

Área Temática: Economia e Finanças Sustentáveis

Título do trabalho: Viabilidade Econômica de Sistemas de Aquecimento Solar para Hospitais

**AUTORA**

**ALINE BENTO AMBRÓSIO AVELAR**

Universidade Municipal de São Caetano do Sul - USCS

alinebento@hotmail.com

**Resumo:** A fonte de energia solar pode ser usada como alternativa energética para o aquecimento de água em hospitais, pois estes apresentam elevado consumo de energia elétrica e consequentemente alto custo. O presente trabalho demonstra a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema solar para o aquecimento da água de banho em um hospital hipotético na cidade de Campinas, no estado de São Paulo. Foi realizado o dimensionamento de um sistema proposto em substituição ao sistema convencional existente (energia elétrica), por meio do uso de informações do Atlas Solarimétrico do Brasil e método F-Chart. A viabilidade econômica está pautada nos cálculos de VPL, TIR e *payback*. O sistema de aquecimento solar de água de banho no hospital hipotético demonstrou viabilidade técnica e econômica. Como conclusão, este trabalho demonstrou que a tecnologia de aquecimento solar é uma alternativa viável economicamente a fim de suprir água quente de banho, substituindo sistemas que utilizam energia elétrica. Porém, é importante salientar que a tecnologia em pauta carece de instalação de um sistema auxiliar, como por exemplo gás natural ou mesmo energia elétrica.

**Abstract:** Solar energy can be used as an alternative energy source for heating water in hospitals to reduce their high electric power consumption. This work demonstrates the technical feasibility and cost associated with the implementation of a solar system for heating bath water in a hypothetical hospital in Campinas City, São Paulo state. The study was conducted by analyzing the metrics of the proposed system to replace the existing conventional system using (electricity), information from the solar energy atlas (Atlas Solarimétrico) for Brazil and F-Chart method. The economic viability is based on estimates of VPL, IRR and payback. The solar bath water heating system in the hypothetical hospital was shown to be technically and economically feasible. In conclusion, this study demonstrated that the solar heating technology is an economically viable alternative in order to supply hot bath water, replacing systems that use electricity. However, it is important to emphasize that the technology in question requires the install of an auxiliary system, such as natural gas or even electricity

**Palavras-chave:** Energias renováveis, aquecimento solar, viabilidade econômica,

## 1. Introdução

O Brasil possui um grande potencial de energia solar, graças aos altos índices solarimétricos durante todo o ano. O aquecimento solar é considerado como uma tecnologia eficiente e moderna que aquece a água e ainda preserva a natureza.

Os constantes avanços tecnológicos nos materiais, processos de fabricação, instalação e projetos, têm permitido que os aquecedores solares sejam aplicados de forma segura e confiável.

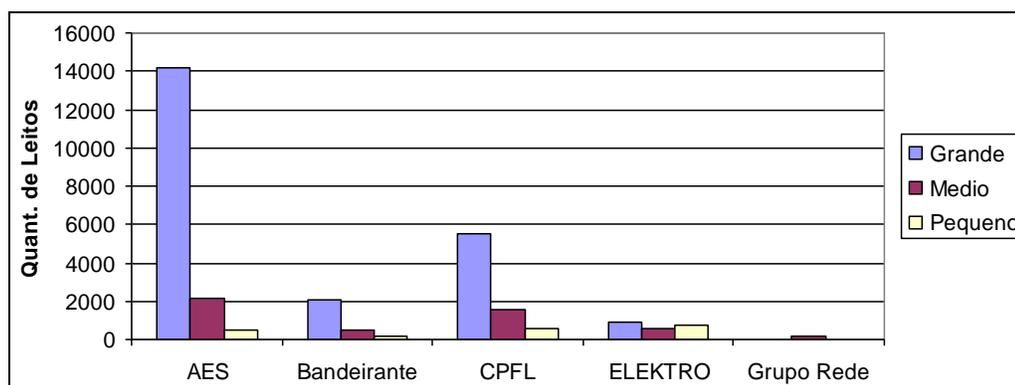
Deve-se ressaltar que o aquecimento solar de água em substituição ao chuveiro elétrico não é entendido por técnicos e legisladores brasileiros como uma forma de geração de energia, mas sim como uma medida eficiente de conservação e uso racional de energia.

O aquecimento solar é uma tecnologia que se paga ao longo do tempo a partir as economias proporcionadas pela redução do consumo de sistemas convencionais (energia elétrica ou gás).

Um projeto bem dimensionado gera uma economia de energia superior a 70%, em relação a sistemas convencionais, podendo se pagar em período inferior a dois anos.

Segundo a Secretária de Saúde do Estado de São Paulo, existem 1.051 hospitais, sendo 240 públicos e 811 privados. Os 240 hospitais públicos do Estado de São Paulo totalizam 29.710 leitos.

Figura 1: Gráfico que demonstra o porte dos hospitais por número de leitos nas principais concessionárias de energia elétrica do Estado de São Paulo



Fonte: ABH – Associação Brasileira de Hospitais

Não existe classificação oficial para porte de hospitais, sendo assim, o presente trabalho se utiliza de sugestão da Associação Brasileira de Hospitais, expressa da seguinte forma:

Tabela 1: Porte dos hospitais por número de leitos

<i>Número de Leitos</i>	<i>Porte do Hospital</i>
1 a 50	Pequeno porte
51 a 150	Médio porte
Acima de 151	Grande porte

Fonte: ABH – Associação Brasileira de Hospitais.

São praticamente inexistentes os incentivos diretos à utilização de aquecimento solar em hospitais. As iniciativas mais expressivas são resultado de programas implementados pelas concessionárias de energia elétrica com recursos próprios, por meio de programas de eficiência energética (PEE).

Vários estudos foram desenvolvidos sobre dimensionamento e incentivos ao uso de sistemas de aquecimento solar. Bezerra (1990), por exemplo, ressalta que para dimensionar um sistema de aquecimento solar, vários fatores devem ser considerados, tais como a insolação e a radiação solar média do local de instalação, a temperatura ambiente e de entrada da água, os hábitos regionais, o número de pontos de consumo, a orientação dos painéis e a incidência de sombras. Januzzi (2000), menciona os esforços para conservação de energia ao mencionar que o país vem desenvolvendo esforços para conservar energia desde meados da década de 80, quando foram criados dois programas nacionais o Procel (Programa de Redução do Desperdício de Energia Elétrica - 1985) e o Conpet (Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural - 1991). Tais programas, no período, foram os mais expressivos na tentativa de atender a necessidade de controle da demanda de energia.

Bajay (2004), apresenta que desde 1998 os contratos de concessão das empresas concessionárias distribuidoras possuem cláusula determinativa para que mesmas invistam pelo menos 1% da ROL - Receita Operacional Líquida, em programas de eficiência energética e de P&D, com pelo menos 0,25% em programas de gerenciamento pelo lado da demanda e pelo menos 0,1% em atividades de P&D.

Entretanto, uma análise da literatura na área indica um número reduzido de pesquisas realizadas sobre viabilidade técnica e econômica para o uso da tecnologia em pauta. Segundo a Federação Brasileira dos Hospitais, no Brasil são 7.540 hospitais que juntos, dispõem de 503.225 leitos, nos quais a existência de sistemas de aquecimento solar é inferior a 1%, segundo a ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento).

Este trabalho busca responder a seguinte pergunta: Há viabilidade técnica e econômica para a implantação de sistemas de aquecimento solar em hospitais?

O estudo está organizado de forma a responder a essa pergunta, tendo, assim, como objetivo dimensionar o sistema de aquecimento solar para um hospital hipotético, em substituição ao sistema convencional, por meio do uso de informações do Atlas Solarimétrico do Brasil e método F-Chart, bem como calcular a viabilidade econômica a partir do VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e *payback*.

Ressalta-se a importância deste trabalho, uma vez que não existem ainda estudos sobre implementação de sistemas de aquecimento solar em hospitais para reduzir o consumo de energia elétrica com chuveiros. Nesse sentido, os resultados deste trabalho são essenciais para formulação de políticas públicas em programas de eficiência energética e P&D em hospitais do país.

Este trabalho está dividido em quatro seções, incluindo esta introdução. A seção 2 expõe, sucintamente, a metodologia adotada. A seção 3 dimensionar sistema de aquecimento solar para um hospital hipotético, em substituição ao sistema convencional e calcula a viabilidade econômica. Por fim, seção 4 traz as principais conclusões.

### 3. Metodologia

Os dados para mensurar o número de coletores necessários para atender a demanda diária de água quente para banho são do INMETRO e de normas da ABNT. Para assegurar a qualidade dos dados, foram adotados os procedimentos metodológicos expostos a seguir.

O presente trabalho buscou em bibliografias específicas a forma de dimensionamento de sistemas de aquecimento solar, bem como sua viabilidade econômica em hospitais. Os cálculos de dimensionamento e a dinâmica de funcionamento deste sistema são de BEZERRA (1990), do Manual de Capacitação em Projetos de Sistemas de Aquecimento Solar da ABRAVA e do Curso para Instaladores e Projetistas de Aquecimento Solar ministrado pela empresa fabricante de Aquecedores Solares SOLETROL. Foi utilizado o método f-chart para o cálculo da fração solar, e a partir desta, fez-se a escolha do sistema de apoio para auxiliar o atendimento da demanda total de água aquecida, sendo possível calcular o valor da economia real anual de energia elétrica.

Os cálculos de viabilidade econômica foram realizados a partir VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e *payback*.

### 4. Análise dos resultados

Para análise da viabilidade econômica no sistema de aquecimento solar, primeiramente foi realizada a análise das características técnicas do hospital, levantando o sistema de aquecimento de água em funcionamento, quantidade de leitos e localização geográfica. Considera-se para a análise técnica a Norma Brasileira de Instalação Predial de Água Quente – NB 7198 (ABNT), na qual está definido o consumo de litros de água aquecida por dia em 125 litros/leito.

Tabela 2: Dados de um hospital hipotético

<b>Dados do hospital hipotético</b>	
Localização	Campinas
Consumo (litros/dia) por leito – ABNT	125
Numero de leitos	410
Sistema atual	Energia elétrica

Fonte: Dados a partir dos dados do hospital hipotético

Para dimensionar um sistema de aquecimento solar, vários fatores devem ser considerados, tais como a insolação e a radiação solar média do local de instalação, a temperatura ambiente e de entrada da água, os hábitos regionais, o número de pontos de consumo, a orientação dos painéis e a incidência de sombras (BEZERRA, 1990).

Sendo assim, devem-se seguir alguns procedimentos para cálculo da quantidade de energia necessária para aquecer a água utilizada diariamente no hospital. O cálculo é feito, segundo Bezerra (1990), conforme a expressão a seguir:

$$\left. \begin{array}{l}
 Q = \text{quantidade de calor por unidade de tempo;} \\
 m = \text{fluxo de massa (volume de água/hora);} \\
 C_p = \text{calor específico da água;} \\
 \Delta t = (T_{\text{água}} - T_{\text{amb}});
 \end{array} \right\} Q = m.C_p.\Delta t \quad (1)$$

Na tabela abaixo é informada a quantidade de calor necessária para aquecer a água do hospital analisado.

Tabela 3 – Quantidade de calor para atender a demanda de água quente para banho.

Quantidade de Energia para Aquecer Água	
m (litros/dia)	51250
Cp (calor espec da água)	1000
T entrada (°C)	20
T saída (°C)	50
<b>Q (cal/dia)</b>	<b>1.537.500.000</b>
<b>Q (MJ/dia)</b>	<b>6.427</b>

Fonte: Cálculo a partir dos dados do hospital hipotético

Com a energia total calculada, pode-se obter a área total necessária de incidência solar e a quantidade de coletores. Para este último, foi escolhido o coletor a ser utilizado no projeto, conforme tabela abaixo:

Tabela 4 – Dados sobre o coletor escolhido

Dados - Fabricante de coletor solar	
Fabricante	Heliotek
Modelo	MC15C
Rendimento	60%
área (m <sup>2</sup> )	1,5
FR (τCαp)θ - INMETRO	0,744
FR UL (m <sup>2</sup> .°C) - INMETRO	5,825

Fonte: INMETRO

Para o cálculo da área total, foi utilizada a equação (2) e os dados de insolação e radiação solar média do Estado de São Paulo, obtidos do Atlas Solarimétrico do Brasil (2002) e Atlas de Irradiação Solar do Brasil (1998), sendo:

$$I_s = \frac{16MJ}{m^2.dia} = 382,77 \frac{cal}{cm^2.dia} \quad I_s = I_s = 5500 \frac{Wh}{m^2.dia} \quad S = \frac{Q}{I_s.\eta} \quad (2)$$

Tabela 5 – Área coletora necessária

Área Total dos Coletores	
I <sub>s</sub> (cal/cm <sup>2</sup> .dia)	382,77
Rendimento do coletor	0,6
Q (cal/dia)	1.537.500.000
área do coletor	1,5
<b>Área Coletora Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>669,46</b>
<b>Quantidade de coletores</b>	<b>446</b>

Fonte: Cálculo a partir dos dados do hospital hipotético

A partir dos cálculos demonstrados acima, pode-se concluir que serão necessários 446 coletores do modelo MC15C da empresa Heliotek. Segundo estrutura do hospital hipotético, será necessária a construção de uma área externa para a instalação do sistema proposto.

#### 4.1 Determinação da fração solar

A existência de dias de baixa insolação e radiação solar pode comprometer o rendimento dos coletores, e a utilização de um sistema de apoio para o aquecimento de água se fará necessário para, assim, manter constante a temperatura da água aquecida. Apresenta-se o cálculo de fração solar, que se refere ao dimensionamento do sistema de apoio ao sistema de aquecimento solar quando este não é capaz de suprir toda a energia demandada pelo hospital (DUFFIE e BECKMAN, 1991).

A fração solar é a relação entre a energia gerada pelo sistema de aquecimento solar e a energia total necessária para atender a demanda de água aquecida. Assim, para este cálculo, foi utilizada a metodologia f-chart de Beckman, Klein e Duffie, 1991.

$$f = \frac{Q_{SOLAR}}{Q_T} \quad (3)$$

F-chart:

$$X = \frac{A_C F_R U_L (T_{REF} - T_{amb}) \Delta t_{mês}}{Q_T} \quad (4)$$

$$Y = \frac{A_C F_R (\tau_c \alpha_p)_\theta H_T N_{mês}}{Q_T} \quad (5)$$

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 \quad (6)$$

Onde:

AC : área total de coletores solares, em m<sup>2</sup>;

FRUL : produto do fator de remoção e coeficiente global de perdas térmicas do coletor solar, expresso em W/m<sup>2</sup>.°C, calculado experimentalmente nos ensaios do PBE / INEMTRO;

TREF : temperatura de referência, considerada constante e igual a 100°C;

Tamb : temperatura ambiente média para o mês em questão, °C;

Δtmês : duração do mês, em segundos;

QT: demanda total de energia para aquecimento do volume de água (J/mês);

FR(τcαp): produto do fator de remoção, transmissividade do vidro e absorptividade da tinta dos coletores, para ângulo médio de incidência da radiação direta, expresso em W/m<sup>2</sup> °C. De modo geral, pode ser considerado igual a 96% do valor medido experimentalmente nos ensaios do PBE / INMETRO;

HT : radiação solar diária em média mensal incidente no plano do coletor por unidade de área, J/m<sup>2</sup>

Nmês: número de dias do mês

Para obter os valores de fração solar para cada mês do ano, foi realizada a pesquisa da incidência de radiação solar no local de instalação do sistema. Utilizando o atlas Solarimétrico do Brasil (2000). Para o presente trabalho foi utilizado os valores de HT da cidade de Campinas.

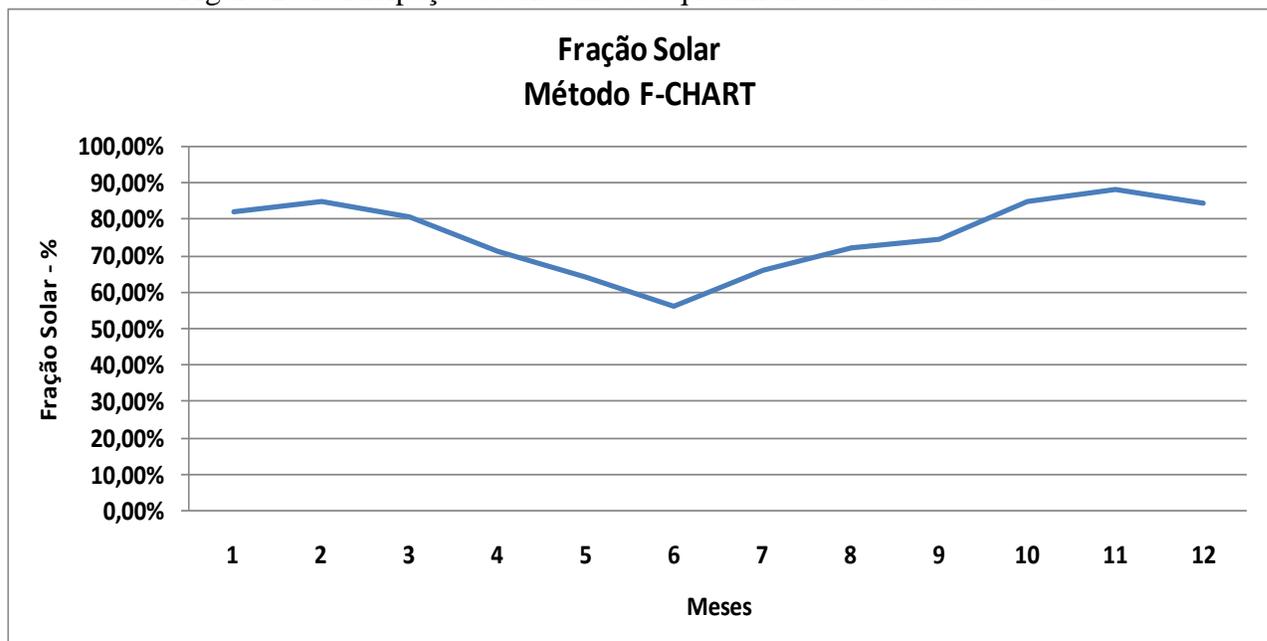
Tabela 6- Valores de fração solar para o sistema proposto.

MÊS	HT (KWh/m2.dia)	HT (J/m2.dia)	N (dias mês)	Qt (j/mês)	Y	X	Fração Solar Método F-CHART
Janeiro	5,33	19.188.000	31	199.229.250.000	1,487089890	4,194056096	81,82%
Fevereiro	5,56	20.016.000	28	179.949.000.000	1,551260748	4,194056096	84,60%
Março	5,22	18.792.000	31	199.229.250.000	1,456399479	4,194056096	80,44%
Abril	4,53	16.308.000	30	192.802.500.000	1,263886904	4,194056096	71,16%
Mai	4,06	14.616.000	31	199.229.250.000	1,132755151	4,194056096	64,15%
Junho	3,56	12.816.000	30	192.802.500.000	0,993253285	4,194056096	56,05%
Julho	4,19	15.084.000	31	199.229.250.000	1,169025636	4,194056096	66,15%
Agosto	4,58	16.488.000	31	199.229.250.000	1,277837091	4,194056096	71,88%
Setembro	4,75	17.100.000	30	192.802.500.000	1,325267725	4,194056096	74,25%
Outubro	5,58	20.088.000	31	199.229.250.000	1,556840823	4,194056096	84,83%
Novembro	5,86	21.096.000	30	192.802.500.000	1,634961868	4,194056096	88,05%
Dezembro	5,53	19.908.000	31	199.229.250.000	1,542890636	4,194056096	84,24%
<b>Média Anual</b>	<b>4,90</b>	<b>17.625.000</b>		<b>195.480.312.500</b>	<b>1,365955770</b>	<b>4,194056096</b>	<b>75,64%</b>

Fonte: Elaboração a partir da metodologia F-Chart

Na figura abaixo, pode-se observar a participação do sistema de aquecimento solar durante o ano.

Figura 2 - Participação do sistema de aquecimento solar durante o ano.



Fonte: Elaboração a partir da metodologia F-Chart

O valor médio anual da participação do sistema de aquecimento solar para banho é de 75,64%. O restante é suprido pelo sistema auxiliar que, neste trabalho, será o sistema de energia elétrica.

#### 4.2. Análise da viabilidade econômica do projeto

Neste capítulo, foi realizada a análise econômica do projeto, levantando o investimento inicial e a economia de energia com o sistema proposto. Para tanto, foi realizada uma comparação com o sistema em funcionamento no hospital (energia elétrica) e o sistema proposto de aquecimento solar para banho.

Para verificar a viabilidade econômica, foi utilizado o conceito de VPL (Valor Presente líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e *pay-back* do projeto.

##### Investimento inicial

Para esta fase do projeto, foram realizadas cotações com diversas empresas do mercado de aquecimento solar no Brasil. A partir dos valores fornecidos por 4 empresas, foi possível, por valor médio, estipular o investimento inicial para o projeto.

O custo inicial do projeto está baseado nos equipamentos necessários para atender a demanda de água quente para banho do hospital hipotético na cidade de Campinas.

Tabela 7 – Valor médio dos materiais para investimento inicial

Materiais para projeto	Quantidade	Custo	Valor Total
Reservatório ( 5000 litros)	10	R\$ 12.000,00	R\$ 120.000,00
Coletores	446	R\$ 350,00	R\$ 156.207,82
Material Hidráulico	2	R\$ 25.000,00	R\$ 50.000,00
Painel de Comando	2	R\$ 3.000,00	R\$ 6.000,00
Bomba de circulação	4	R\$ 350,00	R\$ 1.400,00
Isolamento térmico para tubulação	2	R\$ 2.000,00	R\$ 4.000,00
Material para Construção Civil	2	R\$ 5.000,00	R\$ 10.000,00
Mão De Obra	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 362.607,82</b>

Fonte: Fabricantes de sistemas de aquecimento solar

O investimento inicial de R\$ 362.607,82 envolve o custo dos equipamentos, mão de obra e o custo da construção da estrutura externa para a implantação do sistema.

##### Comparação: sistema atual x sistema proposto

Para a análise da economia de energia do sistema de aquecimento solar, são utilizadas algumas premissas importantes, indicadas na tabela abaixo:

Tabela 8 – Premissas adotadas

PREMISSAS	
Consumo de Água (litros/dia)	51250
Custo Manutenção e Operação ( mensal)	R\$ 50,00
Investimento Inicial	R\$ 362.607,82
Tarifa ponta - Consumo (R\$/kWh)	R\$ 0,21665
Tarifa fora Ponta - Consumo (R\$/kWh)	R\$ 0,13419
Tarifa ponta - Demanda (R\$/kW)	R\$ 0,01355
Tarifa fora Ponta - Demanda (R\$/kW)	R\$ 0,00173
Fator de carga	0,50

Fonte: Dados obtidos a partir de fabricantes de aquecimento solar e concessionárias de energia elétrica.

Com base nas premissas apresentadas e cálculo da fração solar, levantou-se a economia de energia mensal com o sistema de aquecimento solar. Com este resultado, foi possível obter a economia de energia anual com a implantação do projeto e comparar o custo da energia com o sistema atual e o proposto.

Para cálculo do custo de energia elétrica, foi utilizada a equação abaixo:

$$\text{Custo (R\$)} = (\text{ConsPonta}) \times (\text{TCponta}) \times (\% \text{Cponta}) + (\text{ConsFPonta}) \times (\text{TCFponta}) \times (\% \text{CFponta}) + (\text{DemPonta}) \times (\text{TDponta}) \times (\% \text{Dponta}) + (\text{DemFPonta}) \times (\text{TDFponta}) \times (\% \text{DFponta}) \quad (7)$$

Onde:

Custo(R\$) – Custo total com energia elétrica

ConsPonta – Consumo de energia no horário de ponta

TCponta – Tarifa de consumo de energia no horário de ponta

%Cponta – Porcentagem de consumo mensal no horário de ponta

ConsFPonta – Consumo de energia fora do horário de ponta

TCFponta – Tarifa de consumo de energia fora do horário de ponta

%CFponta – Porcentagem de consumo mensal fora do horário de ponta

DemPonta – Demanda no horário de ponta

TDponta – Tarifa de demanda no horário de ponta

%Dponta – % da demanda no horário de ponta

DemFPonta – Demanda fora do horário de ponta

TDFponta – Tarifa da demanda fora do horário de ponta

%DFponta – Porcentagem da demanda fora do horário de ponta

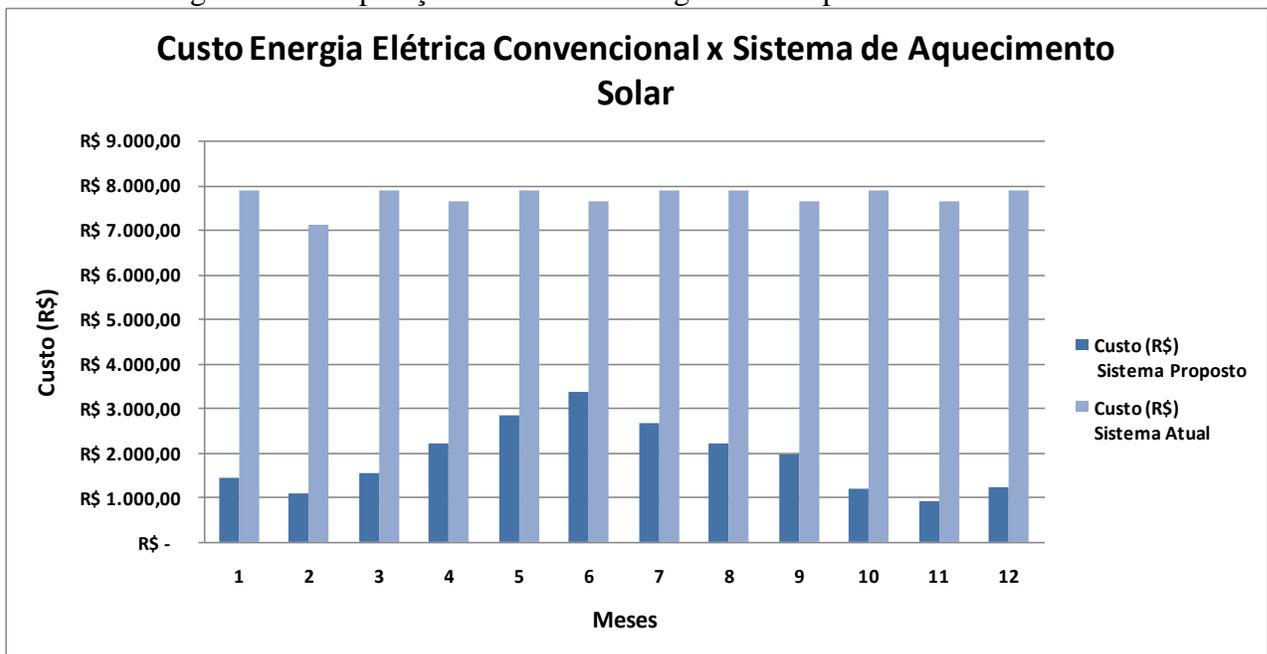
Na tabela e no gráfico abaixo é demonstrada a comparação do custo de energia elétrica para os dois sistemas:

Tabela 9 - Comparação do custo de energia elétrica para os dois sistemas

MÊS	HT (KWh/m2.dia)	Qt (kWh/mês)	Demanda (kW/Mês)	Fração Solar Método F-CHART	Custo (R\$) Sistema Proposto	Custo (R\$) Sistema Atual	Diferença
Janeiro	5,33	55.341	148,767	81,82%	R\$ 1.433,73	R\$ 7.884,89	R\$ 6.451,16
Fevereiro	5,56	49.986	148,767	84,60%	R\$ 1.096,91	R\$ 7.122,06	R\$ 6.025,15
Março	5,22	55.341	148,767	80,44%	R\$ 1.542,04	R\$ 7.884,89	R\$ 6.342,85
Abril	4,53	53.556	148,767	71,16%	R\$ 2.200,44	R\$ 7.630,61	R\$ 5.430,17
Mai	4,06	55.341	148,767	64,15%	R\$ 2.826,45	R\$ 7.884,89	R\$ 5.058,44
Junho	3,56	53.556	148,767	56,05%	R\$ 3.353,89	R\$ 7.630,61	R\$ 4.276,72
Julho	4,19	55.341	148,767	66,15%	R\$ 2.669,02	R\$ 7.884,89	R\$ 5.215,87
Agosto	4,58	55.341	148,767	71,88%	R\$ 2.217,62	R\$ 7.884,89	R\$ 5.667,27
Setembro	4,75	53.556	148,767	74,25%	R\$ 1.964,95	R\$ 7.630,61	R\$ 5.665,66
Outubro	5,58	55.341	148,767	84,83%	R\$ 1.195,77	R\$ 7.884,89	R\$ 6.689,12
Novembro	5,86	53.556	148,767	88,05%	R\$ 912,02	R\$ 7.630,61	R\$ 6.718,59
Dezembro	5,53	55.341	148,767	84,24%	R\$ 1.242,47	R\$ 7.884,89	R\$ 6.642,42
<b>Média Anual</b>	<b>4,90</b>	<b>54.300</b>	<b>148,767</b>	<b>75,64%</b>	<b>R\$ 1.887,94</b>	<b>R\$ 7.736,56</b>	<b>R\$ 5.848,62</b>

Fonte: Elaboração própria

Figura 3 - Comparação do custo de energia elétrica para os dois sistemas



Fonte: Elaboração própria

Conclui-se, com o estudo acima, que a economia anual com a implantação do sistema de aquecimento solar para atender a demanda anual de água quente para banho é de R\$ 70.183,42.

### Fluxo de caixa para o projeto.

A seguir, com todas as análises de custos e o retorno financeiro do projeto levantado, foi elaborado o fluxo de caixa para 20 anos (tempo de vida útil do sistema).

Foi utilizado o índice IGP-M / FGV (Índice Geral de Preços ao Mercado/Fundação Getúlio Vargas) de inflação e considerada a SELIC (Serviço Especial de Liquidação e Custódia)

como taxa mínima de atratividade (TMA) de 13,75%. Esta última foi deflacionada, encontrando-se o valor real 7,36%.

Tabela 10 – Fluxo de caixa do projeto

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
<b>Investimento</b>	-362608										
Fator de Inflação do período	1,0595	1,0421	1,0317	1,0245	1,0287	1,0350	1,0403	1,0436	1,0459	1,0401	
<b>Renda</b>	70183 72.411 74.187 76.318 78.989 82.170 85.751 89.690 93.288										
Fator de Inflação Acumulada Meia Taxa	1,0000	1,1050	1,1406	1,1545	1,1852	1,2230	1,2690	1,3222	1,3814	1,4408	
<b>Fluxo de caixa - REAL</b>	-362608 63.515 63.486 64.260 64.391 64.587 64.752 64.855 64.928 64.747										
Revisão Tarifária de Energia (taxa ao ano)	0,00985										
<b>Fluxo de caixa - REAL</b>	-362608 64.141 64.743 66.178 66.967 67.833 68.676 69.462 70.226 70.720										
Taxa de Desconto Real (no período) => TMA	7,36%										
<b>Valor presente (Dez 2008)</b>	-362608 59.743 56.171 53.479 50.407 47.558 44.848 42.252 39.789 37.322										
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
<b>Investimento</b>											
Fator de Inflação do período	1,0446	1,0494	1,0525	1,0471	1,0432	1,0428	1,0413	1,0280	1,0280	1,0280	1,0280
<b>Renda</b>	97.450 102.266 107.630 112.696 117.560 122.590 127.653 131.233 134.913 138.696 142.585										
Fator de Inflação Acumulada Meia Taxa	1,5018	1,5725	1,6525	1,7348	1,8130	1,8909	1,9704	2,0387	2,0959	2,1547	2,2151
<b>Fluxo de caixa - REAL</b>	64.887 65.036 65.130 64.963 64.842 64.830 64.784 64.370 64.370 64.370 64.370										
Revisão Tarifária de Energia (taxa ao ano)											
<b>Fluxo de caixa - REAL</b>	71.572 72.443 73.262 73.794 74.383 75.102 75.788 76.046 76.795 77.552 78.316										
Taxa de Desconto Real (no período) => TMA											
<b>Valor presente (Dez 2008)</b>	35.182 33.169 31.244 29.314 27.522 25.883 24.329 22.738 21.388 20.118 18.923										

Fonte: Elaboração própria

Os valores de economia de energia foram inflacionados de acordo com os valores de inflação projetados até o ano de 2028. (Fonte: Projeções da LCA Consultoria)

Para obter os valores reais, estes foram deflacionados segundo a taxa de inflação média anual projetada. Foi levada em consideração a revisão tarifária para os próximos de 0,985% aa.

Para obter os valores presentes para cada ano, foi utilizada a TMA REAL (deflacionada) de 7,36 %. A equação para cálculo dos valores presentes para o fluxo de caixa está indicada abaixo:

$$V_p = V_f / (1 + iTMA)^n \quad (8)$$

Onde:

Vf = Valor futuro;

Vp = Valor presente;

ITMA = Taxa mínima de atratividade (utilizou-se a taxa SELIC deflacionada);

n = Quantidade de anos;

## Cálculo de viabilidade

Para analisar se o projeto é viável economicamente, foram considerados o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o *payback* simples.

Para que um projeto seja considerado economicamente viável, é necessário que o VPL seja maior que zero e que a TIR seja superior à taxa mínima de atratividade.

Tabela 11 – Viabilidade econômica

<b>Resultados - Viabilidade Econômica</b>	
Volume diário de água quente - l/dia	51.250
Temperatura do reservatório (°C)	50
Energia Convencional	Energia Elétrica
Reajuste anual da Energia Elétrica	0,985 % a.a.
Fração solar média	75,64%
<b>VPL (20 anos)</b>	<b>R\$ 358.771</b>
<b>TIR NOMINAL (20 anos)</b>	<b>25,15%</b>
<b><i>Payback</i> simples (Anos)</b>	<b>8,25</b>

Fonte: Elaboração própria

Análise de viabilidade econômica segundo investimento com programas de eficiência energética

### Análise de viabilidade econômica – Concessionária de Energia

Pela visão financeira, não é economicamente viável para a concessionária de energia fazer este investimento, pelo fato de desembolsar o investimento e, a partir deste, faturar menos, ou seja, perde e perde. Agora, pela regulação do setor elétrico, as concessionárias de energia elétrica são obrigadas a desembolsar 1% de sua receita operacional líquida (ROL) com programas de eficiência energética. E, nesta visão, sim, como uma contribuição à sociedade, seria interessante o investimento por parte da concessionária de energia elétrica.

### Análise de viabilidade econômica

Para o hospital seria um benefício participar deste projeto pelo programa de eficiência energética, pelo fato de só ganhar. Ganharia o investimento, suas instalações seriam modernizadas para um sistema mais moderno e ecologicamente correto e ainda economizaria com custo da energia elétrica.

## 5. Conclusão

A substituição do chuveiro elétrico por um sistema de aquecimento solar para atender a demanda de água quente diária de um hospital hipotético na cidade de Campinas/SP, demonstra-se incapaz de gerar sozinho toda a quantidade de energia necessária para atender o consumo de água quente de seus leitos. É necessária a existência de um sistema de apoio convencional que, neste trabalho, foi a energia elétrica. A participação da energia solar na geração total depende da

fração solar, um índice que varia de acordo com a localização do projeto e utiliza em seu cálculo valores de temperatura ambiente e radiação solar local.

A relação entre o volume do reservatório e área coletora, bem como entre a temperatura do reservatório e o número de coletores é muito importante no dimensionamento do sistema solar, pois requererá mais ou menos energia do sistema auxiliar e, conseqüentemente, poderá gerar maior ou menor economia para o projeto.

A utilização de uma linha de financiamento pelo empreendedor alavanca o projeto e melhora sua rentabilidade.

A taxa de reajuste aplicada anualmente às tarifas de energia elétrica impacta a rentabilidade do projeto.

O aumento da taxa interna de retorno acarreta a redução do VPL.

A economia anual de energia elétrica com o sistema de aquecimento solar implantado é de R\$ 70.183,00. É importante ressaltar que tal valor representa a redução do faturamento da concessionária de energia elétrica. O presente trabalho indica a aquisição, por parte do hospital ou um de investidor, do sistema proposto e, posteriormente, a venda dos serviços de fornecimento de água quente, cobrando-se o valor equivalente ao custo da energia elétrica economizada.

Portanto, de acordo com as análises realizadas, o sistema de aquecimento solar para banho demonstra ser viável para hospitais.

## 6. Bibliografia

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira de Instalação Predial de Água Quente – NB 7198/82;
- \_\_\_\_\_. Norma Brasileira de Execução de Instalações de Sistemas de Energia Solar que utilizam coletores solares planos para aquecimento de água– NBR 12269;
- ABRAVA – Manual de Capacitação em Projetos de Sistemas de Aquecimento Solar (2007);
- ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Brasília, 2003.
- BAJAY, S.V. “Formulação de políticas públicas, planejamento e regulação no setor energético”, Unicamp, 2004a.
- BEZERRA, A. M., Aplicações Práticas da Energia Solar, São Paulo: Nobel, 1990;
- DUFFIE, J. A., BECKMAN W. A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, INC, 2ª Edição, 1991;
- HELIOTEK, [www.heliotek.com.br](http://www.heliotek.com.br), 2008;
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). <<http://www.inmetro.com.br>>. Acesso em Out. 2008;
- JANNUZZI, G.M. 2000. Políticas Públicas para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado. Campinas, FAPESP/Editora Autores Associados, 2000.
- JANNUZZI, G. M. *Power Sector Reforms in Brazil and its Impacts on Energy Efficiency and Research and Development Activities. Energy Policy*, v. 33, p. 1753-1762, 2005.
- KAPLAN, S. *Energy Economics – Quantitative methods for energy and environmental decisions*. McGraw Hill, Nova York, 1983.
- SILVA, E.P., Notas de Aula: Fontes Renováveis de Energia. Unicamp, 2008;
- SOLETROL, [www.soletrol.com.br](http://www.soletrol.com.br), 2008;
- WALTER, Arnaldo. Notas de Aula: Economia de Energia II. Unicamp 2008;
- UFPE. Atlas Solarimétrico do Brasil. Recife.Ed. Universitária. 2002