

**AQUECEDOR SOLAR EM SUBSTITUIÇÃO  
AO CHUVEIRO ELÉTRICO**

**FRANCISCO RODRIGUES PATTO**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009**

**FRANCISCO RODRIGUES PATTO**

**AQUECEDOR SOLAR EM SUBSTITUIÇÃO  
AO CHUVEIRO ELÉTRICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia para a obtenção do título de especialização.

Orientador  
Prof. Carlos Alberto Alvarenga

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009**

**FRANCISCO RODRIGUES PATTO**

**AQUECEDOR SOLAR EM SUBSTITUIÇÃO  
AO CHUVEIRO ELÉTRICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia para a obtenção do título de especialização.

APROVADA em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. Carlos Alberto Alvarenga  
UFLA  
(Orientador)

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009**

Dedico este trabalho à minha esposa Kátia Patto pelo apoio e incentivo dispensados a todo o momento e aos meus filhos Guilherme Patto e Lígia Patto presentes sempre, mesmo que para cobrar atenção.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela dádiva da vida .

Ao meu orientador, Prof. Carlos Alberto Alvarenga, pela atenção dispensada no decorrer do trabalho e pela capacidade de partilhar seus conhecimentos.

Ao Prof. Gilmar Tavares, Coordenador do curso FAE, pela capacidade de compreensão.

Ao engenheiro Fernando Queiróz , pela disponibilização de dados necessários ao desenvolvimento do trabalho.

Ao engenheiro Raimundo Queiroga, pelo incentivo e apoio constantes.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	ii
RESUMO .....	iv
1 -INTRODUÇÃO .....	1
2 – REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 - Conceito energético.....	3
2.2 - Energia Solar.....	6
2.3 - Aproveitamento da Energia Solar .....	9
2.4 – Coletor Solar Plano .....	10
2.4.1- <i>Funcionamento de um Coletor Solar Termo-sifão</i> .....	11
2.4.2- <i>Vantagens do Uso de Aquecimento Solar</i> .....	12
2.5 - Chuveiro Elétrico .....	12
2.6 - Porque Utilizar Aquecimento Solar no Brasil .....	16
2.6.1- <i>Incentivo ao Uso de Aquecedor Solar</i> .....	19
3 – METODOLOGIA .....	22
3.1 - Contexto Local .....	22
3.2 - Consumo Energético do Bairro Residencial de Parauapebas .....	23
3.3 - Cálculo Teórico da Potência do Chuveiro Elétrico .....	25
3.3.1 - <i>Consumo teórico de energia</i> .....	26
3.3.2 - <i>Consumo real de energia para aquecer a água até 38°</i> .....	27
3.3.3 - <i>Cálculo pela potência informada no aparelho</i> .....	28
3.4 - Cálculo da Área do Coletor Solar .....	29
3.5 - Projeto Básico do Aquecedor Solar .....	31
3.6 - Estudo de Viabilidade Econômica .....	36

<b>3.6.1 -Critérios para Análise do Projeto de Investimento .....</b>	<b>36</b>
<b>3.7 -Análise de Viabilidade Econômica do Projeto .....</b>	<b>38</b>
<b>4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>44</b>
<b>5 – REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>
<b>6 – ANEXOS .....</b>	<b>47</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Etapas do Projeto de Eficiência Energética .....	5
TABELA 2- Etapas de Transformação da Energia.....	6
TABELA 3 – Consumo Mensal por Padrão de Imóveis.....	24
TABELA 4- Temperatura média no inverno e verão.....	25
TABELA 5 – Potência mínima necessária para elevar a temperatura da água...26	
TABELA 6 – Potência mínima média.....	26
TABELA 7 – Média de moradores por residência.....	26
TABELA 8 – Número de banhos por morador.....	27
TABELA 9 - Valores Médios Praticados.....	29
TABELA 10 – Consumo de água.....	29
TABELA 11– Estimativa de Orçamento do Sistema – Casas 3 Quartos.....	34
TABELA 12 – Estimativa de Orçamento do Sistema – Casas 2 Quartos.....	34
TABELA 13– Viabilidade Econômica – Sob Ótica Geral (1272 residências... 38	
TABELA 14 – Viabilidade Econômica – Sob Ótica individual (1272 residências).....	39
TABELA 15 – Viabilidade Econômica –Ótica individual, casas tipo G, J, L... 39	
TABELA 16 – Viabilidade Econômica –Ótica individual, casas tipo K, I.....	40
TABELA 17 – Análise Comparativa .....	41

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Atenuação da radiação solar ao atravessar a atmosfera terrestre.....	7
FIGURA 2- Representação das estações do ano e do movimento da terra em torno do sol.....	8
FIGURA 3 - Média anual de insolação diária no Brasil ( horas ).....	8
FIGURA 4 - Detalhe construtivo do coletor solar.....	10
FIGURA 5- Detalhe construtivo de um aquecedor tipo termo-sifão.....	11
FIGURA 6 - Chuveiro elétrico fabricado por Vicente Busatto & Filhos Ltda., em Jundiaí, em 1927.....	13
FIGURA 7- Chuveiro elétrico fabricado pela Indústria Sintex Ltda, na década de 1940.....	14
FIGURA 8- Primeiro chuveiro elétrico automático fabricado pela Lorenzetti..	14
FIGURA 9- Cronologia da evolução dos chuveiros elétricos .....	15
FIGURA 10- Curva de Demanda Desagregada por Setor da Economia.....	17
FIGURA 11 - Consumo de Energia do Bairro de Parauapebas.....	23
FIGURA 12 - Consumo de Energia x Valor Pago.....	24
FIGURA 13 – Consumo Energético por Padrão de Imóvel.....	24
FIGURA 14 – Média de Consumo de Energia por Imóvel.....	25
FIGURA 15– Planta baixa das casas de três quartos.....	31
FIGURA 16– Planta baixa das casas de dois quartos.....	32
FIGURA 17 - Isométrico para casas de três quartos.....	33
FIGURA 18 - Isométrico para casas de dois quartos.....	33

FIGURA 19 – Comparativo do VPL.....	41
FIGURA 20 – Comparativo da TIR.....	42
FIGURA 21 - Comparativo do <i>Pay Back</i> Simples.....	42
FIGURA 22 – Comparativo do <i>Pay Back</i> Descontado.....	43

## RESUMO

PATTO, Francisco Rodrigues. **Aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais\*.

A busca por formas alternativas de energia vem sendo alvo de muitas pesquisas tecnológicas e a necessidade de divulgação, orientação e conscientização das pessoas é o objetivo principal deste trabalho. O desenvolvimento de tecnologias em benefício do uso das fontes renováveis está crescendo dia a dia e como forma de mitigar os vários impactos provocados pelo uso de energias não renováveis, soluções práticas e de domínio público vêm sendo exploradas, a exemplo da energia solar no aquecimento de água para consumo doméstico. Através de conceitos, idéias e soluções práticas, como o aquecedor solar, podemos contribuir muito na manutenção da qualidade de vida das pessoas, agregando valor ao sistema energético sem prejudicar o meio ambiente. Este trabalho visa, além da divulgação de técnicas disponíveis no mercado para uso da energia solar, a quebra de conceitos negativistas e orientação quanto a viabilidade econômica em se fazer investimentos com retorno previsto ao longo do tempo.

Palavras-chave: fontes renováveis, mitigar impactos, viabilidade econômica

\*Orientador: Prof. Carlos Alberto Alvarenga

## **1- INTRODUÇÃO**

Energia renovável é um dos temas que mais tem se destacado no atual cenário mundial. O crescente aumento das fontes energéticas poluidoras, o aquecimento global e os impactos ambientais estão se tornando motivo de intensa preocupação, pois a vida contemporânea é extremamente dependente de uma imensa quantidade de energia para manter seu ciclo. Diante da carência energética mundial, a preocupação por alternativas que possam suprir as necessidades vitais com menor impacto ambiental estão se tornando motivo de maior discussão e aplicabilidade nos mais diversos setores consumistas mundiais.

Sabe-se que a energia mais barata é aquela que não consumimos uma vez que os impactos causados aos nossos recursos naturais estão diretamente relacionados ao uso ineficiente da energia. O Brasil necessita de uma mudança cultural urgente e para entendermos este fato será fundamental priorizarmos uma lei natural, ou seja, o uso da energia solar para aquecimento da água que não degrada o meio ambiente. Utilizar e perpetuar o uso de energia elétrica para aquecimento de água no Brasil se torna cada vez mais inadequado, principalmente diante dos desafios da sustentabilidade. Assim, é importante compreender este argumento e aceitar que as economias futuras somente serão sustentáveis se houver o pleno resgate do aproveitamento natural dos recursos solares.

Sendo assim, quanto mais esclarecida for a população, mais fácil será seguir um caminho de mudanças significativas e proveitosas. Com o aumento das catástrofes provocadas pelo aquecimento global, causadas principalmente pela queima de combustíveis fósseis, algumas formas de geração energética devem ser modificadas urgentemente.

O sol é uma fonte limpa de energia que não polui o meio ambiente, assim não existe nenhum impacto ambiental associado ao processo de geração, transformação e distribuição da energia quando a opção é o aquecedor solar.

Para a maioria dos consumidores o investimento financeiro inicial é o grande diferencial na hora de decidir (ou não) pela substituição dos chuveiros elétricos. Isto se deve ao desconhecimento e falta de orientação para analisar o custo benefício em longo prazo.

Desta forma, este trabalho propõe o aumento de conhecimento que irá ajudar na defesa do uso de energias renováveis.

## **2- REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1- Conceito Energético**

Segundo prof. Fábio Moreira da Silva - UFLA, podemos conceituar energia como sendo algo consumido quando se realiza Trabalho, portanto, qualquer coisa que esteja pronta para trabalhar possui energia.

As sociedades humanas são altamente dependentes da utilização de energias para sua subsistência e ao longo do tempo foram desenvolvidos vários processos de produção, transporte e armazenamento de energia.

O consumo de energia no mundo se resume na grande maioria, pelas fontes energéticas tradicionais como a hidráulica, petróleo, carvão mineral e gás natural. As principais formas de produção de energia são os combustíveis fósseis, hidráulica, nuclear, eólica, solar e geotérmica, classificadas nos processos de transformação como energia mecânica, energia potencial, energia cinética, energia química, energia nuclear, energia eletromagnética e energia radiante.

Os combustíveis fósseis são os grandes responsáveis pelos efeitos do aquecimento global que por sua vez estão trazendo desequilíbrios maléficos ao ecossistema terrestre. Por se tratar de formas de energia não renováveis e poluidoras esta condição tem desencadeado uma série de pesquisas tecnológicas para uso de formas alternativas renováveis.

A crescente demanda pelo uso de energia dos combustíveis fósseis trouxe uma enorme concorrência em distribuição que se reverte em aumento de preços. Devido este rápido crescimento dos preços, o homem tem buscado constantemente suprir esta demanda através do desenvolvimento de técnicas para aproveitamento energético, principalmente das formas alternativas.

Entendido o conceito energético, faz-se necessário discorrer sobre a Termodinâmica que é fundamentada nos estudos das relações entre calor,

temperatura, trabalho e energia; e trata o comportamento geral dos sistemas físicos em condição de equilíbrio ou próximas deste, ou seja, abrange as possibilidades de obtenção, conversão e utilização das formas de energia.

De acordo com a primeira lei da Termodinâmica - a conservação de energia, e a segunda lei - a entropia de um sistema isolado tende a um máximo (possibilidade de converter calor em trabalho), pode-se fazer referência a eficiência energética de um processo mensurável em termos da primeira e segunda lei. Desta maneira, tratando os processos e formas de conversão de energia para realizar trabalho, os físicos introduziram o conceito de Entropia que trata da desordem da matéria (desorganização interna do sistema) e a Exergia, que é a máxima capacidade de um fluxo de energia para produzir trabalho; quantifica o potencial de causar mudança.

Exergia não é só um parâmetro de avaliação termodinâmica mas, também, de otimização. Um processo é termodinamicamente ideal se a exergia se conserva, conseqüentemente, perda de exergia ou irreversibilidade, como é denominada, significa distanciamento do ideal e do ótimo. Desta maneira, a otimização de um processo termodinâmico implica não exatamente na análise pela conservação de energia (1ª Lei), mas pelo grau de destruição de exergia (1ª e 2ª Lei, juntas). Vem daí que, num determinado processo, o objetivo técnico-econômico não é o de se determinar as "perdas" de energia (até porque energia não se perde) mas as perdas ou destruição de exergia (e esta, sim, se perde, isto é, perda de exergia = irreversibilidade); determinar as fontes e as magnitudes das perdas de exergia é, em última análise, quantificar as perdas de capital. É importante mencionar, ainda, que perdas de exergia (ou irreversibilidade) ocorrem em processos, tais como, de transferência de calor (condução, convecção e radiação), variação de pressão (atrito, expansão, compressão) e reações rápidas, tais como combustão. (CORTEZ, 2000).

Quando se aplica uma quantidade de energia em um processo qualquer, parte desta energia é perdida para o meio ambiente, assim nem toda energia pode ser aproveitada, desta forma pode-se falar em eficiência energética, ou seja, a razão entre o esforço empregado em algo e o resultado alcançado (uma lâmpada transforma a eletricidade em luz e calor, por exemplo). Como o objetivo da

lâmpada é iluminar, uma medida da sua eficiência é obtida dividindo a energia da luz pela energia elétrica usada pela lâmpada. O melhor saldo é encontrado quando conseguimos produzir a mesma atividade com o mínimo de recurso, tempo ou energia. Atingir a eficiência energética pode ser traduzido em reduzir ao máximo o consumo de energia e poder realizar o mesmo trabalho, o que pode ser obtido através da otimização, tanto dos equipamentos como dos processos.

Nos processos industriais, há uma constante necessidade de transformações energéticas: química em térmica, elétrica em mecânica, elétrica em luminosa, e estas transformações são realizadas por equipamentos específicos tais como geradores, motores, lâmpadas e caldeiras. Na hora de adquirir estes equipamentos é de suma importância a escolha por equipamentos que permitam ajuste minimizando o consumo energético, assim como em qualquer processo, objetivando o melhor aproveitamento energético disponível, ou seja, buscar a melhor eficiência energética.

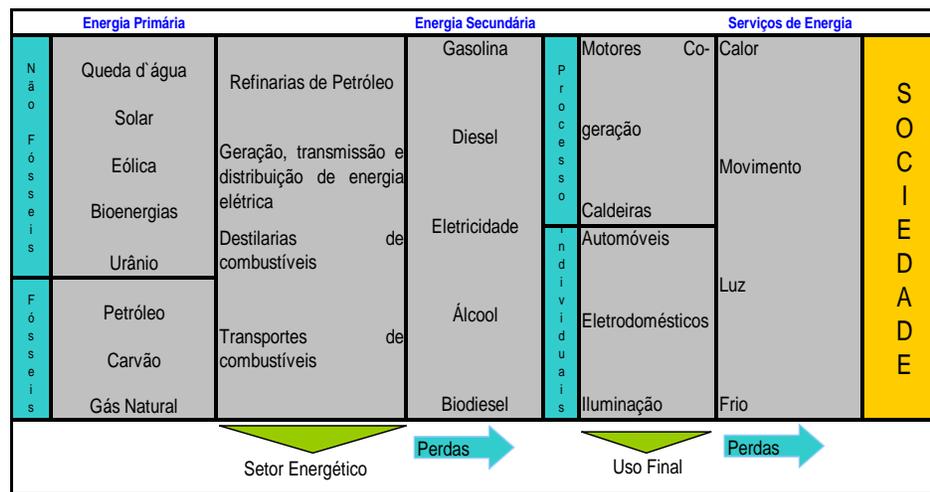
TABELA 1- Etapas do Projeto de Eficiência Energética

<b>Etapas do Projeto de Eficiência Energética</b>		
<b>Etapa 1</b>	<b>Etapa 2</b>	<b>Etapa 3</b>
<b>Auditoria</b>	<b>Diagnóstico</b>	<b>Projeto</b>
Identificação de oportunidades de redução de consumo	Identificação da redução do consumo, economia e investimento necessário	Elaboração do projeto
<b>Etapa 4</b>	<b>Etapa 5</b>	<b>Etapa 6</b>
<b>Planejamento</b>	<b>Implantação</b>	<b>Verificação</b>
Planejamento do projeto	Implantação do projeto	Verificação da redução de consumo

O uso da energia nas sociedades passa por etapas de processamento, desde o estágio em que é encontrada na natureza “energia primária” até a distribuição para as partes interessadas como luz, movimento ou calor. Neste processo a energia primária passa por transformações até ser apresentada sob

diversas formas, percorrendo os vários setores da economia. Vale lembrar que os efeitos se multiplicam à medida que a energia vai migrando por todos os setores da economia.

TABELA 2- Etapas de Transformação da Energia

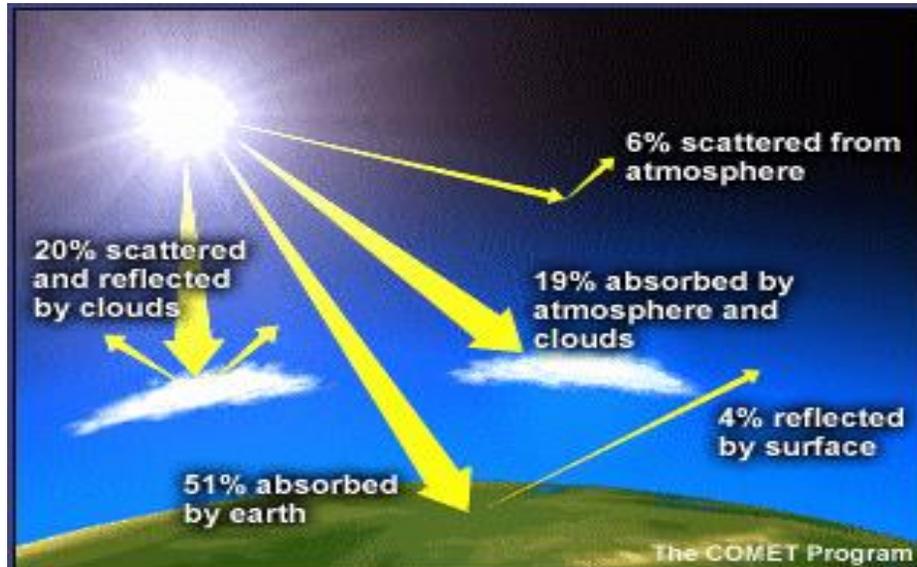


Fonte: Boletim de circulação interna VALE

## 2.2- Energia Solar

Segundo prof. Carlos Alberto Alvarenga – UFLA/FAEPE, 2006 a energia solar (térmica e luminosa) é considerada uma fonte limpa e renovável, não acaba e não polui o meio ambiente. Esta energia é responsável por praticamente todos os recursos energéticos disponíveis na Terra, ou seja, a energia armazenada pelas plantas por meio da fotossíntese, as modernas hidrelétricas cujas represas são abastecidas graças ao ciclo das águas, os geradores eólicos alimentados pelos ventos que são produzidos pelas diferenças de temperatura da atmosfera e os combustíveis fósseis gerados a partir de resíduos orgânicos de tempos primitivos são exemplos incontestáveis de nossa dependência energética do sol.

A energia solar gerada no núcleo do Sol, através de reações de fusão nuclear, se propaga por radiação (ondas eletromagnéticas) até atingir a atmosfera terrestre, ocorrendo a difusão e propagação das ondas até atingir a superfície da Terra. O fluxo de energia radiante que incide normalmente ao plano de uma superfície colocada fora da atmosfera terrestre é de  $1370 \text{ W/m}^2$  segundo Duffie e Beckman. Ao atravessar a atmosfera, parte dos raios mantêm sua direção original até atingir o solo (radiação solar direta) e o restante espalha, sendo absorvido e refletido na atmosfera por ação das nuvens, ozônio, vapor de água, dióxido de carbono ( radiação solar difusa ). Ver figura 1.



Fonte : <http://www.ucar.edu/learn>

FIGURA 1- Atenuação da radiação solar ao atravessar a atmosfera terrestre.

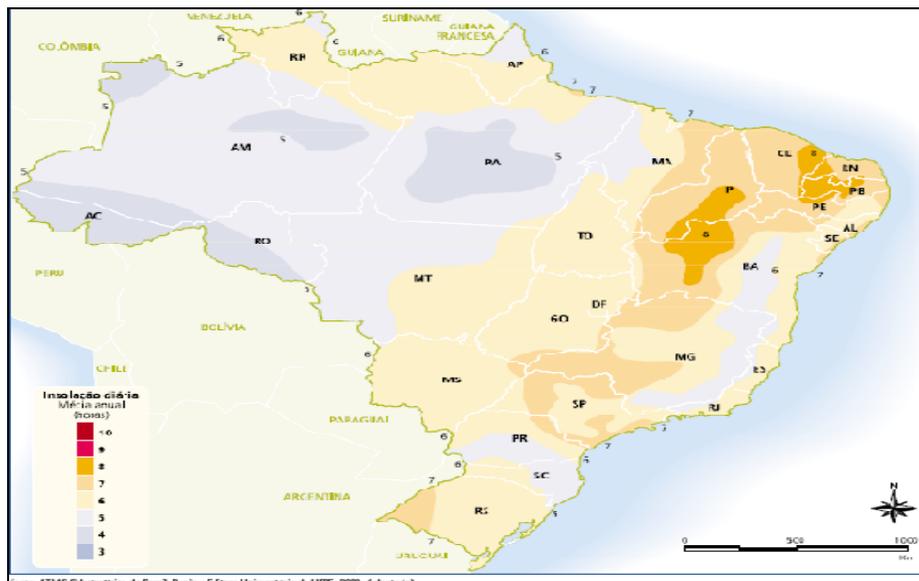
A radiação solar sofre variações ano a ano, sazonais e diárias, portanto a energia solar sofre uma distribuição desigual pela superfície da Terra, sendo fundamental entender o movimento de translação. Este fenômeno se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e a trajetória elíptica que ela descreve ao redor do Sol

(translação). Desse modo a duração solar ou insolação diária varia em algumas regiões e períodos do ano. Ver figura 2 e figura 3.



Fonte: MAGNOLI, D.; SCALZARETTO, R. Geografia, espaço, cultura e cidadania. São Paulo: Moderna, 1998.

FIGURA 2- Representação das estações do ano e do movimento da terra em torno do sol



Fonte: (ANEEL, 2006)

FIGURA 3 - Média anual de insolação diária no Brasil (horas)

### **2.3- Aproveitamento da Energia Solar**

A radiação solar pode ser utilizada como fonte de energia térmica, aquecimento de água, aquecimento de ambientes, energia luminosa, geração de energia mecânica e energia elétrica, destacando neste caso, os fenômenos termoelétricos e fotovoltaicos.

O uso da energia solar para aquecimento de água se dá por meio de coletores ou concentradores solares. Os coletores solares são muito utilizados em ambientes residenciais e comerciais para aquecimento de água e os concentradores solares em locais que necessitam de maiores temperaturas no meio industrial e rural. Nos casos de geração elétrica, utilizam-se dos fenômenos fotovoltaico (semicondutores de silício enriquecido) e termoelétrico pela diferença de potencial gerada pela junção de dois metais em condições específicas.

No Brasil a energia solar ainda é pouco explorada com maior crescimento no comércio dos coletores solares e mercado muito disperso nos casos de células elétricas, apresentando destaque para áreas remotas, principalmente a região nordeste. Este método de geração ainda tem um preço elevado comparado ao fornecimento de energia elétrica pelas concessionárias. Já o uso de coletores solares se torna interessante, pois sua maior aplicação está na substituição dos chuveiros elétricos que causam demandas de pico para as concessionárias.

O gasto anual com a utilização de chuveiros elétricos para aquecimento de água perfaz bilhões de kWh de energia elétrica e poderiam ser substituídos por energia solar com muitas vantagens ambientais e socioeconômicas.

O fator que ainda restringe o crescimento da tecnologia de aquecimento solar de água é o custo de aquisição dos equipamentos, principalmente para a população de baixa renda. Este cenário tende a mudar ao longo dos anos devido ao crescimento dos avanços tecnológicos, aumento de demanda e

consequentemente escala de produção e incentivos do governo.( ABRAVA, 2001 ).

## 2.4 - Coletor Solar Plano

O coletor solar é constituído por uma superfície absorvedora que capta a energia solar (radiação solar incidente) transferindo o calor para o fluido que se deseja aquecer. O funcionamento baseia-se no efeito estufa que é a absorção da radiação solar pela placa coletora que a transforma em calor transferindo para o fluido de trabalho. Pela diferença de temperatura nos componentes do sistema, ocorre a troca de calor com meio externo.

O coletor é constituído por uma caixa, isolante térmico, tubos, vidro transparente e conexões. A caixa, geralmente de alumínio, recebe uma cobertura interna de material isolante térmico que irá dificultar a troca de calor com o meio externo e sobre esta cobertura instala-se uma placa pintada de preto fosco pela qual passam os tubos, geralmente de cobre, que irão receber e conduzir o fluido até o reservatório também fabricado com isolante térmico.

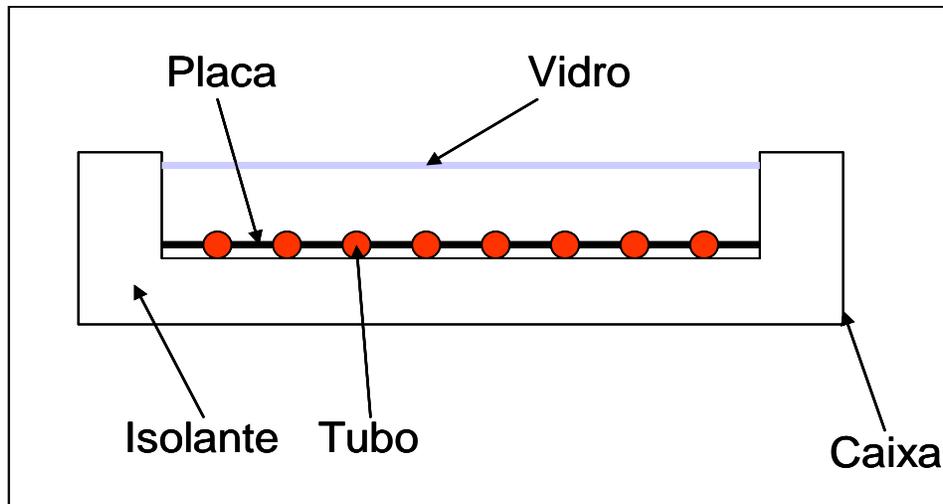


FIGURA 4 - Detalhe construtivo do coletor solar

### 2.4.1- Funcionamento de um Coletor Solar Termo-sifão

O funcionamento de um sistema tipo termo-sifão ocorre da seguinte maneira:

- a água de um reservatório (caixa d'água) é transferida para um boiler que deverá ser mantido cheio para um perfeito funcionamento;
- deste, a água escoo para a placa solar através de uma tubulação, geralmente de cobre ou CPVC;
- ao passar pelo interior da placa, que trabalha por efeito estufa, o sistema troca calor aquecendo a água através da radiação solar;
- pela diferença de temperatura, densidade e desnível geométrico, a água circula através da tubulação isolada termicamente, sendo armazenada no recipiente (boiler) para posterior utilização.

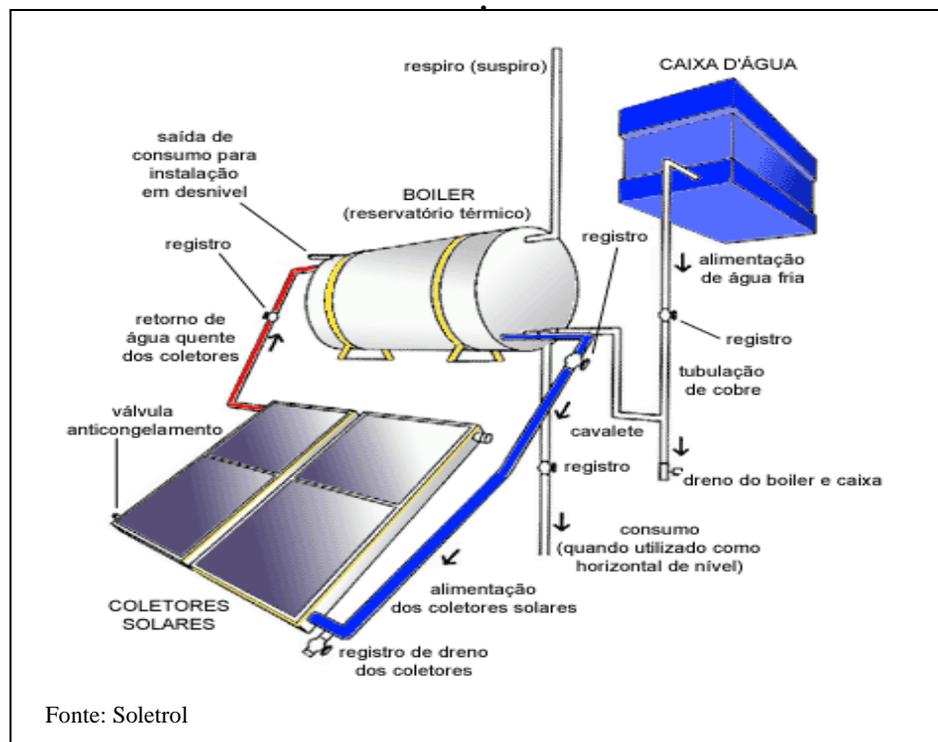


FIGURA 5- Detalhe construtivo de um aquecedor tipo termo-sifão

Durante a montagem de um sistema algumas recomendações devem ser seguidas para se ter um bom rendimento:

- as placas devem ser instaladas e direcionadas preferencialmente para a posição mais próxima do norte;
- respeitar alturas recomendadas entre a caixa de alimentação, placas e boiler;
- respeitar distância recomendada entre placas e tanque térmico;
- o tanque deve ficar o mais próximo possível dos coletores e do ponto de consumo;
- utilizar material de boa qualidade e adequado para uma melhor eficiência energética;
- estabelecer períodos para limpeza do sistema.

#### ***2.4.2- Vantagens do Uso de Aquecimento Solar***

O uso deste sistema gera menor impacto ambiental e conseqüentemente menor degradação dos recursos naturais, alinhado ao Plano Nacional sobre Mudança do Clima e atendimento das metas de eficiência energética do Plano Nacional de Energia – PNE 2030, postergando a construção de novos empreendimentos de geração e distribuição de energia elétrica.

Voltado ao aspecto social, pode-se destacar a economia de energia elétrica, a vida prolongada dos sistemas térmico-solares, facilidade de operação, baixo custo operacional e manutenção além de geração de emprego e renda.

### **2.5 - Chuveiro Elétrico**

Segundo DE MARCHI, o chuveiro elétrico é um produto genuinamente brasileiro, concebido no início do século XX, que visava contornar deficiências específicas das instalações prediais de nosso País. A gênese do chuveiro deve-se ao tipo de matriz energética no Brasil originária principalmente de hidrelétricas

e ao custo elevado das demais alternativas de se obter água aquecida nos domicílios.

O chuveiro elétrico é um equipamento de simples instalação e devido ao baixo custo de aquisição é utilizado com destaque para aquecimento de água, além de apresentar ótimo desempenho na conversão da energia elétrica em térmica e não necessitar de tubulações específicas para água quente.

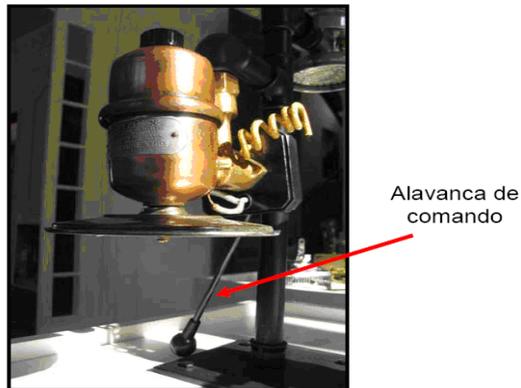
Segundo a NBR 12483/92 da ABNT o chuveiro é um “ aparelho elétrico de aquecimento instantâneo de água, aberto, instalado em um ponto de utilização cujo sub-ramal contém registro de pressão para controle de vazão”.

De acordo com DE MARCHI os primeiros chuveiros apareceram em meados da década de 1910. Ao que parece, o primeiro aparelho foi lançado em 1914, ainda assim, havendo controvérsias com relação a esta data. Os aparelhos pioneiros utilizavam um interruptor elétrico na parede do cômodo de banho e era acionado após abrir o registro da água e esta começar a verter ( figura 6).



Fonte: (Fundação Patrimônio Histórico da Energia de São Paulo-2005)  
FIGURA 6 – Chuveiro elétrico fabricado por Vicente Busatto & Filhos Ltda., em Jundiaí, em 1927.

No final da década de 1920 e início da década de 1930 surgiram alguns equipamentos providos com um sistema de alavanca, que servia para abrir a água, enquanto um botão separado ligava a energia elétrica ( figura 7 ).



Fonte: ( Fundação Histórico da Energia de São Paulo – 2005)

FIGURA 7- Chuveiro elétrico fabricado pela Indústria Sintex Ltda, na década de 1940.

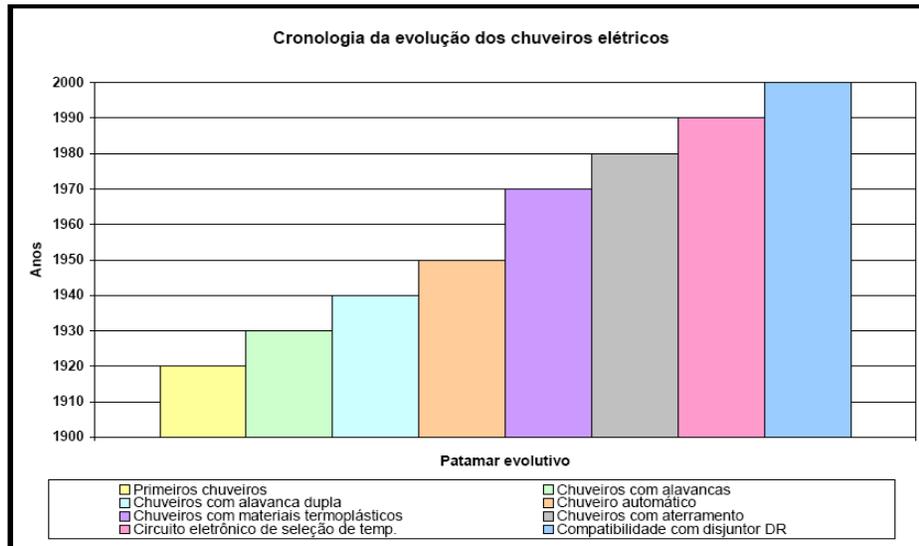
Na década de 1940 surgiu o sistema de acionamento automático da resistência. Este equipamento apresentava um diafragma que, ao se mover sob o efeito da pressão da água ao penetrar na carcaça do equipamento, movimentava os contatos, acionando a energia elétrica ( figura 8 )



Fonte: ( LORENZETTI (2005))

FIGURA 8- Primeiro chuveiro elétrico automático fabricado pela Lorenzetti

Pelo histórico ,com início em 1910, pode- se identificar a evolução tecnológica do chuveiro ao longo do tempo, ilustrado na figura 9.



Fonte: ( Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT )

FIGURA 9- Cronologia da evolução dos chuveiros elétricos

O funcionamento do chuveiro elétrico é simples e o aquecimento da água depende diretamente da potência dissipada pelo elemento resistivo e da vazão que circula no aparelho. Ao abrir o registro a água move uma membrana de borracha que fecha o circuito (resistência x rede elétrica). Fechando o registro, interrompe-se a vazão de água e a membrana volta a posição inicial, desligando o aparelho. Alguns aparelhos são dotados de um seletor de temperatura, que muda apenas o ponto de conexão do elemento resistivo, aumentando ou diminuindo seu valor e, conseqüentemente, a potência dissipada. O elemento resistivo é um conjunto constituído de fio resistivo, terminais de contato e suporte e é destinado a passagem da corrente elétrica transferindo calor para a água. O equipamento é compacto e o sistema de aquecimento de

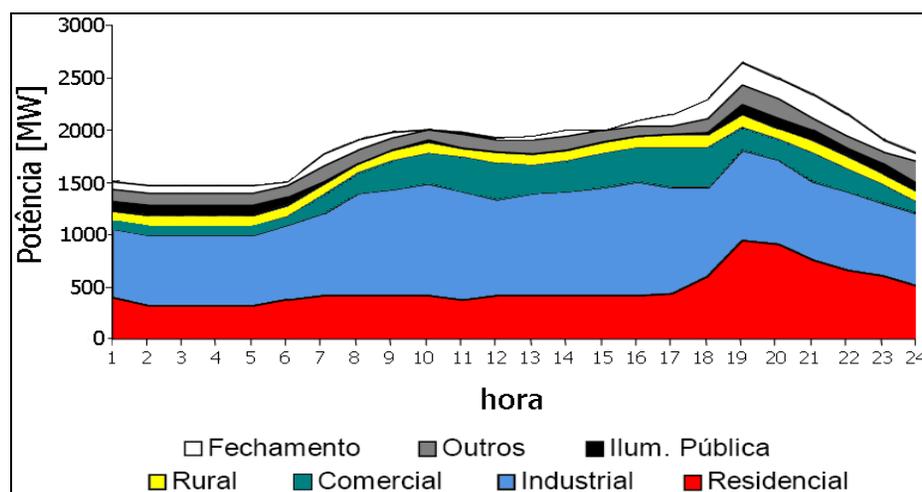
passagem fica o mais próximo possível do crivo por onde sai a água do banho, minimizando as perdas térmicas e os custos de instalação. Por ser um aparelho de aquecimento de passagem instantânea, a instalação hidráulica não precisa ser resistente a água aquecida, e assim pode-se utilizar tubulações de plástico (PVC).

O aparelho é muito eficiente, se for considerado somente o aspecto energético, pois apresenta alta taxa de conversão de energia elétrica em calor, segundo (MATAJS – 1997) de 90 a 93%. Como a água aquecida é somente a que será utilizada, o desperdício torna-se baixo. Porém, apesar de eficientes, do ponto de vista de conversão de energia elétrica em térmica, seu uso não é, de forma alguma, eficiente sob o ponto de vista da utilização da eletricidade.

## **2.6 - Porque Utilizar Aquecimento Solar no Brasil**

O uso de chuveiro elétrico para aquecimento de água sempre foi bastante disseminado no Brasil comparado a muitos países e foi intensificada na década de 70, com a crise do petróleo e o incentivo ao uso de equipamentos elétricos. Neste período o Brasil iniciou a construção de vários empreendimentos hidrelétricos, proporcionando um excedente de energia no mercado e pouca preocupação com a utilização dos equipamentos elétricos. O resultado desta mudança foi a produção em larga escala de chuveiros elétricos apresentando baixo custo inicial além da simplicidade na instalação. Todos estes créditos trouxeram facilidades que proporcionaram o incentivo ao uso dos aparelhos nas residências brasileiras. No entanto, esta tecnologia traz, a longo prazo, um efeito maléfico para o setor de energia elétrica, principalmente nos horários de ponta, quando a demanda de energia elétrica atinge seu pico diário, agravado principalmente pelos banhos. Este fato foi evidenciado no ano de 2001 quando a demanda por energia elétrica superou a oferta, ocorrendo os “ apagões “ de energia.

De acordo com o MANUAL DE CAPACITAÇÃO EM PROJETOS DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR – CIDADES SOLARES, estudos realizados em várias concessionárias de energia elétrica do país têm atribuído ao chuveiro elétrico e ao nosso hábito de banho diário, normalmente em horário concentrado ao final do dia, a participação de 25 a 50% no aumento acentuado de potência elétrica requerida entre 17 e 21 horas. Esse período é conhecido como ‘horário de pico’, mostrado na figura 10.



Fonte: ( CPFL , 1993 )

FIGURA 10- Curva de Demanda Desagregada por Setor da Economia

A substituição de chuveiros elétricos por aquecedores solares garante efetiva redução no consumo de energia sem comprometer o conforto e a qualidade de vida.

De acordo com a ELETROBRAS/PROCEL, os chuveiros elétricos estão presentes em cerca de 91% das residências brasileiras e o número médio de aparelhos chega a 0,91, quase um chuveiro por residência destacando-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

A substituição dos chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento solar de água proporciona a redução significativa da demanda energética no horário de ponta e do consumo de energia elétrica, portanto, a utilização de sistemas de aquecimento solar traz grandes benefícios para a sociedade nos diversos seguimentos.

De acordo com ANDRADE SOUZA, como principais vantagens e justificativas para adoção do aquecimento solar em maior escala no Brasil, cita-se:

- possibilidade de compatibilização com a rede hidráulica convencional;
- baixo custo de operação e manutenção;
- geração de emprego e renda;
- grande economia de energia elétrica e gás;
- fácil substituição do sistema de aquecimento elétrico ou a gás;
- vida útil prolongada do sistema;
- inexistência de remuneração por insumo energético;
- fácil implantação e poucas interferências nas edificações;
- menor exposição ao aumento de tarifas de energia;
- utilizar o Sol como fonte de energia: gratuita e limpa.

Como principais ganhos para o investidor dessa tecnologia, principalmente os agentes ligados à construção civil, citam-se os seguintes pontos:

- menor custo com rede de distribuição de energia elétrica na obra;
- maior competitividade dos empreendimentos face à maior modernidade tecnológica.

O maior beneficiário do sistema de aquecimento solar de água é, sem dúvida, o usuário. Para esse, as principais vantagens são:

- retorno do investimento garantido pois não há custos com insumos energéticos;

- menor taxa de condomínio devido aos menores custos operacionais.
- menor consumo de energia elétrica ou gás.
- menor custo de manutenção anual se comparado ao aquecimento a gás e elétrico central;
- disponibilidade de água aquecida durante falta de energia elétrica ou gás
- menor exposição ao aumento de tarifas de energia;
- menor exposição ao aumento de preço do gás para os sistemas de aquecimento convencional que utilizam este combustível;
- valorização do imóvel, já percebido em diversas regiões brasileiras.

Para as concessionárias de distribuição de energia elétrica, as principais vantagens são:

- redução de perdas;
- menor demanda nos horários de pico, o que possibilita rever a quantidade de energia comprada das empresas geradoras e melhor planejamento da expansão e da oferta;
- melhor planejamento da oferta de energia e manutenção do mercado;
- manutenção de mercado das concessionárias de energia elétrica, principalmente quando reduz a penetração dos aquecedores a gás.

Desta forma, a utilização de sistemas solares para aquecimento da água geram menor impacto ambiental e, conseqüentemente, menor degradação dos recursos naturais, aspectos essenciais para uma excelente qualidade de vida e desenvolvimento sustentável do Brasil.

### ***2.6.1- Incentivo ao Uso de Aquecedor Solar***

ANDRADE SOUZA afirma que no Brasil e países como a Austrália, China, Índia, Israel dentre outros, a utilização de sistemas de aquecimento solar é motivada por algumas medidas governamentais, públicas e pela sociedade civil organizada. Os principais projetos são financiados por programas

implementados pelas concessionárias de energia elétrica com recursos próprios e ou recursos públicos, seja por meio de programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) ou dos programas de eficiência energética (PEE). Esses programas de P&D utilizam recursos do próprio setor elétrico, conforme definido pela Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que obriga as empresas do setor de energia elétrica a investir, no mínimo, 1% de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento. Para as concessionárias distribuidoras, esses investimentos são divididos igualmente entre P&D e eficiência energética.

Outro incentivo que tem sido aplicado neste setor é a renúncia fiscal de alguns Estados por meio da redução a zero da alíquota do ICMS, conforme convênio ICMS 101/97 e 10/04, e da União, pela redução da alíquota do IPI a zero por meio do Decreto no 6248/97, Art. 32, Inciso 18.

Diversos projetos de instalação de coletores solares em residências brasileiras, conjuntos habitacionais de baixa renda, em prédios comerciais, hospitais, indústrias etc., foram desenvolvidos em caráter demonstrativo e didático ou por meio de vendas direta de acordo com as regras de mercado estabelecidas. A maioria dos projetos de instalações implementados pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica foram financiados utilizando-se os recursos para eficiência energética de que trata a Lei no 9.991/2000. Ainda assim, nota-se que os investimentos no setor de aquecimento solar ainda são muito tímidos .

Segundo a ABRAVA, 90% das instalações de aquecimento solar no Brasil são residenciais. Sendo assim, uma atenção especial deve ser dada a esta linha de desenvolvimento.

Os maiores projetos residenciais foram financiados pelo setor público e pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica com recursos oriundos da Lei no 9.991/2000. Muitos projetos residenciais, com ênfase em habitação

para população de baixa renda, foram financiados com fundos da Caixa Econômica Federal (CAIXA) através dos seguintes programas:

- Recursos Caixa : Imóvel na planta – SFI/SBPE/SFH
- Programa de Arrendamento Residencial (PAR);
- Financiamento pelo programa FGTS / Carta de Crédito Individualizada;
- FGTS / Material de Construção: Construcard;
- FAT/ habitação : Imóvel na planta;

Muitos projetos estão sendo desenvolvidos em residências de classe média por decisões autônomas de compra, não havendo utilização dos programas de fomento, como no caso de utilização de “ parceiros “ que se juntam para obter redução de valor na implantação dos sistemas.

No Brasil, onde a matriz de energia elétrica é predominantemente hidráulica, o uso de coletores solares, na promoção da eficiência energética, implica na postergação da necessidade de investimentos em novos empreendimentos de geração, transmissão e distribuição. Os aspectos ambientais decorrente do emprego dessa tecnologia é mais facilmente apurável em termos da redução de áreas alagadas por barragens e, em menor escala, das emissões de CO<sub>2</sub>.

### **3 - METODOLOGIA**

#### **3.1 - Contexto Local**

Tendo em vista que o Bairro Residencial, objeto de pesquisa do presente trabalho, localiza-se no município de Parauapebas – PA , acredita-se na importância de se discorrer sobre alguns aspectos locais tais como clima e hábitos da população.

Devido a sua posição geográfica (zona tropical) e ao relevo, o município apresenta dois subtipos de clima, o de planícies e o de montanhas. Caracteriza-se por uma estação seca que vai de maio a novembro chamado regionalmente "verão", quando há um aumento das horas de insolação e a temperatura realmente alcança níveis mais altos. O segundo período do ano, quando baixa a temperatura em virtude da precipitação pluviométrica, é chamado regionalmente de "inverno". No verão a média de temperatura é de 30°C e no inverno é de 28°C, apresentando uma insolação de 2.200 horas de sol por ano. A precipitação pluviométrica aumenta no "inverno" atingindo em determinadas épocas e áreas, o acentuado nível de 2800mm. A umidade relativa do ar chega ultrapassar 90% nos meses de chuva e na época seca a umidade relativa desce a menos de 50%, caracterizando-se em região quente e úmida.

Por amostragem, foi realizado uma pesquisa em cinco tipos de residências destacadas pela maior quantidade (83% do total de casas de três e dois quartos) e consumo energético (78% do consumo total), e apresentaram uma média de 1,5 banhos por habitante por dia. É Interessante ressaltar também que a utilização de chuveiros nos horários de pico é menor devido uma grande quantidade de pessoas trabalhar no sistema de revezamento de turno numa mineradora, e tomar banhos após o serviço.

### 3.2 - Consumo Energético do Bairro Residencial de Parauapebas

O bairro é composto por 1.272 residências com diferentes modelos, e habitado por aproximadamente 5.000 pessoas (ver. tabela 3). O consumo energético medido varia de 400.000 kWh/mês a 700.000 kWh/mês apresentando um valor médio de 525.000 kWh/mês, conforme mostrado na figura 11. Também de acordo com os padrões dos imóveis é mostrado um gráfico de consumo médio (figuras 13 e 14). Este consumo tende a ser maior no período chuvoso (inverno), período este que tem uma diminuição de temperatura. Mesmo sendo uma região de clima quente e a população local não utilizar com grande frequência chuveiros elétricos, praticando banhos em água com temperatura natural, existem muitos migrantes das regiões Sul e Sudeste, que por hábito gostam de banhos quentes, não praticando os costumes paraenses. Eis o que diferencia esta localidade das demais regiões do Pará, fato comprovado nos cinco tipos de residências pesquisadas onde todas utilizam chuveiros elétricos. Para este consumo médio de 525.000 kWh/mês, levando-se em conta o valor cobrado pela concessionária de energia CELPA (R\$ 0,324781/ kWh), tem-se um valor médio de gasto de R\$ 170.684,00, conforme mostrado na figura 12.

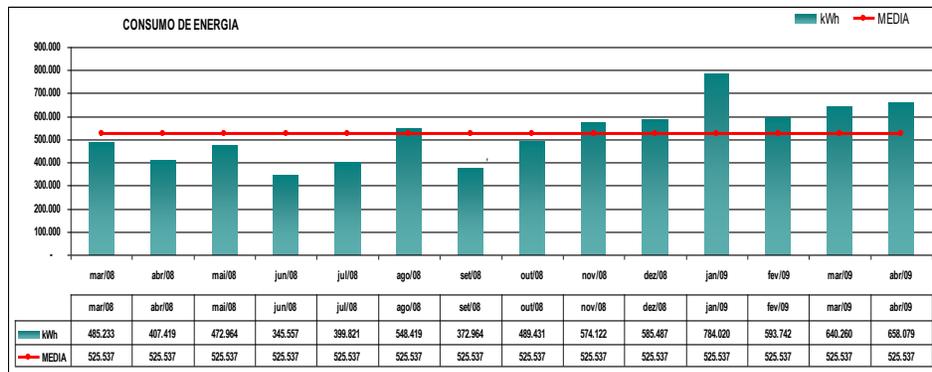


FIGURA 11 - Consumo de Energia do Bairro de Parauapebas

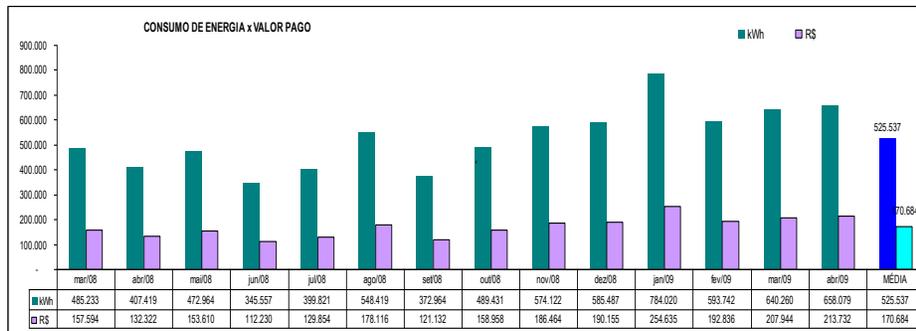


FIGURA 12 - Consumo de Energia x Valor Pago

TABELA 3 – Consumo Mensal por Padrão de Imóveis

PADRÃO	QUANTIDADE	MEDIA kWh	Total kWh
A	38	400	15.216
B	8	964	7.709
C	40	752	30.095
D	24	489	11.726
E	6	345	2.070
F	22	547	12.028
G	490	387	189.638
H	64	445	28.486
I	94	470	44.220
J	133	538	71.493
K	122	281	34.244
L	212	331	70.100
M	5	565	2.825
N	14	406	5.686
	<b>1.272</b>	<b>413</b>	<b>525.537</b>

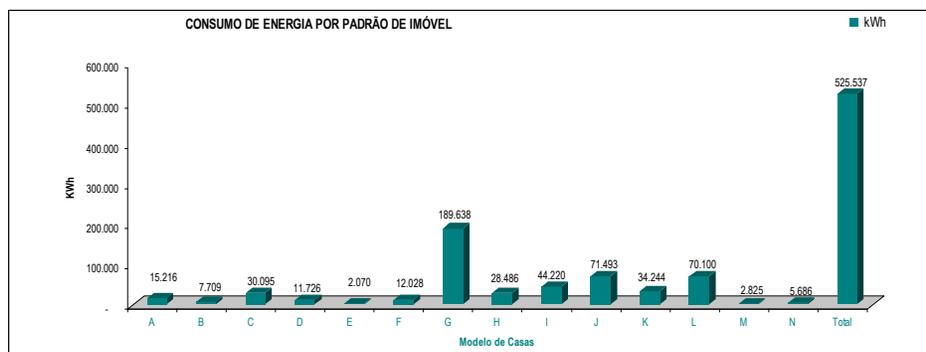


FIGURA 13 – Consumo Energético por Padrão de Imóvel

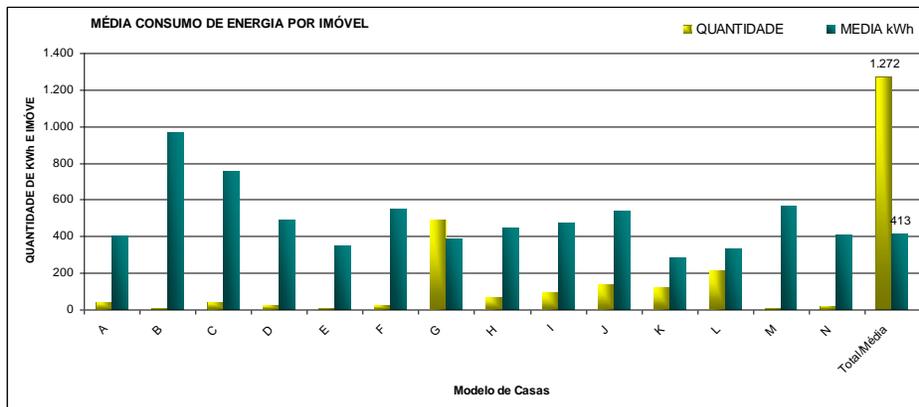


FIGURA 14 – Média de Consumo de Energia por Imóvel

### 3.3 - Cálculo Teórico da Potência do Chuveiro Elétrico

Será considerada a sazonalidade para o cálculo da potência média para as duas estações do ano, inverno e verão; bem como uma potência mínima necessária para elevar a temperatura média da água até 38° C, e uma vazão mínima de 3 l/min, segundo o preconizado da Norma NBR 12483/92 da ABNT.

Pela equação 1 pode-se determinar:

$$P = 4,18.0,93.m.\Delta t \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

m = vazão de água aquecida ( l/s );

P = potência da resistência do chuveiro elétrico ( kW );

4,18 = equivalente em Joule para uma caloria;

0,93 = rendimento do chuveiro elétrico;

$\Delta t$  = diferença de temperatura entre a água natural e a água do banho.

TABELA 4- Temperatura média no inverno e verão

Região Norte	Temperatura Verão (° C )	Temperatura Inverno (° C )
Parauapebas - PA	30	28

TABELA 5 – Potência mínima necessária para elevar a temperatura da água

Região	Inverno			Verão		
	T <sub>inverno</sub>	$\Delta t$	P ( kW )	T <sub>verão</sub>	$\Delta t$	P ( kW )
Norte	28	10	1,94	30	8	1,56

TABELA 6 – Potência mínima média

Região	Potências ( kW )		
	P inverno	P verão	P média
Norte	1,94	1,56	1,75

Portanto a potência média mínima de utilização do chuveiro elétrico na região de Parauapebas é de aproximadamente 1.750 W.

Deve- se salientar que esta é a potência média mínima para efeito de cálculo, pois depende muito da variação meteorológica.

### 3.3.1 -Consumo teórico de energia

Premissas para determinação do consumo de energia em um núcleo urbano de Parauapebas:

Tempo médio de banho –  $t_{\text{médio}} = 12 \text{ min} = 0,20 \text{ h}$ ;

Potência média do chuveiro -  $P_{\text{média}} = 1.750 \text{ W}$

Número de dias por mês –  $N_{\text{dias}} = 30$

Número médio de indivíduos por residência –  $n_{\text{médio}} = 3,93$

TABELA 7 – Média de moradores por residência

Quantidade Residência	Quantidade Moradores	Média por Residência
1272	5000	3,93

TABELA 8 – Número de banhos por morador

Modelo Casa	Nº Moradores	Banhos/dia	Banhos/dia/morador
Casa K	3	5	1,67
Casa G	5	8	1,60
Casa I	2	2	1,0
Casa J	4	7	1,75
Casa L	4	5	1,25
	18	27	1,50

Número de banhos / dia / habitante –  $b_{\text{médio}} = 1,5$

Consumo mensal de energia devido chuveiro elétrico por residência é:

$$C_{\text{residência}} = P_{\text{média}} \times t_{\text{médio}} \times n_{\text{médio}} \times N_{\text{dias}} \times b_{\text{médio}}$$

$$C_{\text{residência}} = 1750 \times 0,20 \times 3,93 \times 30 \times 1,5$$

$$C_{\text{residência}} = 61,897 \text{ kWh/mês} \quad * \text{ Trata-se de um valor teórico mínimo calculado.}$$

$$C_{\text{Total Núcleo}} = 61,897 \times 1272$$

$$C_{\text{Total Núcleo}} = \mathbf{78.733 \text{ kWh/mês}}$$

### 3.3.2 -Consumo real de energia para aquecer a água até 38° C

Existem vários tipos de chuveiros com diferentes potências instaladas.

Marcas:

Lorenzetti Bello Banho de 4500W - vazão = 5,8 l/min => 0,097 l/s

Lorenzetti Maxi Ducha de 3200W - vazão = 4,2 l/min => 0,070 l/s

Lorenzetti Maxi Banho de 4400W - vazão = 6,4 l/min => 0,107 l/s

Potência Média = 4.033 W

Vazão média = 0,0913 l/s

$P = 4,18.0,93.m.\Delta t$

$$P_{\text{inverno}} = 4,18 \times 0,93 \times 0,0913 \times (38 - 28)$$

$$P_{\text{inverno}} = 3.550 \text{ W}$$

$$P_{\text{verão}} = 4,18 \times 0,93 \times 0,0913 \times (38 - 30)$$

$$P_{\text{verão}} = 2.840 \text{ W}$$

$$P_{\text{inverno}} + P_{\text{verão}} = 3.195 \text{ W}$$

$$C_{\text{residência}} = P_{\text{média}} \times t_{\text{médio}} \times n_{\text{médio}} \times N_{\text{dias}} \times b_{\text{médio}}$$

$$C_{\text{residência}} = 3195 \times 0,20 \times 3,93 \times 30 \times 1,50$$

$$C_{\text{residência}} = 113,007 \text{ kWh/mês}$$

$$C_{\text{Total Núcleo}} = 113,007 \times 1272$$

$$C_{\text{Total Núcleo}} = \mathbf{143.745 \text{ kWh/mês}}$$

### ***3.3.3 - Cálculo pela potência informada no aparelho***

$$C_{\text{residência}} = P_{\text{média}} \times t_{\text{médio}} \times n_{\text{médio}} \times N_{\text{dias}} \times b_{\text{médio}}$$

$$C_{\text{residência}} = 4033 \times 0,20 \times 3,93 \times 30 \times 1,5$$

$$C_{\text{residência}} = 142,647 \text{ kWh/mês} \quad * \text{ Trata-se de um valor médio realizado}$$

$$C_{\text{Total Núcleo}} = 142,647 \times 1272$$

$$C_{\text{Total Núcleo}} = \mathbf{181.445 \text{ kWh/mês}}$$

Dos 525.000 kWh/mês gastos com energia no bairro, o chuveiro elétrico representa aproximadamente 35% deste consumo (conforme mostrado na tabela 9), com uma média de 181.000 kWh. Esta pesquisa foi realizada em cinco tipos de residências com diferentes marcas e modelos de chuveiros instalados e, na média, os aparelhos apresentaram uma potência média de 4.000W.

O preço cobrado pela concessionária de energia é R\$ 0,324781/kWh e o gasto mensal com energia é em média R\$ 59.000,00 conforme mostrado na tabela 9.

TABELA 9 - Valores Médios Praticados

<b>CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL - VALORES MÉDIOS PRATICADOS</b>		
<b>PREÇO DO kWh</b>	<b>R\$/kWh</b>	<b>0,324781</b>
<b>CONSUMO MÉDIO MENSAL - BAIRRO</b>	<b>kWh</b>	<b>525.537</b>
<b>CONSUMO MÉDIO MENSAL - CHUVEIRO</b>	<b>kWh</b>	<b>181.445</b>
<b>PERCENTUAL SOBRE CONSUMO TOTAL</b>		<b>35%</b>
<b>VALOR PAGO - MÉDIA BAIRRO</b>	<b>R\$</b>	<b>170.684</b>
<b>VALOR PAGO - MÉDIA CHUVEIRO</b>	<b>R\$</b>	<b>58.930</b>

### 3.4 –Cálculo da Área do Coletor solar

Para dimensionar o coletor solar, é necessário conhecer o consumo residencial e, conforme os resultados das pesquisas e hábitos dos habitantes, pôde-se montar a tabela de consumo de água conforme abaixo.

TABELA 10- Consumo de água

<b>CONSUMO DE ÁGUA</b>	
<b>Nº DE RESIDÊNCIAS</b>	<b>1.272</b>
<b>Nº DE MORADORES</b>	<b>5.000</b>
<b>BANHOS/DIA</b>	<b>1,5</b>
<b>VAZÃO ( l/min )</b>	<b>5,46</b>
<b>TEMPO BANHO ( min )</b>	<b>12</b>
<b>VAZÃO TOTAL ÁGUA ( l )</b>	<b>491.400</b>
<b>VAZÃO TOTAL ÁGUA/RESIDÊNCIA ( litros )</b>	<b>386</b>

Para tanto, é necessário adotar algumas premissas:

- Volume de água a ser aquecido – 386 l
- Temperatura média ambiente local – 26,35°C
- Temperatura desejada da água aquecida - 50°C
- Radiação incidente no local – 55 cal/cm<sup>2</sup>.h
- Rendimento térmico do coletor (arbitrado) – 52%
- Insolação média anual para Parauapebas – 2.200 h.sol/ano

1. A quantidade de calor necessária para aquecer um determinado volume de água a uma temperatura desejada, partindo da temperatura ambiente, é dada por:

$$* Q = M \times C_e \times \Delta t$$

Onde:

M - volume de água a ser aquecida ( kg )

C<sub>e</sub> - calor específico da água ( kcal/Kg °C )

Δt - Variação de temperaturas entre a água desejada e ambiente ( °C )

$$* Q = 386 \times 1 \times ( 50 - 26,35 )$$

$$Q = 9.129 \text{ kcal}$$

2. A área do coletor necessária para aquecer o volume de 386 l de água a temperatura de 50°C , é dada por:

$$* A = Q / R \times \eta$$

Onde:

Q- quantidade de calor necessária ( kcal )

R - radiação solar ( kcal/m<sup>2</sup>.h )

η – rendimento térmico

Portanto, a unidade da radiação solar deverá ser transformada.

$$\text{Sendo: } 55 \times 10000 = 550 \text{ kcal/m}^2.\text{h}$$

Como o tempo de exposição é de 6 horas tem- se:

$$R = 550 \times 6 = 3.300 \text{ kcal/ m}^2$$

$$* A = 9.129 / 3.300 \times 0,52$$

$$A = 5,32 \text{ m}^2$$

Portanto, para aquecer 386 litros de água a uma temperatura de 50°C, com uma radiação de 55 cal/ cm<sup>2</sup>.h e um rendimento de 52% do coletor trabalhando 6 horas por dia, será necessário uma área de 5,32 m<sup>2</sup> de coletor solar. Dependendo das condições atmosféricas locais e do rendimento térmico

do coletor (função dos tipos de materiais empregados na construção) a área pode ser diminuída. Projetos atuais implantados têm demonstrado uma pequena redução, quando comparados aos modelos teóricos.

Para tanto, não será considerado no dimensionamento a inclinação da placa, tipo de vidro da cobertura, isolamento térmico, pintura da placa etc. sendo necessário apenas o conhecimento do valor aproximado por se tratar de um projeto básico.

### 3.5 - Projeto Básico do Aquecedor Solar

Devido aos diferentes modelos e tamanhos de residências, o projeto não será desenvolvido para cada tipo específico, e sim para dois tipos de residências que representam a grande maioria dos imóveis pesquisados conforme a planta baixa (figura 15) para casas três quartos tipo G, J e L e (figura 16) para casas dois quartos tipo K e I.

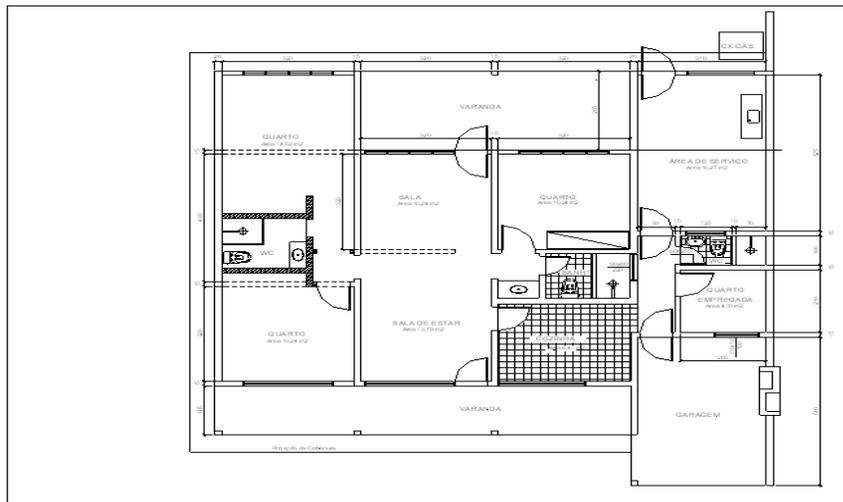


FIGURA 15 – Planta baixa das casas de três quartos

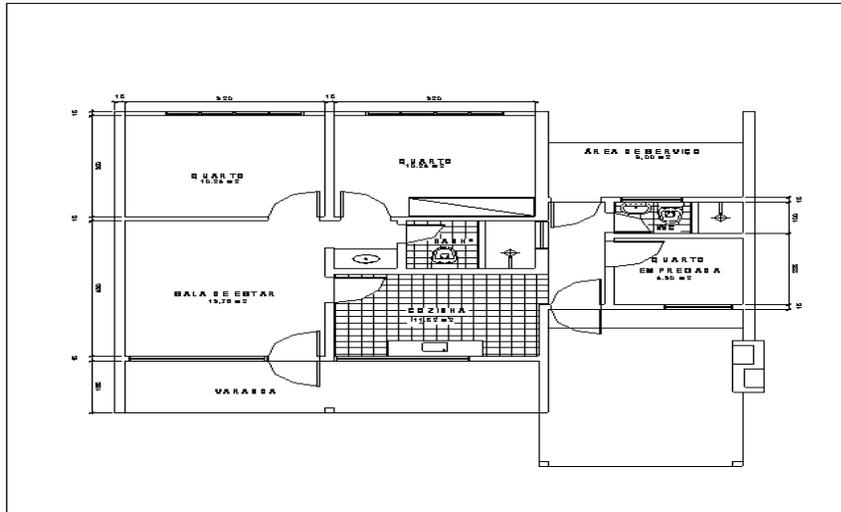


FIGURA 16 – Planta baixa das casas de dois quartos

Por se tratar de um projeto básico, não será necessário fazer um dimensionamento de todo o sistema hidráulico, afinal os valores apurados servirão para análise de viabilidade econômica com objetivo de mostrar um “norte”, ou seja, diante dos resultados pode-se aprofundar mais em um projeto detalhado para fins de implantação do sistema.

Para determinar a quantidade de tubulação e acessórios, será necessário fazer um isométrico do sistema desde a caixa d’água até a distribuição para os chuveiros e assim fazer um projeto conceitual e básico com valores aproximados. Conforme já calculado, será necessário um reservatório térmico de 400 litros e uma área de coletor de aproximadamente  $5,3 \text{ m}^2$  para as residências de três quartos e, por definição, adotaremos para as casas de dois quartos, um boiler de 300 litros e uma área de coletor de aproximadamente  $4 \text{ m}^2$ .

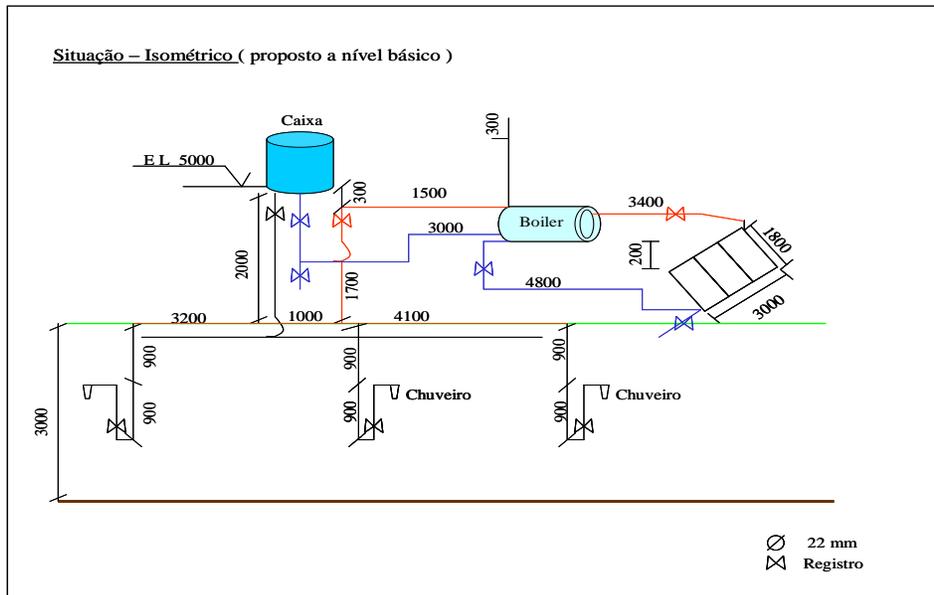


FIGURA 17 -Isométrico para casas de três quartos

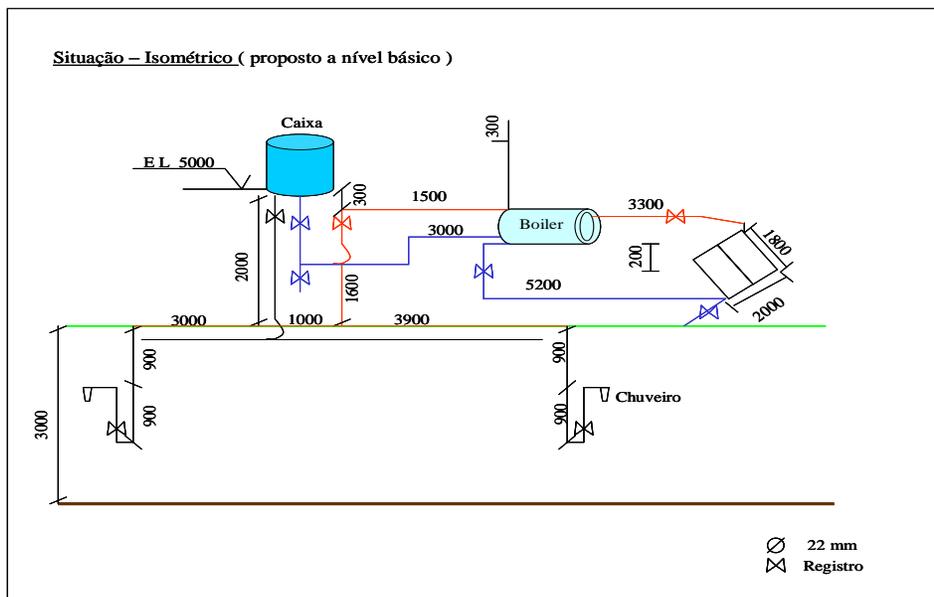


FIGURA 18- Isométrico para casas de dois quartos

Pelo Manual de Capacitação em projetos de sistemas de aquecimento solar – Cidades Solares, para uma área de coletor de até 7m<sup>2</sup>, pode-se utilizar uma tubulação de 22mm de diâmetro. Outro fato interessante, é não precisar quebrar paredes para instalação da nova tubulação (feito adaptação externa), prática adotada atualmente. Desta forma, será aproveitada a instalação atual do sistema de chuveiros elétricos (consórcio).

Assim podemos calcular, através de medidas inferidas, quanto custaria uma instalação do sistema de aquecimento tipo termo-sifão, conforme tabelas 11 e 12.

TABELA 11– Estimativa de Orçamento do Sistema – Casas Três Quartos

LISTA SUGERIDA DE MATERIAL - Valores Estimados para residências com três quartos				
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	VALOR ( R\$ )	TOTAL ( R\$ )
Reservatório de 400 litros - boiler	Pç	1	1.100,00	1.100,00
Coletor horiz 180 x 100	Pç	3	500,00	1.500,00
Misturador	Pç	1	215,00	215,00
Tubo de cobre 22mm	m	19	16,80	319,20
Adaptador com Flange	Pç	4	6,70	26,80
Tubo de CPVC 22mm x 3m	Br	4	22,80	91,20
Registro	Pç	8	21,80	174,40
Joelho CPVC	Pç	7	2,00	14,00
Conector macho/fêmea	Pç	18	5,70	102,60
Cotovelo	Pç	18	4,80	86,40
União de cobre	Pç	7	6,80	47,60
Tampão de cobre	Pç	3	2,20	6,60
TE cobre	Pç	8	4,00	32,00
Pasta para solda cobre	Pç	1	4,90	4,90
Luva, adesivo, bucha, outros				100,00
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>3.820,70</b>
<b>DESCONTO ESPECIAL 20%</b>				<b>764,14</b>
<b>VALOR FINAL</b>				<b>3.056,56</b>

TABELA 12 – Estimativa de Orçamento do Sistema – Casas Dois Quartos

LISTA SUGERIDA DE MATERIAL - Valores Estimados para residências com dois quartos				
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	VALOR ( R\$ )	TOTAL ( R\$ )
Reservatório de 300 litros - boiler	Pç	1	873,00	873,00
Coletor horiz 180 x 100	Pç	2	500,00	1.000,00
Misturador	Pç	1	215,00	215,00
Tubo de cobre 22mm	m	17	16,80	285,60
Adaptador com Flange	Pç	3	6,70	20,10
Tubo de CPVC 22mm x 3m	Br	3	22,80	68,40
Registro	Pç	8	21,80	174,40
Joelho CPVC	Pç	7	2,00	14,00
Conector macho/fêmea	Pç	16	5,70	91,20
Cotovelo	Pç	16	4,80	76,80
União de cobre	Pç	6	6,80	40,80
Tampão de cobre	Pç	2	2,20	4,40
TE cobre	Pç	6	4,00	24,00
Pasta para solda cobre	Pç	1	4,90	4,90
Luva, adesivo, bucha, outros				100,00
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>2.992,60</b>
<b>DESCONTO ESPECIAL 15%</b>				<b>448,89</b>
<b>VALOR FINAL</b>				<b>2.543,71</b>

Esta estimativa é tratada como um caso de mercado e referência para uma residência, portanto, não serve como valor real, uma vez que, em um projeto com esta dimensão, para 1272 residências, será tratado como um caso especial de licitação (concorrência de mercado). Assim, para efeito de projeto, será sugerido uma redução de aproximadamente 20% do valor de R\$ 2.951,00/residência (ponderação para os 83% dos imóveis) diminuindo o custo para uma média de R\$ 2.370,00/residência, totalizando um gasto de R\$ 3.014.640,00 para implantação nos 1272 imóveis.

Por ser uma região de clima quente e aproveitando a disponibilidade de chuveiros de baixa potência não será necessário o uso de resistor dentro do boiler, desta forma, pode-se consorciar o sistema atendendo o período de inverno que será utilizado em pouquíssimas ocasiões. Assim, poderá ser calculado uma energia mínima necessária para atendimento ao sistema consorciado conforme:

$$C_{\text{residência}} = P_{\text{média}} \times t_{\text{médio}} \times n_{\text{médio}} \times N_{\text{dias}} \times b_{\text{médio}}$$

$$C_{\text{residência}} = 1940 \times 0,20 \times 3,93 \times 30 \times 1,5$$

$$C_{\text{residência}} = 68,617 \text{ kWh/mês}$$

$$C_{\text{residência}} = 68,617 \times 1272$$

$$C_{\text{residência}} = 87.280 \text{ kWh/mês}$$

O gasto total mensal seria de R\$ 28.346,00 tendo que utilizar o chuveiro econômico em alguns momentos, auxiliando o sistema de aquecimento, ou seja, caso o morador tenha que utilizar o sistema o mês todo teria um gasto adicional de R\$ 22,28. É claro que o uso do sistema elétrico não será necessário tempo integral e também não seria fácil determinar esta utilização devido às variações meteorológicas, portanto, não será considerado este valor na análise de investimento.

### **3.6 - Estudos de Viabilidade Econômica**

Qualquer projeto para ser implementado necessita de recursos. Os investidores providenciam e investem estes recursos financiando a implantação e manutenção do projeto exigindo em troca retornos adequados. Existem duas classes de investidores: os sócios e os credores. Para os investidores as expectativas de retorno adequado envolvem lucros, prazos, garantias e as taxas de retorno que são, dentre outros aspectos, função do risco envolvido no projeto. Se estas expectativas não podem ser atendidas pelo projeto, os investidores não investem. A finalidade da análise de viabilidade econômica é determinar se o projeto tem condições de atender as expectativas e demandas dos investidores, para que estes possam então tomar a decisão de investir ou não. (Abreu Filho,2003)

#### ***3.6.1 -Critérios para Análise do Projeto de Investimento***

Critérios a serem estudados:

*3.6.1.1 Pay Back*

*3.6.1.2 Valor Presente Líquido – VPL*

*3.6.1.3 Taxa Interna de Retorno – TIR*

##### *3.6.1.1 Período Pay Back*

Do inglês, a palavra *Pay Back* significa “ pagar de volta “ ou seja, é o tempo que o investimento levará para se ter retorno do valor investido. O critério do *Pay back* pode ser analisado como simples ou descontado, sendo o *Pay back* descontado calculado pela soma dos fluxos de caixa no valor presente.

##### *3.6.1.1 a - Critério decisório do Pay back*

No caso de um único projeto, o investidor deverá avaliar se aceita ou não o tempo necessário para reaver o valor investido. Já nos casos de comparação entre projetos, avalia-se o projeto que trará o menor tempo de *pay back*.

Este estudo não deve ser tomado como única ferramenta de decisão para a realização ou não de um projeto, é muito utilizado para satisfazer curiosidade, mostrando ao investidor o tempo de retorno do investimento.

#### *3.6.1.2 Valor Presente Líquido – VPL*

VPL é a diferença entre o valor presente de um projeto e o custo do projeto no tempo “ zero “, data de hoje.  $VPL = \text{Valor presente do projeto} - \text{Valor presente dos investimentos}$ . Quando o VPL é positivo, significa que o projeto é lucrativo (vale mais do que custa), já no caso de VPL negativo, significa que o projeto dará prejuízo (custa mais do que vale).

#### *3.6.1.2 a - Critério decisório do VPL*

Geralmente, é o critério mais utilizado pelos investidores e conceitualmente correto. Isso não significa que seja o único critério decisório, mas muitas vezes é o primeiro a ser analisado.

#### *3.6.1.3 Taxa Interna de Retorno – TIR*

A taxa interna de retorno é quanto o projeto oferece de retorno ao investidor no prazo especificado. A taxa interna de retorno é a que anula o VPL, ou seja, se utilizar a TIR como taxa de desconto para cálculo do VPL, este será zero. Neste caso, para se obter a taxa interna de retorno utiliza-se um gráfico da variação do VPL em função das variações da taxa de desconto e a taxa de desconto que zerar o VPL será a TIR. O problema é que não existe uma forma simples de cálculo.

### 3.6.1.3 a - Critério decisório da TIR

Este critério é muito perigoso e controverso, uma vez que estudos mostram que muitas decisões tiveram suas conclusões equivocadas. Já foi muito utilizado por investidores e mesmo que ainda em uso, nunca deve ser utilizado isoladamente em caráter decisório, apenas como indicativo.

## 3.7 -Análise de Viabilidade Econômica do Projeto

Pelos indicadores apresentados, VPL, TIR e *Pay Back*, foi realizado um estudo mostrando, de forma técnica, resultados que podem ajudar os investidores na tomada de decisão. Esta análise teve como premissas os valores estimados para instalação de um aquecedor solar ( modelo teórico ) e os gastos com energia elétrica, medidos pela concessionária.

TABELA 13– Viabilidade Econômica – Sob Ótica Geral (1272 residências)

Análise de viabilidade econômica										
Projeto - Substituição de chuveiro elétrico por aquecedor solar										
Taxa	9%									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Investimento - R\$	3.014.640,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Receita - R\$	471.439,11	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66
<b>Saldo - R\$</b>	<b>(2.543.200,89)</b>	<b>707.158,66</b>								
<b>TIR</b>	<b>24%</b>									
<b>VPL</b>	<b>1.696.389,88</b>									
<b>Simulação de consumo</b>										
Consumo mensal - KWh	181.445	181.445	181.445	181.445	181.445	181.445	181.445	181.445	181.445	181.445
Preço - R\$/KWh	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781
Meses	8	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Valor pago anual - R\$	471.439,11	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Descontado	1,00	1,09	1,19	1,30	1,41	1,54	1,68	1,83	1,99	2,17
Valor Presente - VP	471.439,11	648.769,42	595.201,30	546.056,24	500.969,02	459.604,61	421.655,61	386.840,00	354.899,09	325.595,49
Investimento - I <sub>0</sub>	4.711.029,88									
VP=VP-I <sub>0</sub>	3.014.640,00									
VPL=VP-I <sub>0</sub>	1.696.389,88									
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Absoluto	471.439,11	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66	707.158,66
Fluxo Acumulado		1.178.597,77	1.885.756,43	2.592.915,10	3.300.073,76	4.007.232,42	4.714.391,08	5.421.549,75	6.128.708,41	6.835.867,07
Tempo Retorno	3,60									
<b>Pay Back Simples</b>	<b>4 Anos</b>									
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Descontado	471.439,11	648.769,42	595.201,30	546.056,24	500.969,02	459.604,61	421.655,61	386.840,00	354.899,09	325.595,49
Fluxo Acumulado		1.120.208,52	1.715.409,82	2.261.466,06	2.762.435,08	3.222.039,69	3.643.695,30	4.030.535,30	4.385.434,39	4.711.029,88
Tempo Retorno	4,55									
<b>Pay Back Descontado</b>	<b>5 Anos</b>									

TABELA 14 – Viabilidade Econômica – Sob Ótica individual (1272 residências)

Análise de viabilidade econômica										
Projeto - Substituição de chuveiro elétrico por aquecedor solar										
Taxa	9%									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Investimento - R\$	2.370,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Receita - R\$	370,63	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95
<b>Saldo - R\$</b>	<b>(1.999,37)</b>	<b>555,95</b>								
<b>TIR</b>	<b>24%</b>									
<b>VPL</b>	<b>1.333,68</b>									
<b>Simulação de consumo</b>										
Consumo mensal - KWh	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647
Preço - R\$/KWh	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781
Meses	8	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Valor pago anual - R\$	370,63	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Descontado	1,00	1,09	1,19	1,30	1,41	1,54	1,68	1,83	1,99	2,17
Fluxo Caixa	370,63	510,04	467,93	429,29	393,85	361,33	331,49	304,12	279,01	255,97
Valor Presente - VP	3,703,68									
Investimento - I <sub>0</sub>	2.370,00									
VPL=VP-I <sub>0</sub>	1.333,68									
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Absoluto	370,63	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95
Fluxo Acumulado		926,58	1.482,53	2.038,48	2.594,43	3.150,37	3.706,32	4.262,27	4.818,22	5.374,17
Tempo Retorno		3,60								
<b>Pay Back Simples</b>	<b>4 Anos</b>									
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Descontado	370,63	510,04	467,93	429,29	393,85	361,33	331,49	304,12	279,01	255,97
Fluxo Acumulado		880,68	1.348,61	1.777,90	2.171,75	2.533,08	2.864,57	3.168,69	3.447,71	3.703,68
Tempo Retorno		4,55								
<b>Pay Back Descontado</b>	<b>5 Anos</b>									

TABELA 15 – Viabilidade Econômica – Sob Ótica individual, casas tipo G,J,L

Análise de viabilidade econômica										
Projeto - Substituição de chuveiro elétrico por aquecedor solar										
Taxa	9%									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Investimento - R\$	3.056,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Receita - R\$	509,62	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95
<b>Saldo - R\$</b>	<b>(2.546,94)</b>	<b>555,95</b>								
<b>TIR</b>	<b>16%</b>									
<b>VPL</b>	<b>786,11</b>									
<b>Simulação de consumo</b>										
Consumo mensal - KWh	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647
Preço - R\$/KWh	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781
Meses	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Valor pago anual - R\$	509,62	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Descontado	1,00	1,09	1,19	1,30	1,41	1,54	1,68	1,83	1,99	2,17
Fluxo Caixa	509,62	510,04	467,93	429,29	393,85	361,33	331,49	304,12	279,01	255,97
Valor Presente - VP	3.842,67									
Investimento - I <sub>0</sub>	3.056,56									
VPL=VP-I <sub>0</sub>	786,11									
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Absoluto	509,62	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95
Fluxo Acumulado		1.065,57	1.621,52	2.177,46	2.733,41	3.289,36	3.845,31	4.401,26	4.957,21	5.513,16
Tempo Retorno		4,58								
<b>Pay Back Simples</b>	<b>5 Anos</b>									
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Descontado	509,62	510,04	467,93	429,29	393,85	361,33	331,49	304,12	279,01	255,97
Fluxo Acumulado		1.019,66	1.487,59	1.916,89	2.310,74	2.672,06	3.003,56	3.307,68	3.586,69	3.842,67
Tempo Retorno		6,17								
<b>Pay Back Descontado</b>	<b>7 Anos</b>									

TABELA 16 – Viabilidade Econômica – Sob Ótica individual, casas tipo K,I

Análise de viabilidade econômica										
Projeto - Substituição de chuveiro elétrico por aquecedor solar										
Taxa	9%									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Investimento - R\$	2.543,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Receita - R\$	509,62	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95
<b>Saldo - R\$</b>	<b>(2.034,09)</b>	<b>555,95</b>								
<b>TIR</b>	<b>23%</b>									
<b>VPL</b>	<b>1.298,96</b>									
<b>Simulação de consumo</b>										
Consumo mensal - KWh	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647	142,647
Preço - R\$/KWh	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781	0,324781
Meses	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Valor pago anual - R\$	509,62	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Descontado	1,00	1,09	1,19	1,30	1,41	1,54	1,68	1,83	1,99	2,17
Valor Presente - VP	509,62	510,04	467,93	429,29	393,85	361,33	331,49	304,12	279,01	255,97
Investimento - I <sub>0</sub>	3.842,67									
VPL=VP-I <sub>0</sub>	2.543,71									
VPL=VP-I <sub>0</sub>	1.298,96									
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Absoluto	509,62	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95	555,95
Fluxo Acumulado		1.065,57	1.621,52	2.177,46	2.733,41	3.289,36	3.845,31	4.401,26	4.957,21	5.513,16
Tempo Retorno	3,66									
<b>Pay Back Simples</b>	<b>4 Anos</b>									
Tempo - Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fluxo Caixa Descontado	509,62	510,04	467,93	429,29	393,85	361,33	331,49	304,12	279,01	255,97
Fluxo Acumulado		1.019,66	1.487,59	1.916,89	2.310,74	2.672,06	3.003,56	3.307,68	3.586,69	3.842,67
Tempo Retorno	4,64									
<b>Pay Back Descontado</b>	<b>5 Anos</b>									

Através das análises de viabilidade econômica apresentadas nas tabelas, e considerando que este tipo de projeto tem vida útil estimada de aproximadamente 20 anos, os estudos mostram viabilidade tanto sob a ótica coletiva como do ponto de vista dos moradores executando uma montagem individual (conta própria) em um horizonte de 10 anos (aceitável). Porém, utilizando o esforço coletivo, o resultado é excelente, apresentando um VPL de R\$ 1.333,68 uma TIR de 24% e um *pay back* de 4 a 5 anos. Este resultado ainda é melhor quando comparado aos moradores das residências tipo K,I (dois quartos) no caso destes desejarem implantar o projeto individualmente.(ver Tabela 17)

TABELA 17 – Análise Comparativa

Análise sob a ótica geral ( 1272 residências )			Análise sob a ótica individual ( 1272 residências )		
TIR 1	24%		TIR 2	24%	
VPL 1	1.696,39	(x1000 )	VPL 2	1.333,68	
Pay back simples 1	4	anos	Pay back simples 2	4	anos
Pay back descontado 1	5	anos	Pay back descontado 2	5	anos
Análise sob a ótica casas tipo G, J, L			Análise sob a ótica casas tipo K, I		
TIR 3	16%		TIR 4	23%	
VPL 3	786,11		VPL 4	1.298,96	
Pay back simples 3	5	anos	Pay back simples 4	4	anos
Pay back descontado 3	7	anos	Pay back descontado 4	5	anos

Atualmente no Brasil, esta análise ainda é muito tímida pois a população, por não ter conhecimentos deste tipo de estudo, acreditam que o empreendimento não compensa por ser muito dispendioso. Desta forma, este tipo de projeto pode ser visto como benefício para a classe média e alta, não sendo aplicável a baixas rendas.

Para melhor visualização, é apresentado de forma gráfica os comparativos:

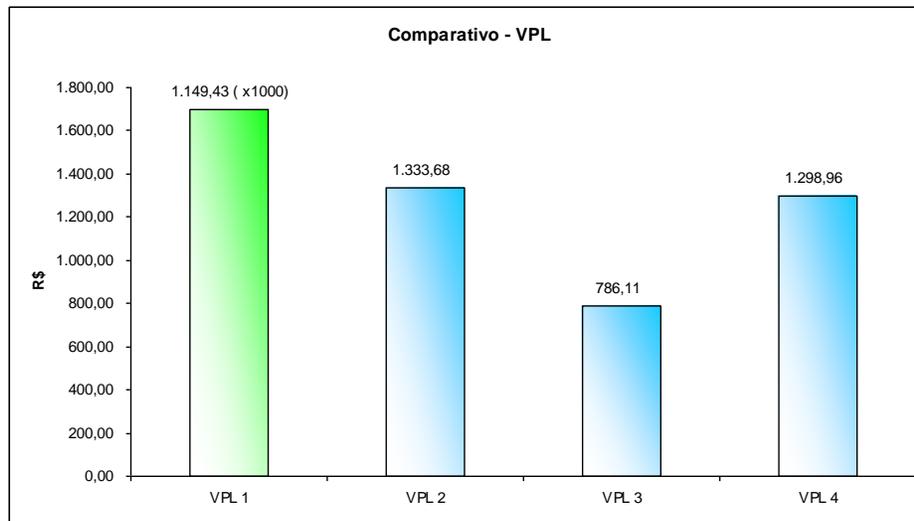


FIGURA 19 – Comparativo do VPL

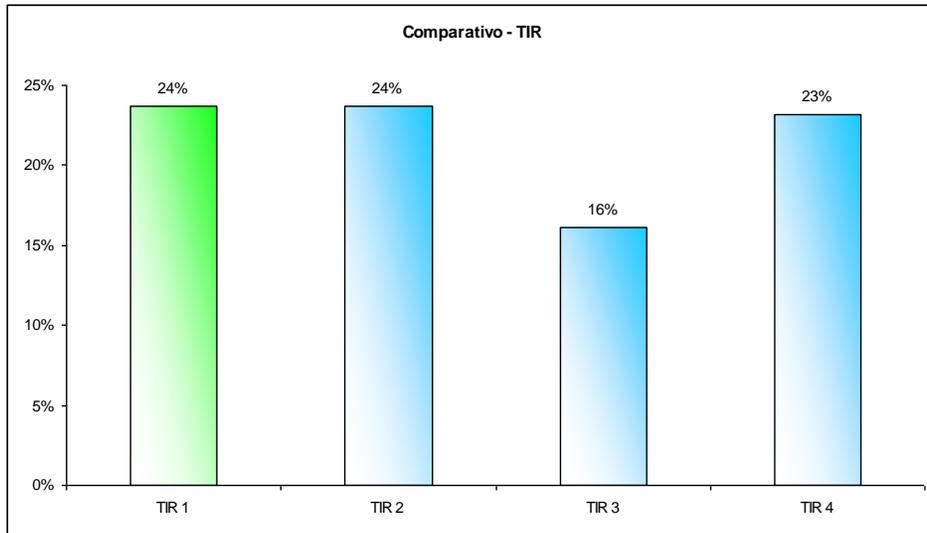


FIGURA 20 – Comparativo da TIR

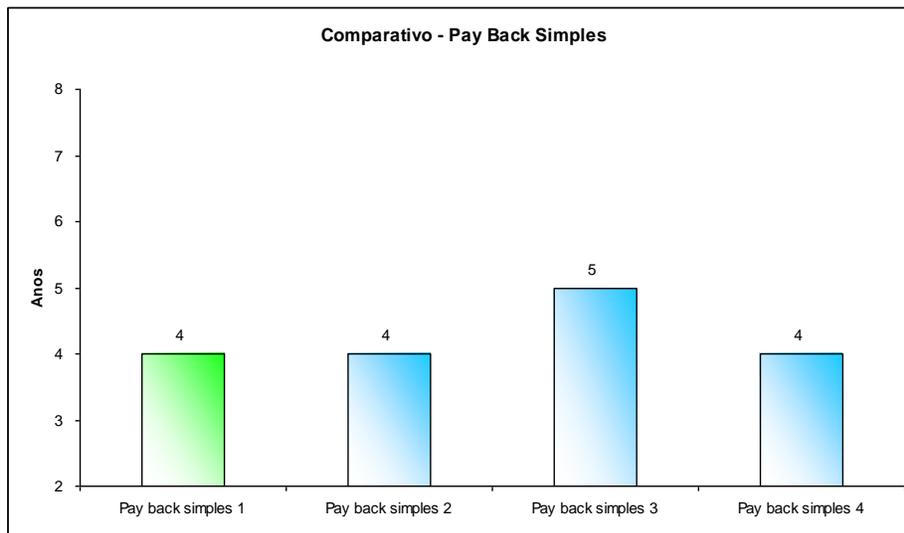


FIGURA 21 - Comparativo do *Pay Back* Simples

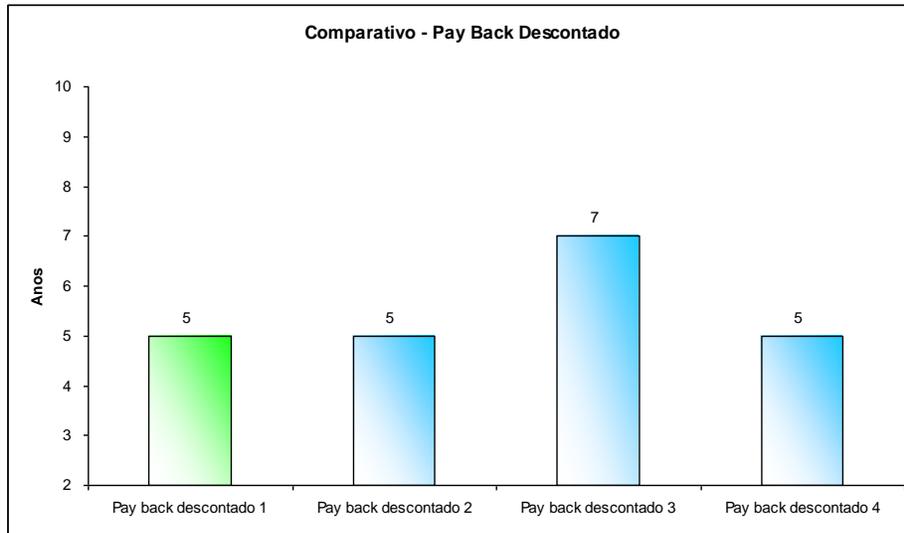


FIGURA 22 – Comparativo do *Pay Back* Descontado

#### **4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do conhecimento adquirido através das pesquisas pode-se afirmar que a cultura é um fator determinante para o desenvolvimento sustentável da sociedade, pois quanto mais conhecimento se adquire, maiores serão os benefícios trazidos pelos novos projetos para que se possa usufruir de uma melhor qualidade de vida. Mudar é necessário e por isso é dever de todos contribuir para um mundo melhor.

Portanto, destaca-se a maximização das formas de energia alternativa como fator contribuinte para a melhoria da qualidade de vida. A energia solar, no caso apresentado, deve ser explorada ao máximo por ser limpa, permanente e estar disponível a todos. Apesar do crescimento mostrado na linha do uso de aquecedores solares, sua aplicação ainda é muito restrita e cabe a nós uma melhor divulgação e sensibilização daqueles que ainda não foram atingidos.

O projeto mostrou que apesar do “valor elevado” para o investimento, este é viável quando visto sob maior horizonte de tempo e na maioria dos casos o investidor começa a ter retorno a partir do quarto ano. O conhecimento acerca da utilização dos aquecedores solares é apresentado muitas vezes como um gasto não justificável, e em momento algum levam em consideração a preservação do meio ambiente.

Diante do exposto neste trabalho fica claro, não somente para a região Norte, que as análises dos projetos apresentados de forma generalizada se mostram decisórias na escolha pela adesão a este processo. Apesar da complexidade da análise de investimento para quem não possui conhecimentos suficientes destas metodologias, é de competência de todos, principalmente dos órgãos governamentais, intensificarem a divulgação e incentivo ao uso desta tecnologia deixando claro que os ganhos são significativos.

## REFERÊNCIAS

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Eficiência Energética**. Rio de Janeiro, [2009?]. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia#o\\_que\\_eh](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia#o_que_eh)>. Acesso em: 13 set. 2009.

ENERGIA Solar. Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/o\\_que\\_e/energia\\_solar.htm](http://www.suapesquisa.com/o_que_e/energia_solar.htm)>. Acesso em: 18 set. 2009.

MANUAL DE CAPACITAÇÃO em Projetos de Sistemas de Aquecimento Solar. Disponível em: <<http://www.cidadessolares.org.br>>. Acesso em: 20 set. 2009.

CÁLCULO Teórico da Potência do Chuveiro Elétrico para Região Norte. Disponível em: <<http://www.achetudoeregiao.com.br/pa/parauapebas/localizacao.htm>> Acesso em: 17 set. 2009.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Projeto PNUD BRA 01/039, **Relatório de Consultoria** elaborado por Aurélio de Andrade Souza. Dispõe sobre oportunidades e mecanismos de viabilização de ações para incentivar o uso de Aquecimento Solar de Água no Brasil, Brasília: Maio 2007, 47p.

PARAUAPEBAS, município do Pará. Disponível em: <<http://portalamazonia.globo.com/pscript/amazoniadeaaz/artigoAZ.php?idAz=638>>. Acesso em: 25 out. 2009.

RADIAÇÃO Solar Incidente. Disponível em: <[http://www6.cptec.inpe.br/mudancas\\_climaticas/prod\\_probio/Relatorio\\_4.pdf](http://www6.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/prod_probio/Relatorio_4.pdf)>. Acesso em 25 de out. de 2009.

CLIMA Local. Disponível em:

<[http://www.paraauapebas.pa.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=89&Itemid=102](http://www.paraauapebas.pa.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=102)> Acesso em 31 de out. de 2009.

ALVARENGA, Carlos Alberto. **Energia Solar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 118p.: Curso de Pós-Graduação: "Latu Sensu" (Especialização) a Distância- Formas Alternativas de Energia.

BEZERRA, Arnaldo Moura. Vamos calcular um aquecedor solar de água?. **Energia Solar**, [S.l]. Disponível em: <<http://mourabezerra.sites.uol.com.br/vamosconstruir.htm>> Acesso em 20 de out. 2009.

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**. 6.ed. São Paulo: ATLAS S.A, 1998. 407p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12483**.

Dispõe sobre chuveiros elétricos. Rio de Janeiro. 1992. Disponível em: <<http://4shared.com>> Acesso em 12 de out. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Energia Solar. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/energia\\_solar/3\\_3\\_2.htm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/energia_solar/3_3_2.htm)> Acesso em 31 de out. 2009.

ABREU FILHO, José Carlos Franco de. **Análise de Projetos**. MBA em Gestão Financeira, Contabilidade e Auditoria. Rio de Janeiro: FGV/ISAE, 2003.

SILVA COSTA, Carlos José da. **Termodinâmica**. Disponível em: <<http://www.coladaweb.com/fisica/termologia/termodinamica>> Acesso em 15 de nov. 2009.

SOUZA MARTINS, Maria Paula de. **Inovação Tecnológica e Eficiência Energética**. UFRJ/MBA, Instituto de Economia. Monografia de Pós-Graduação, Rio de Janeiro, out. 1999.

TRONCONI, P.A., VALOTA, "Pianeta in prestito . **Energia, entropia, economia**" R., AGOSTINELLI, M. RAMPI, F., editora Macroedizioni, Preggio, 1991.

CORTEZ, Luís A. B., "Avaliação Exergética de Processos Psicrométricos", Prof. Livre-Docente. DCONRU/FEAGRI – UNICAMP, Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.4 no.3 Campina Grande Set./Dec. 2000.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### DECLARAÇÃO

Eu, Francisco Rodrigues Patto, estudante de pós-graduação *Lato Sensu* da UFLA, com número de matrícula 108007 no curso de FAE – Formas Alternativas de Energia, declaro, para os devidos fins e efeitos, e para fazer prova junto à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras, que, **sob as penalidades previstas no art. 299 do Código Penal Brasileiro**, que é de minha criação o trabalho de monografia que ora apresento, conforme exigência expressa no parágrafo único do art. 11 da Resolução nº 1, de 3 de abril de 2001, da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação.

**Art. 299 do Código Penal Brasileiro, que dispõe sobre o crime de *Falsidade Ideológica*:**

“Omitir, em documento público ou particular, declaração que dele devia constar, ou nele inserir ou fazer inserir declaração falsa ou diversa da que deveria ser escrita, com o fim de prejudicar direito, criar obrigação ou alterar verdade sobre fato juridicamente relevante:

Pena – reclusão, de 1 (um) a 5 (cinco) anos, e multa, se o documento é público, e reclusão de 1 (um) a 3 (três) anos, e multa, se o documento é particular.

Parágrafo único. Se o agente é funcionário público, e comete o crime prevalecendo-se do cargo, ou se a falsificação ou alteração é de assentamento de registro civil, aumenta-se a pena de sexta parte”.

Este crime engloba plágio e compra fraudulenta de documentos científicos.

Por ser verdade, e por ter ciência do referido artigo, firmo a presente declaração.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **ANEXO B**

### **REVISÃO DO TEXTO**

#### **DECLARAÇÃO**

Eu, Níobe Rodrigues Patto, professora de Português registrada , em 1959, na folha 11 do livro 22 da Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais, declaro, para os devidos fins e efeitos, e para fazer prova junto à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras, que fiz a revisão de texto da Monografia/Trabalho de Conclusão intitulada *Aquecedor Solar em Substituição ao Chuveiro Elétrico* de autoria de Francisco Rodrigues Patto.

Por ser verdade, firmo a presente declaração:

---

Parauapebas, 04 de Novembro de 2009