos de demanda estará sujeita a análise tarifária global, contemplando todos os usos finais e a curva de carga geral do hospital bem como uma possível readequação tarifária.

Com as medidas de eficiência, verifica-se um potencial de redução de custos com energia de 60% podendo chegar até 70% se considerada a redução de demanda. Nota-se que, neste caso, não serão necessários investimentos com instalações, e sim com a operação noturna da caldeira. Assim sendo, o retorno desta ação será imediato.

5.1.1 Consumo e custo específico

O consumo específico indica o total de energia necessária para o processamento completo de determinado produto ou para prestação de um serviço. É um dos parâmetros de maior importância em estudos que envolvem o uso de energia.

Outro índice que deve ser identificado e gerenciado é o custo específico, que é o produto do preço médio de energia elétrica (R\$/kWh) pelo consumo específico ou simplesmente, o custo da energia por unidade ou serviço produzido. Os valores encontrados destes índices estão apresentados na tabela 03.

Tabela 3: Consumos e custos específicos.

	<i>Antes EE</i>	<i>Após EE</i>	<i>Redução</i>
Consumo específico	8,18 kWh	1,35 kWh	83 %
Custo específico	R\$ 1,62	R\$ 0,54	66 %

5.2 Aparelhos de Raio X

A figura 3 apresenta a curva de carga de um equipamento antigo de raio x com potência nominal de 80 kW de pico (em azul), este aparelho é o maior responsável pelo consumo elétrico da radiologia. O mesmo apresenta aproximadamente 30% do consumo

da radiologia. Isso se deve ao fato deste equipamento estar obsoleto e de não haver mais fabricação de peças para reposição. Em verde é apresentada a curva geral do setor de radiologia.

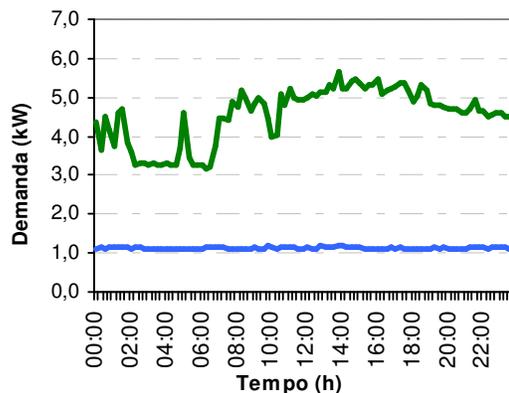


Figura 3 - Curva de carga de um dia típico da radiologia.

Com isso, recomenda-se que o equipamento seja substituído por uma máquina de 30 kW de pico com tecnologia avançada atendendo assim a demanda desejada. Como substituição sugere-se a instalação de outro aparelho de raio x nacional com gerador dotado de conversor que opera em alta frequência, sendo este de tamanho menor e produzindo radiografias de alta qualidade, como instalado recentemente na traumatologia do hospital. Na figura 4 são mostradas as curvas de carga dos dois equipamentos. A diferença de consumo de energia mensal entre estes equipamentos chega a 80%.

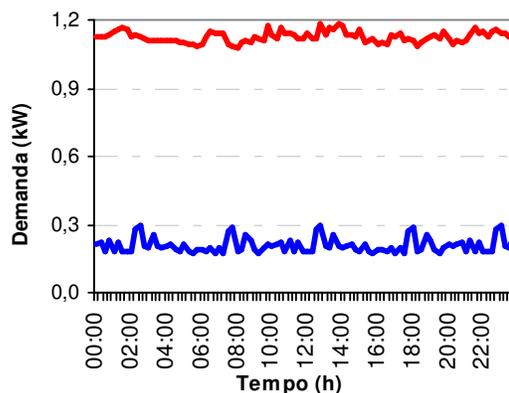


Figura 4 - Curva de carga de um dia típico da radiologia em vermelho o equipamento antigo com 80kW de pico e em azul o proposto com 30kW de pico (em alta frequência).

O tempo de retorno simples foi calculado, ver tabela 4, em aproximadamente 10 anos, além de oferecer outras vantagens como maior confiabilidade e menor taxa de manutenção.

Tabela 4: Tempo de retorno simples.

Investimento Total	25.000	R\$
Energia Economizada	7,33	MWh/ano
Redução de Demanda	0,89	kW
Investimento Evitado Cliente	2.328	R\$/ano
Retorno do investimento	10,74	ano(s)

6 RESULTADOS

A figura 5 mostra a curva de carga total estimada do sistema de equipamentos hospitalares. Em vermelho antes da efficientização e em azul após as medidas de eficiência recomendadas. A tabela 5 apresenta o tempo de retorno e a economia de energia, e a tabela 6 mostra a redução de consumo e demanda no sistema de equipamentos hospitalares.

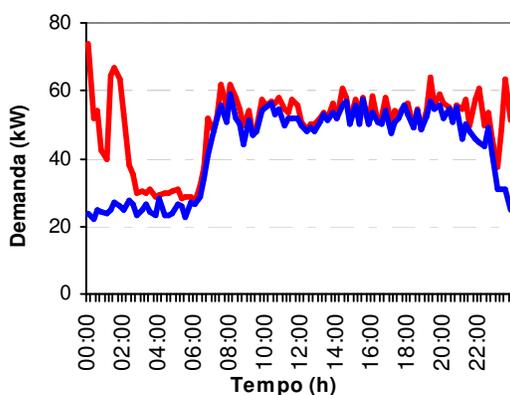


Figura 5 - Curva de carga de um dia típico do sistema de equipamentos hospitalares ante e após a efficientização.

Tabela 5 - Tempo de Retorno Simples.

Investimento Total	25.000	R\$
Energia Economizada	72,45	MWh/ano
Redução de Demanda Ponta	8	kW
Investimento Evitado Cliente	11.361	R\$/ano
Retorno do investimento	2,2	ano(s)

Tabela 6 - Redução do consumo e demanda e de energia.

	Antes EE	Após EE	Redução
Consumo	33 MWh	27 MWh	19%
Demanda Ponta	64 kW	56 kW	12%

7 CONCLUSÃO

É possível se obter consideráveis reduções de consumo em sistemas de equipamentos hospitalares. Verificou-se possibilidade de ganho de até 19% em energia elétrica e de 12% em demanda em ações simples. A economia financeira é da ordem de R\$ 11.361,00 por ano ficando o tempo de retorno simples em torno de 2,2 anos. Estes números demonstram uma boa viabilidade. Outro benefício deste trabalho foi o conhecimento dos setores responsáveis pelos maiores consumos de energia, o que auxilia na tomada de decisão para um melhor planejamento de programas de eficiência energética na área hospitalar.

8 REFERÊNCIAS

- Rocha, Keonardo Resende Rivetti. (2005) *Gestão energética*. Eletrobrás, Rio de Janeiro.
- Antunes, E. (2002) *Gestão da tecnologia biomédica: tecnovigilância e engenharia clínica*. Acodess, Paris.
- Brito, L., F. de Magalhães; Brito, T., R. de Magalhães (1998) *Segurança aplicada às instalações hospitalares*. Senac, São Paulo.
- Possari, João Francisco (2005) *Centro de material e esterilização: planejamento e gestão*. Iátria, São Paulo.

Anexo 2 - Planilha de Levantamento de Dados do Sistema de Iluminação

As planilhas do Anexo 2 foram utilizadas para a realização dos levantamentos de dados dos sistemas de iluminação que fazem parte dos Diagnósticos Energéticos elaborados pelo GEE da PUCRS nos hospitais da amostra.



Levantamento do Sistema de Iluminação Artificial



Identificação				
Local				
Setor				
Andar				
Sala				
Padrão				

Características do Sistema de Iluminação

Luminária				
Modelo				
Nº de Luminárias				
Lâmpadas				
Modelo				
Nº de Lâmpadas				
Potência				
Reatores				
Modelo				
Nº de Reatores				
Tipo				

Tempo Funcionamento

Horas p/ Dia				
Periodo 1				
Periodo 2				
Periodo 3				
Dias p/ Semana				
Nº de Meses				
Observação				

Identificação				
Local				
Setor				
Andar				
Sala				
Padrão				

Características do Sistema de Iluminação

Luminária				
Modelo				
Nº de Luminárias				
Lâmpadas				
Modelo				
Nº de Lâmpadas				
Potência				
Reatores				
Modelo				
Nº de Reatores				
Tipo				
Tempo Funcionamento				
Horas p/ Dia				
Periodo 1				
Periodo 2				
Periodo 3				
Dias p/ Semana				
Nº de Meses				
Observação				

Anexo 3 - Planilha de Levantamento de Dados Sistema de Força Motriz

As planilhas do Anexo 3 foram utilizadas para a realização dos levantamentos de dados dos sistemas de força motriz que fazem parte dos Diagnósticos Energéticos elaborados pelo GEE da PUCRS nos hospitais da amostra.

Cadastro De Equipamentos

Localização						
Equipamento N°:		Bloco:		Atende Área:		
Pavimento:		Localização:		N° M.U.:		
Ventilador						
Marca:		Modelo:		Série:		
Altura:		Largura:		Profund.:		
Motor						
Marca:		Modelo:		Potência:		
N.Série:		Polos:		Amp(Rst):		
Tensão:		Eixo Ø:				
Polia Motora		Polia Conduzida		Acoplamento		
Ø Externo:		Ø Externo:		Correia Tipo:		Qtd:
Ventilador:						
Tipo:		Eixo Ø:		Rolamentos:		
Quantidade:		As / Da:		Rotor Ø:		Acopl:
Pré-Filtro e Filtro de Ar						
Tipo:		Altura:		Largura:		Qtd:
Tipo:		Altura:		Largura:		Qtd:
Vazões De Ar:						
Vazão De Placa:		Vazão Med.:				
Quadro Elétrico						
Cont. Vent:		Fusíveis:		Relé Térmico:		Reg:
Cont. Resist:		Fusíveis				
Observações						
Data	Qtde.	Componente				

Anexo 4 - Análise da Viabilidade Econômica

O Anexo 4 apresenta a metodologia para os cálculos econômico-financeiros segundo o Manual para a Elaboração de Programas de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Estes cálculos foram utilizados para a realização das análises de dados de todos os sistemas de usos finais que fazem parte dos Diagnósticos Energéticos elaborados pelo GEE da PUCRS nos hospitais da amostra.

Análise Técnico-Orçamentária e a RCB

Um projeto de eficiência requer não só a disponibilidade de dados técnicos e orçamentários referentes ao projeto considerado, mas também:

- Os montantes de economia de energia em MWh/ano e de redução da demanda em kW, obtidos com a implantação do projeto, e respectivos benefícios financeiros;
- Os dados técnicos e orçamentários sobre a alternativa de expansão da capacidade da rede elétrica.

Segundo o Manual para a Elaboração de Programas de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), os projetos de eficiência energética devem ter sua RCB calculada sob a ótica da sociedade. Assim, se um projeto possuir mais de um uso final, cada um desses deverá ter sua RCB calculada, bem como a RCB global do projeto.

Conforme a ANEEL (2002), a avaliação econômica do projeto será feita por meio do cálculo da RCB de cada uso final, devendo obedecer a seguinte metodologia:

$$RCB = \frac{\text{Custos Anualizados}}{\text{Benefícios Anualizados}} \quad (1)$$

a) Cálculo do Custo Anualizado Total (CA_{TOTAL}):

$$CA_{Total} = \sum CA_{equip1} + CA_{equip2} + CA_{equipn} \quad (2)$$

b) Cálculo do Custo Anualizado dos equipamentos com mesma vida útil ($CA_{equip n}$):

$$CA_{equipn} = CPE_{equipn} \times FRC \quad (3)$$

c) Cálculo do Custo dos equipamentos e/ou materiais com mesma vida útil ($CPE_{equip n}$):

$$CPE_{equipn} = CE_{equipn} + \left[(CT - CTE) \times \frac{CE_{equipn}}{CTE} \right] \quad (4)$$

Obs.: equipamentos e/ou materiais = lâmpadas, reatores, economizadores, luminárias (aberta e fechada), relé e braço.

d) Cálculo do fator de recuperação de capital (FRC):

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

onde:

CPEequip n - custo dos equipamentos com a mesma vida útil, acrescido da parcela correspondente aos outros custos diretos e indiretos. Esta parcela é proporcional ao percentual do custo do equipamento em relação ao custo total com equipamentos;

CEequip n - Custo somente de equipamento com mesma vida útil;

CT - Custo total do projeto (custos diretos + custos indiretos);

CTE - Custo total somente de equipamentos;

n - vida útil (em anos);

i - taxa de juros (taxa de desconto).

O custo anualizado dos equipamentos com a mesma vida útil (*CPEequip n*) também pode ser calculado utilizando os custos unitários de mão-de-obra e os custos indiretos (administração, acompanhamento e avaliação), desde que estes estejam desagregados.

No caso do projeto englobar equipamentos com vidas úteis diferentes, o investimento anualizado do projeto será composto pelo somatório dos investimentos anualizados correspondentes a cada equipamento e a sua respectiva vida útil.

O *CPEequipn* deve então ser calculado pela soma dos custos unitários de equipamento, mão-de-obra e indiretos multiplicada pela quantidade total do equipamento correspondente.

O custo anualizado pode também ser calculado considerando a menor vida útil. Se a relação custo-benefício for menor que 0,85, não é necessário o cálculo dos custos anualizados por tipo de equipamento.

A taxa de desconto a ser considerada na avaliação financeira é de no mínimo 12% a.a. Esta taxa tem por base o Plano Decenal de Expansão 1999/2008 aprovado pela Portaria MME nº. 151, de 10 de maio de 1999.

e) Cálculo dos Benefícios:

$$B = (EE \times CEE) + (RDP \times CED) \quad (6)$$

onde:

EE - Energia Economizada (MWh/ano);

CEE - Custo Evitado de Energia (R\$/MWh);

RDP - Redução de Demanda na Ponta (kW);

CED - Custo Evitado de Demanda (R\$/kW).

Para que o projeto seja considerado viável, a relação custo-benefício deve ser menor que 0,85.

Anexo 5 - Cálculo Luminotécnico

O Anexo 5 apresenta a metodologia utilizada para os cálculos luminotécnicos utilizados nos Diagnósticos Energéticos elaborados pelo GEE da PUCRS nos hospitais da amostra. Através do cálculo luminotécnico, verifica-se a necessidade de se aumentar ou reduzir o nível de iluminação, a fim de se atender as normas e legislação vigentes e atingir o conforto visual, buscando minimizar a quantidade e a potência das lâmpadas utilizadas na instalação.

Cálculo Luminotécnico - Método dos Lúmens

Indica-se este método, pois segundo CREDER (1986), tal metodologia conduz a resultados bastante aceitáveis na prática. Os métodos ponto a ponto e das cavidades zonais levam resultados mais precisos, porém são mais especializados e requerem maior quantidade de dados de levantamento que encarece o projeto devido a grande quantidade de ambientes a serem levantados. Inicia-se o estudo do método dos lúmens com algumas definições:

Luz: aspecto da energia radiante que um observador humano constata pela sensação visual, determinado pela retina ocular (ABNT, 1986).

Fluxo luminoso de uma fonte: é o fluxo de energia, medido em lumens, emitido por uma fonte em todas as direções do espaço.

Lúmen: é a quantidade de luz irradiada através de uma abertura de 1 m² por uma fonte, de intensidade de uma vela, em todas as direções, localizada no centro de uma esfera de 1m de raio (CREDER, 1986).

Iluminamento de uma superfície plana: é a densidade superficial de fluxo luminoso recebido, conforme a equação 04.

$$Lux = \frac{Lúmen}{m^2} \quad [04]$$

Após revistas as definições luminotécnicas, é possível abordar o método dos lumens. Para isto, é preciso determinar o nível de iluminamento do local que se deseja iluminar. A norma NBR 5413 - Iluminância de Interiores fornece os níveis de iluminamento para diversos locais como escritórios, salas de aula, hospitais, etc.

A próxima etapa é a escolha da luminária que, depende de diversos fatores tais como o objetivo da instalação (comercial, industrial, residencial, etc), fatores econômicos, razões de decoração, etc.

Determinação do índice do local

O índice do local relaciona as dimensões do recinto, comprimento, largura e altura de montagem, ou seja, a altura da luminária em relação ao plano de trabalho.

Determinação do coeficiente de utilização

De posse do índice do local, é possível calcular o coeficiente de utilização, que relaciona o fluxo luminoso inicial emitido pela luminária (fluxo total) e o fluxo recebido no plano de trabalho (fluxo útil). Desta forma, a determinação do coeficiente de utilização depende das dimensões do local, da cor do teto, das paredes e do acabamento das luminárias. A tabela 3.1 apresenta diversos fatores de refletância para diferentes materiais e cores, necessários para o cálculo luminotécnico.

Tabela 3.1 - Fatores de refletância para diferentes materiais e cores.

Material	Fator (%)	Material	Fator (%)	Cor	Fator (%)	Cor	Fator (%)
Asfalto	7	Tijolo	13 - 48	escuras	15 - 30	vermelha	10 - 35
Cal	85 - 88	Fazenda Escura	2	médias	30 - 50	amarela	30 - 70
Cantaria	25 - 60	Livros em Estantes	10 - 20	claras	50 - 70	azul	5 - 55
Cerâmica Vermelha	30	Madeira Clara	13	muito claras	50 - 70	bege	25 - 65
Concreto Aparente	55	Madeira Escura	7 - 13	brancas	85 - 95	branca	85 - 95
Gesso Branco	90 - 95	Nuvens	80	cinzenta	25 - 60	creme	60 - 68
Granito	40	Papel Branco	80 - 85	parda	8_50	marfim	71 - 77
Granolite	17	Troncos Árvores	3 - 5	pérola	72	espelhos	80 - 90
Macadam	18	Vegetação	25	alumínio	60 - 70	preta	4 - 8
Mármore Branco	45	Veludo Preto	0,2 - 1	cromo	60 - 65	rosa	35 - 70
Pedregulho	13	Terra	1 - 20	aço inox	55 - 65	verde	12 - 60

Determinação do fator de depreciação

Também chamado de fator de manutenção, este fator relaciona o fluxo emitido ao final do período de manutenção da luminária e do fluxo luminoso inicial da mesma. Quanto melhor for a manutenção das luminárias (limpeza e substituição) mais alto será este fator.

Fluxo total e número de luminárias

Para determinar o número mínimo de luminárias necessárias para um determinado nível de iluminação, devem ser empregadas as equações 05, 06 e 07.

$$\phi = \frac{S \cdot E}{u \cdot d} \quad [05]$$

$$n = \frac{\phi}{\varphi} \quad [06]$$

$$k = \frac{c \cdot l}{k_m \cdot (c + l)} \quad [07]$$

Onde:

ϕ - fluxo luminoso total em lúmens;

S - área do recinto em metros quadrados;

E - nível de iluminação em lux;

u - fator de utilização ou coeficiente de utilização;

d - fator de depreciação ou de manutenção;

n - número de luminárias;

φ - fluxo por luminária em lúmens;

k - índice do local;

c - comprimento do recinto em metros;

l - largura do recinto em metros.

Anexo 6 - Aquecedores Solares

O Anexo 6 mostra a metodologia utilizada para o dimensionamento dos sistemas de aquecimento solar utilizados nos Diagnósticos Energéticos elaborados pelo GEE da PUCRS nos hospitais da amostra. Os sistemas de aquecimento solar são avaliados quando se existe a possibilidade de substituir sistemas de aquecimento de água em torneiras ou duchas que utilizam outros energéticos como sistemas elétricos e GLP.

Aquecedores Solares

Atualmente os sistemas de aquecimento solar no Brasil beneficiam mais de 500 mil residências, economizando energia elétrica equivalente ao consumo de uma cidade de 1,1 milhões de famílias. Estima-se que mais de dois milhões de pessoas já se beneficiam com a tecnologia do aquecedor solar, sendo aquecidos cerca de 200 milhões de litros de água para banho diariamente (ABRAVA, 2000).

O uso de aquecedores solares pode minimizar a utilização de formas convencionais de energia degradantes, e que de uma maneira ou outra causam impactos negativos ao meio ambiente. Segundo a ABRAVA (2000) cada 1 m² de coletores instalados permite:

- Economizar 55 kg de GLP/ano;
- Economizar 66 l de diesel/ano;
- Evitar a inundação de cerca de 56 m² (hidroelétricas);
- Eliminar anualmente o consumo de 215 kg de lenha.

Além das vantagens ecológicas, esses sistemas podem reduzir em até 80% o consumo de energia convencional, garantindo retorno de investimento e lucro até o final de sua vida útil (aproximadamente 20 anos).

O reservatório fornece a água a ser aquecida ao sistema. Como em muitas instalações utiliza-se a própria caixa d'água, a tomada de água neste caso deverá ser localizada em um nível superior ao sistema de aquecimento, desta forma a água é conduzida por gravidade.

Os coletores são responsáveis por captar a energia solar e aquecer a água através do efeito estufa. A movimentação do líquido se dá por termossifão, onde a água fria vem da caixa d'água, desloca por convecção a água aquecida pelo sol que está contida na serpentina do coletor criando o movimento da água no sentido do boiler.

O princípio de funcionamento do aquecimento solar baseia-se na transmissão do calor através dos materiais que compõem o sistema. Este é composto pelo boiler e pelos coletores solares. A figuras A 3.1 e A 3.2 mostram, respectivamente, o aspecto físico de um coletor solar e o esquema de construção de um aquecedor solar com as suas principais partes.

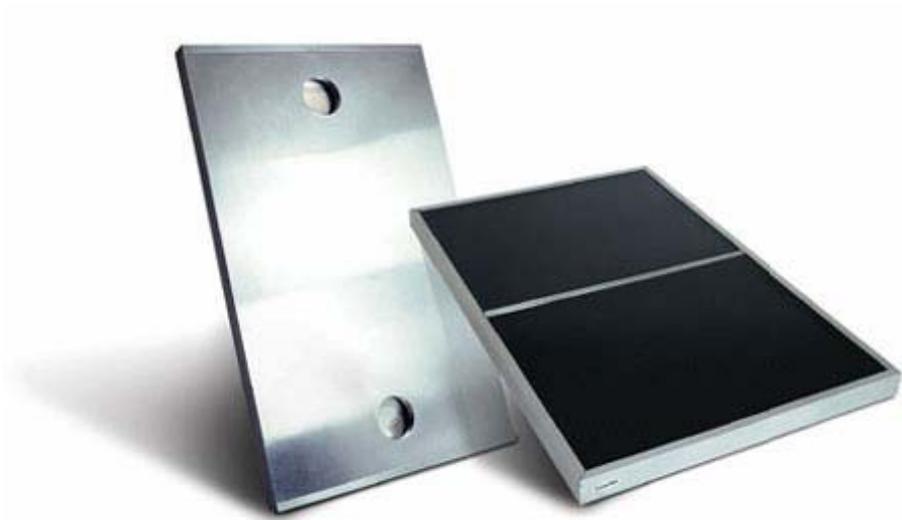


Figura A 3.1: Aspecto físico de um coletor solar.

FONTE: SOLETROL, 2000.

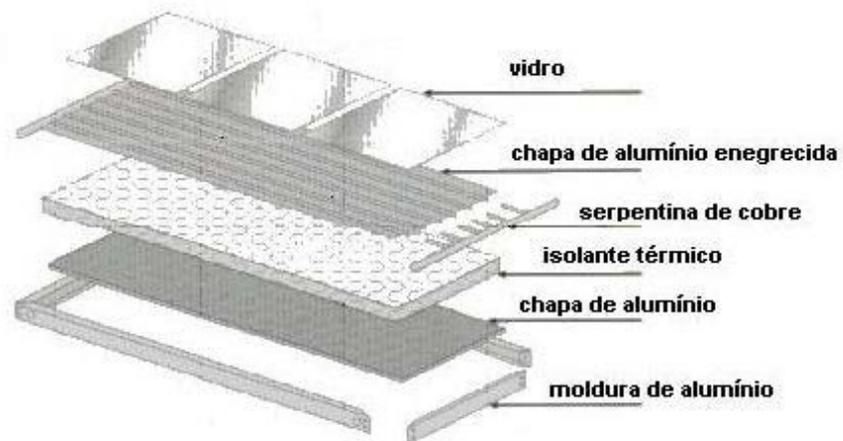


Figura A 3.2: Esquema de construção de um coletor solar.

FONTE: SOLETROL, 2000.

A descrição dos principais componentes que compõe o coletor solar, apresentado na figura A 3.2, são as seguintes:

Vidro: impede que entrem no coletor água de chuva, materiais sólidos, poeira etc. Tem com o finalidade principal provocar o efeito estufa. Ou seja, a luz do sol, incidindo diretamente no vidro, faz com que parte dela penetre no interior do coletor, refletindo outra parcela de luz. Na reflexão, a luz é composta basicamente de raios infravermelhos que não conseguem ultrapassar a camada de vidro, provocando assim um aquecimento interno que ajudará no aquecimento da água que está circulando na tubulação de cobre.

Tubo de cobre: serve para conduzir a água que capta o calor do sol. O cobre, sendo um ótimo condutor de calor, absorverá toda esta energia do coletor e transmitirá para a água que está circulando.

Poliuretano expandido ou lã de vidro: é um material que isola termicamente o coletor, impedindo que o calor captado pela luz solar escape para o ambiente.

Chapa de alumínio enegrecida: tem por finalidade auxiliar no aquecimento do coletor.

Pela sua cor negra, absorve melhor o calor da luz solar, transmitindo-o para os tubos de cobre e conseqüentemente para a água.

A figura A 3.3 mostra o aspecto físico de um boiler. Este dispositivo serve para armazenar água quente para consumo e é fabricado por fora de alumínio e por dentro de cobre ou aço inox. Internamente, a água quente se mistura com a fria ficando a água quente sempre na parte superior. O boiler possui resistência elétrica que aquece a água em dias em que não há luz solar suficiente. Comandada por um termostato, ela liga e desliga de acordo com a temperatura da água. Em dias com grande luminosidade, a água quente pode ficar armazenada por várias horas sem precisar acionar a resistência elétrica. Existem boilers de baixa e de alta pressão. Os de baixa pressão trabalham com até 5 mca e os de alta pressão com até 20 mca. Estes dispositivos podem ser de nível (colocado no mesmo nível da caixa fria) ou de desnível (abaixo da caixa fria). A escolha vai depender da altura da cumeeira da edificação.



Figura A 3.3: Aspecto físico de um boiler.

FONTE: SOLETROL, 2000.

Dimensionamento dos Aquecedores Solares

O programa SUNDATA baseia-se no banco de dados CENSOLAR (1993) contendo valores de radiação média diária mensal no plano horizontal para cerca de 350 pontos no Brasil e em países limítrofes.

Os coletores devem ser orientados para o norte geográfico ou o norte verdadeiro da terra. Sua inclinação deverá ser a latitude do local mais 10°. A quantidade de coletores dependerá também dos locais onde os mesmos serão instalados.

Após determinar o dimensionamento do sistema, define-se a quantidade de calor (Q) que o sistema deve atender.

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (\text{A 3.1})$$

Onde:

Q - é a quantidade de calor necessária ao sistema em kCal;

m - massa em kg;

C_p - é a Capacidade Calorífica do corpo. No caso da água $C_p=1$;

Δt - é a variação da temperatura.

O apoio elétrico consome 10% em média da energia necessária para aquecer água até a temperatura necessária o restante é aquecido pelo Sol (SOLETROL, 2000). Assim, para calcular a quantidade de energia o apoio elétrico consumirá:

$$E = \frac{Q}{860kcal / kWh} \cdot 0,1 \quad (A 3.2)$$

