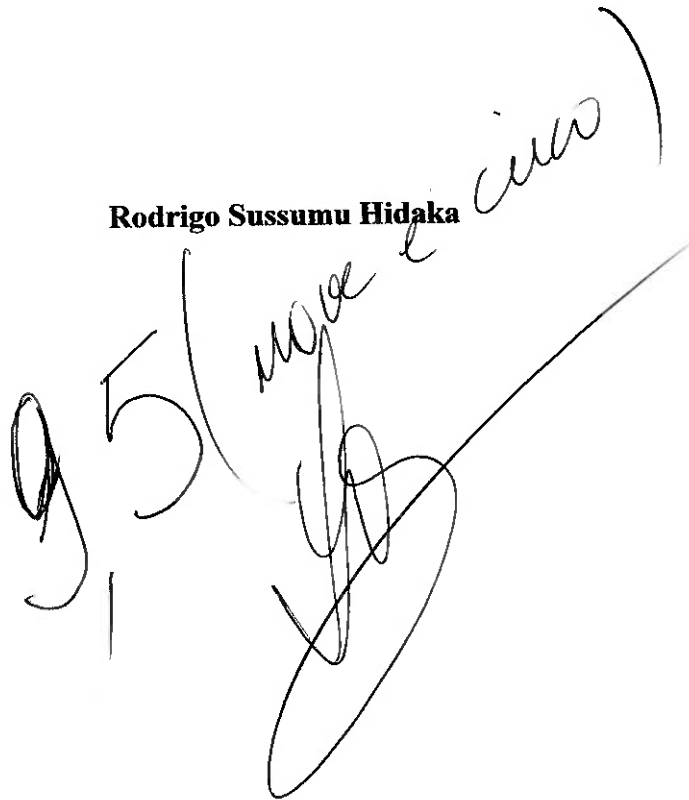


**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE PARA RACIONALIZAÇÃO  
ENERGÉTICA DO INSTITUTO CRIANÇA CIDADÃ**

**Rodrigo Sussumu Hidaka**

95 (máscara e cur)

A large, stylized handwritten signature in black ink, written over the printed name. The signature is highly cursive and fluid, with a large loop at the end.

**São Paulo  
2005**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE PARA RACIONALIZAÇÃO  
ENERGÉTICA DO INSTITUTO CRIANÇA CIDADÃ**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Graduação em Engenharia**

**Rodrigo Sussumu Hidaka**

**Orientador: Silvio de Oliveira Junior**

**Área de concentração:  
Engenharia Mecânica**

**São Paulo  
2005**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente ao meu professor e orientador Prof. Dr. Silvio de Oliveira Junior pelas orientações e pelo apoio constante ao longo do desenvolvimento deste projeto.

Aos meus familiares que me incentivaram e acreditaram no meu trabalho desde início até a finalização.

Aos colaboradores do Instituto Criança Cidadã que desde o princípio deram total apoio. Prestativos, sempre buscaram atender minhas necessidades prontamente.

A todos os meus amigos que direta ou indiretamente contribuíram no realização deste trabalho.

## RESUMO

Este projeto visa melhorar o aproveitamento dos recursos energéticos como energia elétrica e gás, bem como dos recursos hídricos da Creche Pré-Escola da Vila Curuçá do Instituto Criança Cidadã, responsável pelo desenvolvimento de um trabalho junto às comunidades das regiões sul, leste e oeste da capital e do município de Guarulhos oferecendo atividades de educação e cultura para famílias de baixa renda. Através do estudo de sistemas de aquecimento de água alternativos é possível determinar a viabilidade de implantação do sistema mais econômico. Faz parte do escopo desse projeto verificar e propor possíveis modificações nos costumes dos frequentadores da creche para reduzir o consumo de energia elétrica, água e gás. Este projeto, além de sugerir modificações no modo de utilização dos recursos, visa também adaptar as configurações atuais dos sistemas elétricos e hídricos e dos equipamentos que utilizam gás. Um levantamento de gastos demonstrou que é possível minimizar os desperdícios. Algumas alternativas para reduzir os gastos, como o sistema fotovoltaico autônomo e aquecedores solares demonstraram-se economicamente inviáveis. Por outro lado, o estudo mostrou que o sistema de captação de água da mina para ser utilizada nas bacias sanitárias e a instalação de um aquecedor de passagem a gás é economicamente atraente são alternativas de investimento que oferecem o retorno do investimento em um período de tempo relativamente curto.

## **ABSTRACT**

This project aims to improve the exploitation of the energy resources as electric energy and gas, as well as of the water resources of the Day-care center of the Curuçá Village of the Institute Child Citizen, responsible for the development of a side by side work for the communities of the south, east and west regions of the capital and the city of Guarulhos offering activities of education and culture for low income families. Through the study of alternative water heating systems it is possible to determine the viability of implantation of the most economic system. It is part of the target of this project to verify and suggest possible modifications in the behavior of the people who get into the day-care center to reduce the consumption of electric energy, water and gas. This project, besides suggesting modifications in the way of use of the resources, also aims at to adapt the current configurations of the electric and water systems and of the equipment that uses gas. An analysis of the expenses demonstrated that it is possible to minimize the wastefulness. Some alternatives to reduce the expenses, as the independent photovoltaic system and the solar heating system revealed to be economically impracticable. On the other hand, the study established that using the water of the mine in the sanitary basins and the installation of an instantaneous gas heater are economically attractive alternatives of investments that offer the payback in a relatively short period of time.

## SUMARIO

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE TABELAS

### LISTA DE ABREVIATURAS

1 APRESENTAÇÃO .....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Objetivos do projeto .....	1
1.3 Metodologia.....	2
2 CENÁRIO ENERGÉTICO E AMBIENTAL .....	3
2.1 Contexto energético.....	3
2.1.1 Energia solar .....	3
2.1.2 Gás natural e o gás liquefeito de petróleo .....	4
2.2 Contexto ambiental.....	5
2.2.1 Energia elétrica.....	5
2.2.2 Água .....	5
3 INSTITUTO CRIANÇA CIDADÃ - ICC.....	7
3.1 A instituição .....	7
3.2 Projetos sociais.....	7
3.2.1 Complementação Escolar .....	7
3.2.2 Centro de Iniciação ao Trabalho .....	7
3.2.3 Alfabetização de Jovens e Adultos.....	8
3.2.4 Nossa Comunidade.....	8
3.2.5 Creche Pré-Escola .....	8
4 CRECHE PRÉ-ESCOLA CURUÇÁ .....	9
4.1 Consumo de água, energia elétrica e gás.....	9
4.2 Planta.....	11
4.3 Consumo de água, energia elétrica e gás.....	12
5 ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA .....	14
5.1 Considerações sobre a geração e o consumo de eletricidade no Brasil.....	14
5.2 Programa para Uso Racional da Energia - PURE .....	15
5.3 Energia Solar .....	16

5.3.1 A energia solar.....	16
5.3.2 O que é a energia solar .....	17
5.3.3 Considerações sobre a radiação solar .....	19
5.3.4 Evolução da utilização da energia solar .....	22
5.3.5 Sistema Fotovoltaico Autônomo .....	23
5.3.5.1 Gerador fotovoltaico.....	23
5.3.5.2 Eficiência.....	23
5.3.5.3 Conversão fotovoltaica.....	25
5.3.5.4 Acumulador .....	27
5.3.6 Medidas para a redução do gasto de energia elétrica .....	30
6 ECONOMIA DE GÁS .....	32
6.1 O GLP.....	32
6.2 Considerações sobre o consumo de GLP .....	32
6.3 Medidas para redução dos gastos .....	33
7 ECONOMIA DE ÁGUA.....	34
7.1 Considerações sobre o consumo de água no Brasil.....	34
7.2 Programa de Uso Racional da Água - PURA.....	35
7.3 Funcionamento de sistemas de descarga .....	36
7.4 Escoamento de água em tubulações .....	37
7.4.1 Regimes laminar e turbulento.....	37
7.4.2 Carga manométrica e perda de carga em tubulações .....	38
7.5 Medidas para redução dos gastos .....	40
8. AQUECIMENTO DE ÁGUA.....	41
8.1 Sistema de aquecimento atual .....	41
8.2 Sistema de aquecimento por chuveiro elétrico .....	41
8.3 Aquecedor solar.....	41
8.3.1 Coletores.....	42
8.3.2 Reservatório.....	43
8.3.3 Circulação da água .....	44
8.4 Aquecedores de passagem a gás.....	45
8.5 Aquecedores de acumulação a gás e elétrico .....	46
8.6 Escolha do sistema de aquecimento de água.....	46

8.6.1 Clima de São Paulo .....	46
8.6.2 Rendimentos dos diversos equipamentos.....	47
8.6.2.1 Chuveiro elétrico .....	48
8.6.2.2 Aquecedores de acumulação .....	50
8.6.2.3 Aquecedor de passagem a gás .....	55
9 MEMORIAL DE CÁLCULOS.....	60
9.1 Dimensionamento da placa fotovoltaica .....	60
9.2 Dimensionamento da tubulação .....	61
9.3 Comparação dos sistemas de aquecimento .....	64
9.3.1 Dimensionamento.....	64
9.3.2 Comparação dos custos .....	66
10 RESULTADOS .....	73
11 CONCLUSÃO.....	77
ANEXO A .....	79
ANEXO B .....	80
ANEXO C .....	81
ANEXO D .....	83
ANEXO E.....	84
ANEXO F.....	85
ANEXO G .....	86
ANEXO H.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta da Creche da Vila Curuçá.....	11
Figura 2 - Curva dos gastos de água, gás e energia elétrica.....	13
Figura 3 - Estrutura da oferta de eletricidade – 2003 Brasil .....	15
Figura 4 - Massa de ar em função do ângulo azimutal.....	19
Figura 5 - Espectro solar .....	20
Figura 6 - Modelo de uma placa solar .....	25
Figura 7 - Capacidade de acumulação em função da duração da descarga.....	29
Figura 8 - Curva de tensão em função do tempo para diferentes regimes de descarga .....	30
Figura 9 - Mananciais aquíferos na região de São Paulo .....	34
Figura 10 - Processo de formação da ação sifônica .....	36
Figura 11 - Curva de sifonamento de uma bacia sanitária .....	37
Figura 12 - Diagrama de Moody. ....	39
Figura 13 - Esquema de montagem dos coletores solares.....	42
Figura 14 - Componentes de um coletor solar .....	42
Figura 15 – Reservatório térmico.....	44
Figura 16 - Precipitação média mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) no período de 1962-1992 para a região de estudo.....	47
Figura 17- Vazão de água x temperatura ambiente para um chuveiro de 3,2 kW .....	49
Figura 18- Vazão de água x temperatura ambiente para um chuveiro de 5,4 kW .....	49
Figura 19- Proporção de água quente e fria na mistura.....	53
Figura 20- Incidência de radiação diária por m <sup>2</sup> . ....	54
Figura 21 – Tempo de aproveitamento da radiação solar .....	60
Figura 22 - Esquema da tubulação .....	62
Figura 23 - Perda de carga para tubulação de 2" .....	63
Figura 24 - Perda de carga para tubulação de 3" .....	63
Figura 25 - Perda de carga para tubulação de 4".....	63
Figura 26 - Perda de carga para tubulação de 4,5" .....	64
Figura 27 - Perda de carga para tubulação de 5" .....	64
Figura 28 - Despesas mensais das alternativas de aquecimento de água em relação ao sistema atual .....	68

Figura 29 - Tempo de retorno do investimento .....	73
Figura 30 - Perdas de carga para tubulações com diâmetros variando de 2" a 5".....	74
Figura 31- Valor presente das alternativas de investimento.....	75
Figura 32- Tempo de retorno do investimento .....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de água, energia elétrica e gás Fonte: Instituto Criança Cidadã	12
Tabela 2 - Dados energéticos .....	14
Tabela 3 - Propriedades do gás liquefeito de petróleo.....	32
Tabela 4 - Consumo médio de água por tipo de ambiente .....	35
Tabela 5 - Comprimentos equivalentes para válvulas e acessórios.....	39
Tabela 6- Características dos aquecedores de acumulação a gás .....	51
Tabela 7- Vazões médias de água e de GLP medidas nos ensaios preliminares.....	56
Tabela 8 - Potência e rendimentos de aquecedores de passagem.....	58
Tabela 9 - Preço dos componentes necessários no sistema fotovoltaico .....	61
Tabela 10 - Dimensões dos segmentos da tubulação .....	62
Tabela 11 - Comparação do custo do kWh para diversos equipamentos.....	67
Tabela 12 - Valor presente das alternativas de investimento .....	72

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ICC - Instituto Criança Cidadã

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BEN - Balanço Energético Nacional

CESP - Companhia Energética de São Paulo

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CTEEP - Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista

GLP - Gás Liquefeito de Petróleo

PURA - Programa de Uso Racional da Água

PURE - Programa para Uso Racional da Energia

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## **1 APRESENTAÇÃO**

### **1.1 Introdução**

O assunto que será abordado no projeto para a disciplina de Projeto Integrado se encaixa num cenário sócio-econômico. O problema da exclusão social no Brasil diz respeito não apenas a dificuldades recentes, mas a desigualdades que se acumulam historicamente. A realidade social brasileira tem demonstrado que a exclusão social de uma grande parcela da população, hoje aproximadamente de 57 milhões, tem suas causas advindas da relação capital e trabalho, não somente de ordem conjuntural, mas principalmente de ordem estrutural. A forma como o país está estruturado, alimenta o processo de marginalização, condenando algumas pessoas a viver abaixo da linha de pobreza, privadas dos benefícios do desenvolvimento econômico. Geralmente essas pessoas não ganham nem mesmo o suficiente para satisfazer suas necessidades alimentares.

O desafio da erradicação da exclusão social no Brasil é de tal importância que programas assistencialistas podem, no máximo, gerar um alívio temporário das condições subumanas em que vive grande parte de população. Para superar a exclusão é necessária a criação de empregos de qualidade. O seguro-desemprego e a formação profissional, portanto, devem funcionar em prol de um objetivo mais geral, ou seja, a realocação efetiva e consistente da mão-de-obra desempregada.

Uma das formas de amenizar a exclusão social é a busca de políticas sociais públicas mais eficientes e o crescimento da participação da sociedade civil em iniciativas sociais que levam à criação de organizações e instituições que são capazes de gerar os recursos humanos, técnicos e financeiros necessários para ajudar no combate da pobreza e da exclusão social. O Instituto Criança Cidadã – ICC e o Projeto Poli Cidadã se encaixam nesse grupo de órgãos de cunho social.

### **1.2 Objetivos do projeto**

Dentro do âmbito do programa Poli Cidadã, este projeto visa o melhor aproveitamento dos recursos energéticos como energia elétrica e gás, bem como dos recursos hídricos da Creche Pré-Escola da Vila Curuçá do Instituto Criança Cidadã.

O Instituto Criança Cidadã – ICC desenvolve um trabalho junto às comunidades das regiões sul, leste e oeste da capital e do município de Guarulhos oferecendo atividades de educação e cultura para famílias de baixa renda através de

seus cinco projetos sócio-educativos: Creche Pré-Escola, Complementação Escolar, Iniciação ao Trabalho, Alfabetização de Jovens e Adultos e Nossa Comunidade.

A proposta desse projeto é estudar e analisar sistemas de aquecimento de água alternativos, tais como chuveiro elétrico, aquecedores a gás entre outros, visando minimizar os custos com o aquecimento de água; verificar a rotina da creche em relação à utilização de aparelhos elétricos e propor possíveis modificações para reduzir o consumo de energia elétrica; verificar a rotina da creche em relação à utilização da água e propor modificações para reduzir seu consumo e estudar a possibilidade de ampliar a utilização da mesma provida pela mina de água existente no local.

O objetivo do projeto é sugerir modificações na utilização dos recursos, adaptar as configurações atuais dos sistemas elétricos, hídricos e dos equipamentos que utilizam gás e/ou desenvolver novos sistemas para racionalizar o uso energia elétrica, gás e água, minimizando desta forma as despesas na manutenção da creche. Essa redução nas despesas permite melhorar a qualidade do atendimento assim como aumentar a quantidade de beneficiários.

### **1.3 Metodologia**

Após uma primeira visita à Creche Pré-Escola da Vila Curuçá, determina-se quais são os equipamentos, elétricos ou não, em uso. Uma breve conversa com os funcionários verifica o nível de consciência destes em relação à economia de energia, água e de outros recursos. Com esses dados em mãos é possível identificar quais são os possíveis pontos de atuação nos quais este projeto está focado. Inicia-se então uma pesquisa bibliográfica que fornece as informações e conhecimentos necessários para a realização do trabalho, permitindo o dimensionamento dos sistemas de aquecimento de água alternativos, bem como o projeto de um sistema de tubulação de água. Em seguida realiza-se um estudo de viabilidade técnica e econômica de implementação desses sistemas, através da verificação de custo/benefício. Feita a análise do estudo de viabilidade, identificam-se as melhores alternativas. Para finalizar será feita uma conclusão, no qual os resultados serão analisados.

## 2 CENÁRIO ENERGÉTICO E AMBIENTAL

### 2.1 Contexto energético

A população mundial atingiu os 6,5 bilhões este ano, registrando um aumento de 1 bilhão de habitantes em relação a 1993, apesar da baixa fecundidade nos países desenvolvidos e da elevada mortalidade nos países em desenvolvimento.

A população do planeta poderá chegar aos 7 bilhões, em 2012, podendo estabilizar em 9 bilhões, em 2050. No entanto, a taxa de crescimento diminuiu de 2%, no final da década de 60, para 1,2% nos nossos dias.

Esse crescimento populacional acarreta um aumento da demanda pelos recursos energéticos tais como alimentos, derivados de petróleo e energia elétrica. Há também um aumento no consumo dos recursos naturais, como por exemplo a água doce. Por esse motivo temas como o esgotamento das reservas de petróleo, crises energéticas e a escassez da água doce são cada vez mais corriqueiros.

Com a crise de 1973, as limitações do petróleo tornaram-se mais evidentes e reais. Em regime de escassez, a busca de novas fontes alternativas de energia foi incentivada no mundo todo, inclusive no Brasil; bem como os esforços na conservação de energia.

#### 2.1.1 Energia solar

Vivemos todos os dias em contato com a energia mais expressiva do planeta: a do sol. Anualmente, o sol fornece para a atmosfera terrestre cerca de  $1,5 \times 10^{18}$  kWh de energia, sendo este valor 10.000 vezes o consumo mundial de energia nesse período. E o Brasil tem fortes motivos para utilizar essa energia gerada em abundância, já que é um dos países mais ricos no mundo em incidência de raios solares, principalmente nas regiões Norte e Nordeste.

Por ser uma fonte inesgotável, há um enorme potencial na utilização dessa energia através de sistemas de captação e conversão da energia solar para outras formas de energia como a térmica e a elétrica.

Ao longo dos anos o maior desafio para a ciência nessa área, foi, e ainda é, o de desenvolver equipamentos que convertam, com eficiência e baixo custo, a radiação solar em eletricidade. Talvez esteja aí a razão da tímida geração de eletricidade a partir da energia solar que o país possui.

Transformar energia solar em elétrica depende fundamentalmente de uma unidade denominada célula fotovoltaica, que converte diretamente a radiação solar em eletricidade. Os primeiros estudos sobre esses componentes foram realizados em 1839.

As células fotovoltaicas são constituídas basicamente de materiais semicondutores. O silício é o material mais empregado.

### **2.1.2 Gás natural e o gás liquefeito de petróleo**

O gás natural encontra-se acumulado em rochas porosas no subsolo, freqüentemente acompanhado por petróleo, constituindo reservatórios naturais. O gás natural é um recurso energético abundante e que representa uma alternativa econômica tanto para consumo industrial quanto residencial. É também uma energia 'limpa', que não causa danos ao ambiente e tem grande importância para a diversificação da matriz energética brasileira, com a diminuição da dependência da energia hidrelétrica e dos derivados de petróleo.

O gás natural é definido como uma mistura de hidrocarbonetos, contendo predominantemente metano, etano e propano que à temperatura ambiente e pressão atmosférica permanecem no estado gasoso. Apresenta normalmente baixos teores de contaminantes tais como nitrogênio, dióxido de carbono, água e compostos sulfurados, com raras ocorrências de gases nobres (hélio e argônio).

Além do uso já tradicional, em fogões, o gás natural também possui outras aplicações, tais como em secadoras de roupas, geladeiras, lareiras e churrasqueiras. Entretanto, é no aquecimento de água e ambientes que o uso de gás natural encontra-se mais difundido. No aquecimento de água a aplicação mais comum envolve a geração de água quente para banhos em chuveiros ou piscinas.

O gás liquefeito de petróleo (GLP) pode ser obtido das frações mais leves do petróleo ou das mais pesadas do gás natural. Nas condições de armazenamento e transporte encontra-se na fase líquida, embora à temperatura ambiente e pressão atmosférica seja um produto gasoso. É comercializado em botijões e utilizado em aquecimento para diversos fins.



## **2.2 Contexto ambiental**

### **2.2.1 Energia elétrica**

O Brasil é um país que possui um elevado número de rios, contendo em seu território grande parte das duas maiores bacias hidrográficas do planeta, a Amazônica e a Platina.

O consumo de energia elétrica aumenta anualmente devido ao acesso a esse tipo de energia estar cada vez mais fácil.

Embora no Brasil mais de 82% do potencial instalado de produção de energia elétrica seja proveniente das grandes usinas hidrelétricas, energia essa considerada uma energia renovável e limpa, há certa dúvida em relação à “limpeza” desse tipo de energia já que a construção de barragens causa a inundação de grandes áreas, geralmente florestas. Além de causar grande impacto ambiental sobre a fauna e a flora, as florestas submersas podem passar a emitir metano para a atmosfera.

Desta forma, do ponto de vista ambiental, é sempre prudente buscar alternativas de geração de energia menos impactantes ao meio ambiente, pois as fontes alternativas geram impactos ambientais em menor extensão do que aqueles gerados por uma usina de grande porte, como uma hidrelétrica.

### **2.2.2 Água**

A água constitui um elemento essencial à vida, devendo chegar com quantidade e qualidade adequadas para uma vida saudável..

De acordo com dados do International Hydrological Programme da UNESCO sobre recursos hídricos, o volume total de água no planeta é estimado em torno de 1,4 bilhões km<sup>3</sup>. Porém, 97,5% dessa água é salgada, e está basicamente nos mares e oceanos. A água doce, que só representa 2,5% do total, está em sua maior parte nas calotas polares, estando apenas 0,3% desta disponível e de fácil acesso em lagos, rios e lençóis subterrâneos pouco profundos.

O crescimento populacional constante e o desenvolvimento das atividades humanas, com distribuições quase sempre não homogêneas, e a disposição de água também irregular, contribuem para o aumento de pressão sobre os mananciais existentes. Além disso, devido a atividade humana os rios, represas e o solo passaram a receber poluentes.

Desta forma, a escassez de água no planeta torna-se evidente como uma preocupação mundial. Hoje, está ficando cada vez mais difícil encontrar água de qualidade.

### **3 INSTITUTO CRIANÇA CIDADÃ - ICC**

#### **3.1 A instituição**

Há seis anos, o Instituto Criança Cidadã (ICC) mantém continuamente o trabalho que desenvolve junto às comunidades das regiões sul, leste e oeste da capital e do município de Guarulhos. Tem por objetivo beneficiar, de forma gratuita, crianças, jovens e adultos provenientes de famílias de baixa renda e em situação de risco pessoal e social. Para tanto, oferece atividades de educação e cultura através de cinco projetos sócio-educativos: Creche Pré-Escola, Complementação Escolar, Iniciação ao Trabalho, Alfabetização de Jovens e Adultos e Nossa Comunidade.

Para que tudo isso seja possível, é necessária a parceria com algumas empresas que também buscam dar apoio à sociedade. As empresas mantenedoras do Instituto Criança Cidadã são: Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista, CTEEP; Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, SABESP e a Companhia Energética de São Paulo, CESP.

#### **3.2 Projetos sociais**

##### **3.2.1 Complementação Escolar**

Este projeto tem por objetivo o atendimento às crianças e adolescentes entre cinco e vinte anos de idade, no período complementar à escola, oferecendo atividades de arte-educação e cultura.

A formação e o desenvolvimento de maneira completa ocorrem por meio da convivência de educadores e da sociedade com os alunos. Por meio da participação em múltiplas linguagens, como atividades circenses, teatro, música e dança, esporte e lazer, artes plásticas e capoeira, o projeto busca oferecer ainda a ampliação do universo cultural e o exercício pleno da cidadania.

##### **3.2.2 Centro de Iniciação ao Trabalho**

O Centro de Iniciação ao Trabalho oferece aos jovens de quinze a dezenove anos uma proposta educacional inovadora em sua prática, buscando a formação integral e não apenas o treinamento em atividades específicas, promovendo reflexões acerca do conhecimento do trabalho, sua organização social, sua evolução e mecanismos, propiciando a seus participantes contextualizar e contemplar sua

história, seus valores e a imagem que trazem do trabalho, permitindo estabelecer objetivos, criar metas e construir seus projetos de vida.

Este programa visa ampliar as possibilidades de empregabilidade desses jovens, aproveitando de forma eficiente seus potenciais, estimulando-os nas relações de grupo, no convívio social e na cooperação, elementos essenciais no mundo do trabalho.

### **3.2.3 Alfabetização de Jovens e Adultos**

O projeto Alfabetização de Jovens e Adultos tem por objetivo propiciar oportunidade de acesso à educação, àqueles que não cursaram ou não concluíram as séries iniciais do ensino fundamental, contribuindo assim para sua inclusão social.

### **3.2.4 Nossa Comunidade**

Outro foco de atuação está nas ações de desenvolvimento comunitário, pela crença de ser este o melhor caminho de ampliação dos resultados de seus projetos, anteriormente voltados à educação.

Tem por desafio conquistar uma posição de referência para as questões sociais das comunidades, auxiliando-as na resolução de seus problemas, a partir da sua articulação com os demais atores sociais, facilitando o acesso à informação e aos recursos existentes.

### **3.2.5 Creche Pré-Escola**

A Creche Pré-Escola, como espaço educacional de importante função para o desenvolvimento do cidadão e primeira etapa da educação básica, tem como finalidade o desenvolvimento integral da criança de até 6 anos de idade em seus aspectos físicos, psicológicos, intelectuais e sociais, complementando a ação da família e da sociedade.

Atualmente o Instituto Criança Cidadã disponibiliza nove creches espalhadas pela cidade, uma delas está localizada na Vila Curuçá. Esta unidade servirá como fonte de estudo para este trabalho, sendo projetos elaborados neste poderão vir a ser implantados não somente nesta unidade, porém abrangendo todas as nove unidades.

#### 4 CRECHE PRÉ-ESCOLA CURUÇÁ

A creche pré-escola situada na Vila Curuçá é uma das nove unidades disponibilizadas para a formação inicial de crianças com até seis anos de idade. As atividades na creche iniciam-se no início da manhã, tendo seu término no final da tarde. Durante o período no qual as crianças permanecem na creche, parte do tempo é utilizado para fins educacionais dentro dos módulos, espaços utilizados para acomodar as crianças separadas por faixa etária e a outra, dedicada para o lazer e a parcela restante para as refeições.

Além dos módulos, a creche possui uma cozinha, com fogões industriais, refrigeradores e fornos; uma lavanderia, local onde os panos de mesa bem como outros tecidos são lavados e dois banheiros: um deles utilizado para banho e outro contendo vasos sanitários.

No interior do perímetro da creche há uma mina de água. A creche tem permissão para estar utilizando a água provinda dela, porém a utilização ainda é mínima.

Todas as atividades desenvolvidas na creche, desde a cocção de refeições até a reprodução de um vídeo, acarretam em gastos de energia e/ou no gasto de recursos hídricos. O objetivo dos estudos a serem desenvolvidos é minimizar o gasto de energia, através da utilização racional ou pela implantação de algum equipamento.

##### 4.1 Consumo de água, energia elétrica e gás

A energia elétrica é gasta com iluminação no turno da noite, horário em que um vigia permanece no local, deixando as luzes dos corredores internos e algumas luminárias do lado externo acesas por motivo de segurança. Durante o horário de funcionamento da creche, gasta-se energia elétrica não somente com iluminação, mas também com alguns equipamentos e máquinas.

Os aparelhos que utilizam energia elétrica serão descritos a seguir:

- 3 Bombas (recalar água para a caixa d água), sendo uma sobressalente

Motor WEG

Voltagem: 220 / 380 V

Modelo: A560290

Amperagem: 2,2 / 1,3 A

Potência: ½ CV

Frequência da rede: 60 Hz

- Caldeira (aquecimento de água utilizado na lavagem de utensílios de cozinha e no banho das crianças)

Marca: MVRivametal	Combustível: gás GLP
Modelo: MV.G 750/45	Temperatura da água: 60 °C
Potência: 45.000 kcal	Consumo de combustível: 4,7 kg/h
Capacidade: 900 litros	Temperatura: aquecimento em 50 °C
Fabricação: 28/09/1989	

- Lavadora de roupas (lavar panos de mesa)

Marca: Laundry Machine	Capacidade: 12 kg
Série: 3400	Voltagem: 220 V

- 2 Geladeiras

Voltagem: 127 V	Potência: 300 W
-----------------	-----------------

- Freezer

Voltagem 220 V	Potência: 400 W
----------------	-----------------

- Microondas

Voltagem: 120 V	Frequência: 50 Hz
Potência: 1250 W	

- Televisor

Amperagem: 90 A	Frequência: 50/60 Hz
Potência: 50 W	

- Radio

Voltagem: 110~120V / 220~240V	Frequência: 50/60 Hz
Potência: 27 W	

Para a redução do consumo de energia elétrica, mais adiante realizar-se-á o dimensionamento e estudo de viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico autônomo.

## 4.2 Planta

A creche é composta por uma única edificação que contém todos os módulos, a cozinha, banheiros e salas administrativas. A Planta é indicada a seguir:

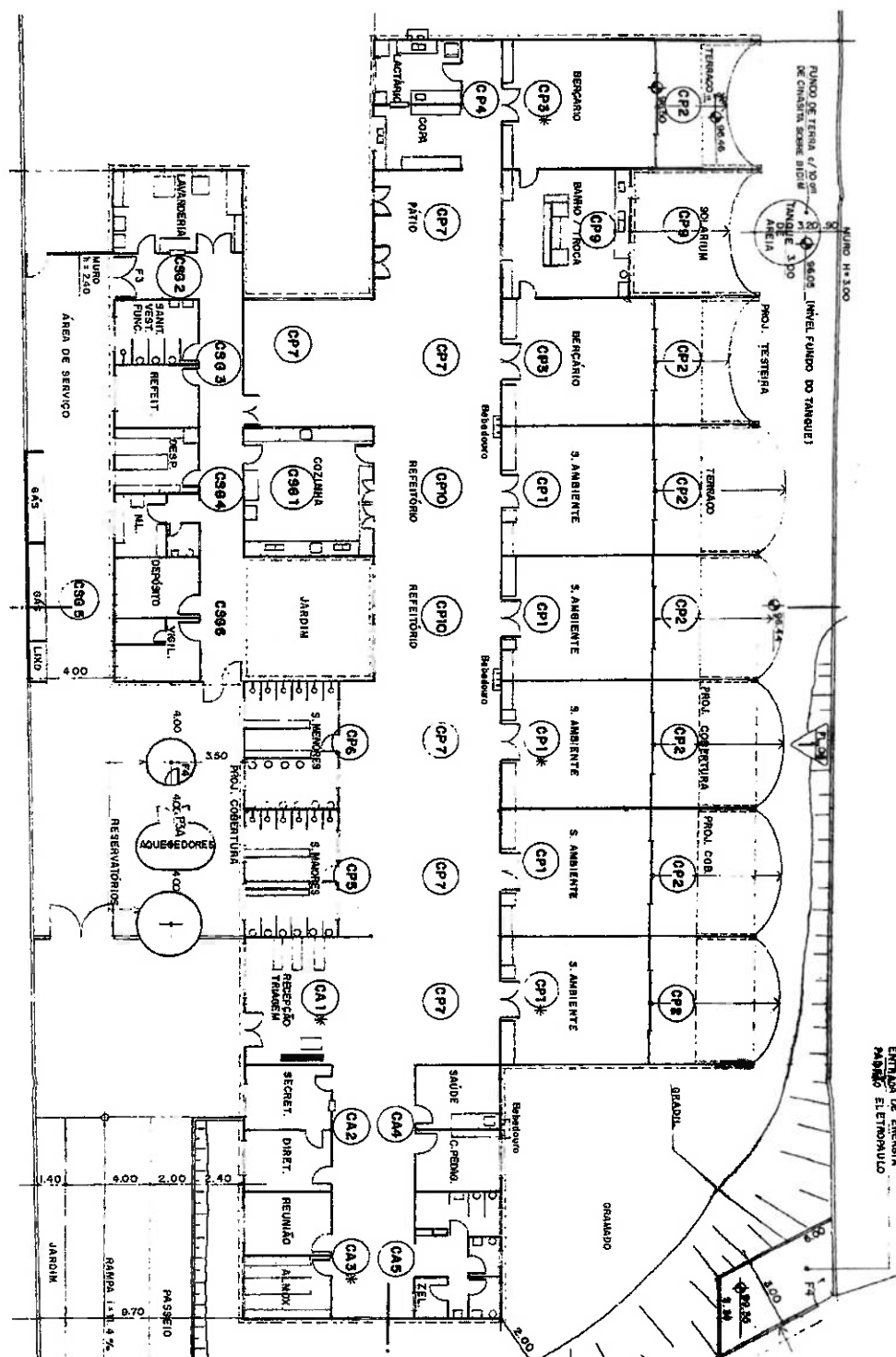


Figura 1 - Planta da Creche da Vila Curuçá

A legenda abaixo se refere à planta anterior.

Conjunto Administração		Serviços Gerais	
CA1	Recepção e triagem	CSG1	Cozinha
CA2	Diretoria / Secretaria	CSG2	Lavanderia
CA3	Almoxarifado / Sala de reunião	CSG3	Sanit. Vest. Fem. / Ref. Funcionários
CA4	Coord. Pedag. / Sala de saúde	CSG4	Despensa / Material de limpeza
CA5	S. zelador / Sanitário Público / Vestiário Masc.	CSG5	Abrigo lixo / Gás
		CSG6	Sala vigia
Conjunto Pedagógico			
CP1	Sala ambiente	CP6	Sanit. menores
CP2	Terraço	CP7	Pátio coberto
CP3	Berçário	CP8	(Teatrinho descoberto)
CP4	Lactário / Copa dos bebês	CP9	Banho troca / Solarium / Rouparia
CP5	Sanit. maiores	CP10	Refeitório

#### 4.3 Consumo de água, energia elétrica e gás

Identificar o perfil de consumo de energéticos e água da creche além de fornecer dados relativos às quantidades de água, energia elétrica e gás consumidos, ajuda a controlar os gastos efetuados e possíveis perdas com vazamentos e fuga de corrente elétrica. A tabela 1 apresenta o consumo dos energéticos e da água assim como as respectivas tarifas pagas.

Tabela 1 - Consumo de água, energia elétrica e gás  
Fonte: Instituto Criança Cidadã

SERVIÇOS	Unid. Med.	2 0 0 2											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Água	m³	83	197	288	275	283	398	408	536	713	282	218	202
	R\$	405	1071	1602	3053	1573	1953	2303	3193	4420	1696	1291	1190
Energia Elétrica	kWH	1139	3555	2017	2066	3152	2585	2070	2484	2792	2634	2506	2388
	R\$	255	796	574	593	754	684	644	740	796	767	744	723
Gás	kG		389	312	361	195			203	174	268		184
	R\$		469	367	424	262			337	289	490		355

SERVIÇOS	Unid. Med.	2 0 0 3											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Água	m³	82	183	220	220	207	237	116	268	252	219	247	230
	R\$	432	1071	1305	1305	122	1421	647	1607	1764	1544	1755	1627
Energia Elétrica	kWH	2365	3015	2748	3013	2660	2851	2235	2639	2609	2732	2991	2704
	R\$	720	836	788	836	784	818	782	881	875	945	1005	963
Gás	kG		164		209	249			597	200		350	282
	R\$		396		549	655			1569	526		920	775



SERVIÇOS	Unid. Med.	2004											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Água	m <sup>3</sup>	76	199	215	207	171	179	170	178	212	160	166	188
	R\$	470	1395	1515	1455	947	1244	941	1237	1579	940	1223	1400
Energia Elétrica	kWH	2218	2841	6485	3312	2940	3099	2531	2402	2709	2445	2188	2350
	R\$	807	974	1052	1018	944	976	1028	1072	1106	1087	1025	1062
Gás	kG			283	259	217	281		326		304	304	
	R\$			778	712	596	801		929		866	887	

SERVIÇOS	Unid. Med.	2005											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Água	m <sup>3</sup>	60	125	186	170	182	167	134	183	169			
	R\$	373	914	1384	1255	1352	1231	967	1360	1337			
Energia Elétrica	kWH	1642	3891	2334	2131	1933	2142	2326	2331	3054			
	R\$	900	1002	1057	641	629	662	993	1016	1198			
Gás	kG		249		213	318			317		407		
	R\$		727		643	960			957		1315		

A figura 2 abaixo representa graficamente a tabela anterior:

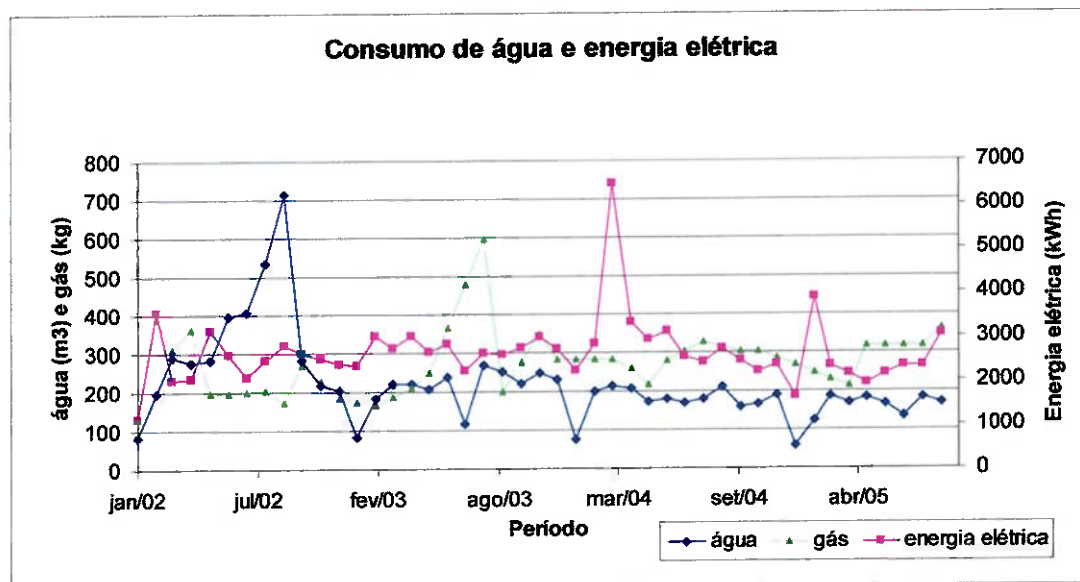


Figura 2 - Curva dos gastos de água, gás e energia elétrica

## 5 ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA

### 5.1 Considerações sobre a geração e o consumo de eletricidade no Brasil

O estilo de vida adotado pelas pessoas busca sempre a praticidade e o mínimo esforço para a realização de tarefas. No decorrer do tempo, aparece no mercado um montante cada vez maior de equipamentos, utensílios e ferramentas que proporcionam alguns dos prazeres da vida moderna, o conforto e o bem estar do indivíduo. Entretanto, uma parcela significativa desses benefícios demanda um consumo maior de energia, principalmente de energia elétrica.

No ano de 2003, o consumo final de eletricidade atingiu 341,9 TWh, montante 5,4% superior ao de 2002. Neste contexto, o consumo residencial, de 76,1 TWh (+4,7%), reverteu as performances negativas de 2001 e 2002, o consumo comercial, de 48,4 TWh (+6,5%), superou o crescimento do ano anterior em 2,4%, e o consumo industrial, de 160,4 TWh, também apresentou boa performance, crescendo 5,1%. Estas considerações estão apresentadas na tabela 2:

Tabela 2 - Dados energéticos  
Fonte: BEN 2004

DADOS DE ENERGIA ELÉTRICA				
ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	2002	2003	% 03/02
DISPONIBILIDADE TOTAL	TWh	382,2	402,1	5,2
GERAÇÃO TOTAL (PÚBLICA E AUTOPRODUTORES)	TWh	345,7	364,9	5,6
GERAÇÃO HIDRO PÚBLICA	TWh	274,3	294,3	7,3
GERAÇÃO TERMO PÚBLICA (+ nuclear)	TWh	37,3	35,0	-6,1
GERAÇÃO A ENERGIA NUCLEAR	TWh	13,0	13,4	-3,5
GERAÇÃO PÚBLICA A GÁS NATURAL	TWh	9,1	9,1	-0,3
GERAÇÃO PÚBLICA A CARVÃO MINERAL	TWh	5,1	5,3	3,4
GERAÇÃO DE AUTOPRODUTORES	TWh	34,1	35,7	4,7
IMPORTAÇÃO LÍQUIDA	TWh	36,6	37,1	1,5
CONSUMO FINAL TOTAL	TWh	324,4	341,9	5,4
CONSUMO RESIDENCIAL	TWh	72,8	76,1	4,7
CONSUMO COMERCIAL	TWh	45,4	48,4	6,5
CONSUMO INDUSTRIAL	TWh	152,7	160,4	5,1
CONSUMO EM OUTROS SETORES	TWh	53,6	57,0	6,4
PERDAS SOBRE A OFERTA TOTAL	%	15,1	15,0	-1,1
CAPACIDADE INSTALADA (PÚBL. + AUTOP)	GW	82,5	86,5	4,9

No Brasil, do total de 364,9 TWh disponibilizados através da geração térmica, nuclear, hidrelétrica e pela importação, 74,9% dessa energia foi gerada nas usinas hidrelétricas, a partir do aproveitamento da energia potencial das águas. A figura 3 ilustra a oferta de eletricidade:

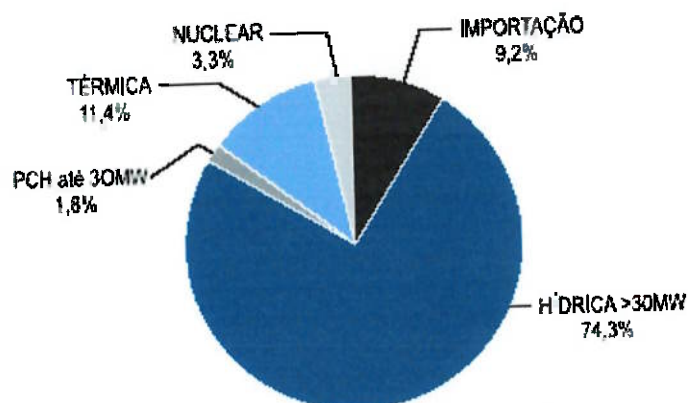


Figura 3 - Estrutura da oferta de eletricidade – 2003 Brasil  
Fonte: BEN 2004

O Brasil possui atualmente 23 usinas hidrelétricas espalhadas pelo território. Os rios São Francisco, Iguaçu, Grande e Paraná concentram em seu percurso 17 das 23 usinas brasileiras, sendo que a maior delas está situada no Rio Paraná. Com uma potência instalada de 12.600 MW, a usina de Itaipu é uma das maiores do mundo em operação.

## 5.2 Programa para Uso Racional da Energia - PURE

O Programa para o Uso Eficiente de Energia Elétrica na USP foi criado em 1997 a partir de uma iniciativa de professores e pesquisadores do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas - PEA - da Escola Politécnica da USP. Primeiramente, foi realizada uma pesquisa objetivando identificar o potencial existente para aplicação dos princípios da conservação de energia elétrica, obtendo um resultado positivo.

Assim sendo, este projeto tem como objetivo a implementação de medidas de gestão e de eficiência energética, visando a redução do consumo e do desperdício de energia elétrica, o aumento da participação de fontes alternativas na matriz energética, e também, incentivar grupos de pesquisas e disseminar o uso racional e eficiente da energia, despertar a comunidade universitária, principalmente, para a atual forma de encarar as questões de restrições energéticas, de manutenção predial, meio ambiente e comportamento humano, de modo a contribuir na busca do desenvolvimento sustentável.

Os projetos mantidos pelo programa são:

- SISGEN - sistema de monitoramento de uso de energia elétrica na Universidade.
- Projetos de Eficiência Energética - implementação de projetos para reformas de instalações das unidades.
- CONTALUZ - sistema web de armazenamento de dados de energia elétrica e gerenciamento de faturas.
- Divulgação e Treinamento- ações de aperfeiçoamento técnico de funcionários e de divulgação.
- Racionamento de energia na USP.
- Gestão de Contratos - ações que visam gerenciar os contratos de fornecimento de Energia.
- Multa Zero - projeto que visa eliminar multas das faturas de energia elétrica.

### **5.3 Energia Solar**

#### **5.3.1 A energia solar**

A energia solar é a fonte de energia de praticamente todas as formas de energia, ou seja, as fontes de energia são, em última instância, derivadas da energia do Sol.

É a partir da absorção da energia do sol que se dá a evaporação, dando vida ao ciclo da água. Isto é o que possibilita seu represamento e conseqüente geração de eletricidade através das hidrelétricas. A radiação solar também induz a circulação do ar em larga escala devido ao aquecimento diferenciado da atmosfera. Esses ventos foram responsáveis por mover moinhos por muito tempo, e atualmente são a força

motriz dos mais modernos sistemas de transformação da energia eólica em eletricidade. Petróleo, carvão e gás natural são originários dos resíduos de plantas e animais que originalmente obtiveram a energia necessária para o seu desenvolvimento da radiação solar. É também por causa do sol que os vegetais, como a cana-de-açúcar e a beterraba, podem se desenvolver, fazer fotossíntese, e posteriormente ser transformada em álcool. Estes são apenas alguns exemplos da ação do sol.

Também foi a radiação solar que facultou a existência da vida na Terra da maneira como a conhecemos, com base nos diversos agrupamentos de carbono e hidrogênio.

### **5.3.2 O que é a energia solar**

O sol, considerada como uma estrela de tamanho médio, é uma enorme esfera de gás incandescente composta essencialmente por hidrogênio e hélio, com diâmetro de 1,39 milhões de quilômetros e dista cerca de 150 milhões de quilômetros da Terra.

No centro da estrela encontra-se o núcleo, cuja temperatura alcança os 15 milhões de graus centígrados e é onde ocorre o processo de fusão nuclear por meio do qual o hidrogênio se transforma em hélio. A energia gerada por essa reação é que mantém o sol aquecido.

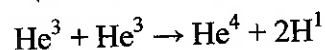
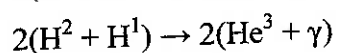
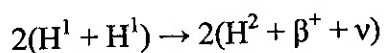
A superfície luminosa do Sol é chamada de fotosfera. Apesar de seu aspecto compacto, esta não é sólida, é gasosa. A fotosfera constitui zona limítrofe entre a densa e opaca massa gasosa das regiões centrais do Sol e o material mais tênue e transparente do exterior. Com a análise do espectro solar, determina-se a temperatura superficial e sua composição química. A temperatura efetiva da superfície do sol atinge os 5489 °C (5762 K).

Devido às correntes de gás quente que sobem à superfície e voltam a descer, a fotosfera apresenta um aspecto granuloso. A parte superior dessas colunas de gás forma cristas conhecidas como grânulos, de centenas de quilômetros de diâmetro, dos quais existem milhões na fotosfera. A vida média desses grânulos é de somente 10 minutos, motivo pelo qual a superfície do sol está em constante mudança. Nesta camada os gases estão fortemente ionizados e prontos para absorver e emitir um espectro contínuo de radiação.

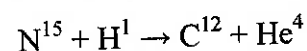
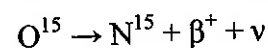
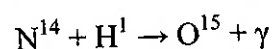
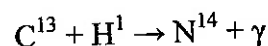
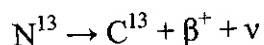
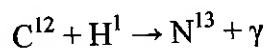
A fonte de energia das estrelas, capazes de emitir enorme quantidade de energia por longo período de tempo, foi um enigma por muito tempo. Hoje a hipótese aceita é que a energia provém da fusão de núcleos atômicos. O processo mais freqüente é a transformação de quatro núcleos do isótopo mais comum de hidrogênio ( $H^1$ ) em um núcleo do isótopo mais comum do hélio ( $He^4$ ). Ocorre portanto a transformação de quatro prótons em uma partícula  $\alpha$ , constituída por dois prótons e dois nêutrons. A massa da partícula  $\alpha$  formada é menor que a massa dos quatro prótons e a energia correspondente a esta diferença de massa é dada pela equação:  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ .

A fusão do hidrogênio pode se processar de duas formas: através da reação próton-próton (cadeia PP) ou pelo ciclo do carbono-nitrogênio (cadeia CN). Essas reações ocorrem segundo as reações descritas a seguir:

#### Cadeia PP



#### Ciclo CN



O sol fornece para a atmosfera terrestre cerca de  $5,51 \times 10^{24}$  J totalizando  $1,53 \times 10^{18}$  kWh por ano. Esta é uma considerável quantia de energia. O consumo de energia primária no ano de 1996 que foi de 9,6 GTEP (aproximadamente  $11,15 \times 10^{14}$  kWh) correspondendo a apenas 0,073% da energia recebida do sol.

### 5.3.3 Considerações sobre a radiação solar

A radiação emitida pelo sol pode ser aproximadamente representada pela função de distribuição de Planck. Esta função fornece a quantidade de radiação que um corpo negro, a temperatura  $T$ , emite em cada comprimento de onda e é dada pela eq.(5.1).

$$B_{\lambda}(T) = \frac{a}{\lambda^5 \left( e^{\frac{b}{\lambda T}} - 1 \right)} \quad (5.1)$$

Onde  $B_{\lambda}(T)$  é a emissividade espectral de um corpo negro à temperatura  $T$ . As constantes  $a$  e  $b$  podem ser determinadas através das expressões (5.2) e (5.3).

$$a = 2\pi \cdot h \cdot c^2 \quad (5.2)$$

$$b = \frac{h \cdot c}{k} \quad (5.3)$$

onde  $h$  é a constante de Planck,  $h = 6,63 \times 10^{-27}$  erg.s;  $c$  é a velocidade da luz,  $c = 300.000.000$  m/s e  $k$  é a constante de Boltzmann,  $k = 1,38 \times 10^{-16}$  ergs/K.

A massa de ar, AM, é definida como sendo o caminho percorrido pela radiação solar desde quando esta incide na atmosfera até atingir a superfície terrestre. Esta é definida como  $AM = 1/\cos\theta$ , sendo  $\theta$  o ângulo formado entre o feixe solar e a vertical no local de incidência. Quando o sol está no zênite do local, perpendicular a superfície, o caminho percorrido pela radiação dentro da atmosfera é igual a 1, ou seja, AM 1,0. A medida que cresce o ângulo entre o feixe solar e a vertical do local (ângulo zenital -  $\theta_z$ ), aumenta a massa de ar, como ilustra a figura 4.

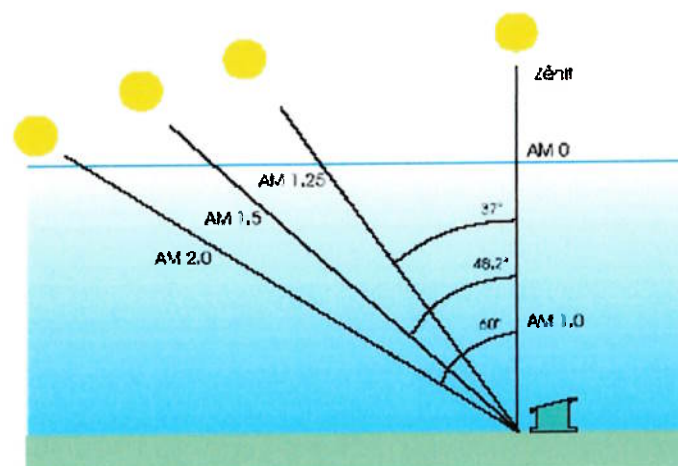


Figura 4 - Massa de ar em função do ângulo azimutal  
Fonte: Oliveira, 2004.

A distribuição espectral da radiação solar que percorre o espaço pode ser aproximada ao de um corpo negro. Isto procede do fato de o sol não estar em estado de equilíbrio radiativo nem termodinâmico. Ao entrar na atmosfera terrestre, a radiação solar, juntamente com seu espectro, sofrem algumas alterações devido a espalhamentos sucessivos pela presença de material particulado em suspensão e absorções em determinados comprimentos de onda específicos por elementos presentes na atmosfera, tais como  $O_3$ ,  $H_2O$ ,  $O_2$  e  $CO_2$ . Essas atenuações sofridas dependem da massa de ar que a radiação atravessa. A figura 5 apresenta o espectro solar e após as absorções e espalhamentos.

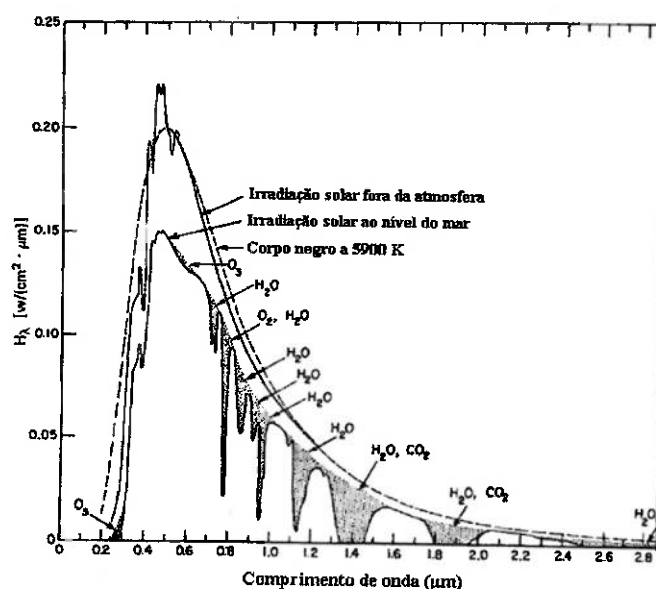


Figura 5 - Espectro solar

Fonte: [http://disc.gsfc.nasa.gov/geomorphology/GEO\\_APPENDIX\\_A.HTML](http://disc.gsfc.nasa.gov/geomorphology/GEO_APPENDIX_A.HTML)

A radiação emitida pelo sol compreende uma faixa de comprimentos de onda que varia de 100 nm até cerca de 8.000 nm, sendo que o comprimento de onda de maior intensidade emissiva é de 550 nm, correspondente à cor verde.

Pode-se considerar que a radiação eletromagnética é constituída por pacotes de energia denominados fótons. Os fótons mais energéticos do espectro solar possuem cerca de 12,4 eV (100 nm), enquanto o pico de emissão está nos fótons com energia de 2,48 eV (550 nm). As células fotovoltaicas de Silício absorvem fótons com energia igual ou superior a 1,127 eV, desta forma, apenas os fótons com comprimento de onda inferiores a 110 nm são capazes de gerar eletricidade.



A órbita da Terra não descreve uma circunferência perfeita ao redor do sol. A excentricidade da órbita da Terra é tal que a distância entre estes corpos celestes varia aproximadamente 1,7%. Esta distância expressa em uma unidade astronômica, definida como a distância média entre o sol e a Terra, é  $ua=1,496 \times 10^8$ . A constante solar  $H$ , é definida como sendo o fluxo radiante que incide em uma superfície unitária, perpendicularmente ao feixe da radiação solar, a uma unidade astronômica de distância do sol.

As primeiras estimativas da constante solar foram feitas a partir de medidas obtidas à superfície da Terra. Para atingir o solo, a radiação deve primeiramente passar pela atmosfera, sendo parcialmente absorvida e espalhada durante o percurso. Os primeiros estudos de Charles Greeley Abbot (1872 - 1973) chegaram a um valor de  $1322 \text{ W/m}^2$  para a constante solar. Em 1954 esses estudos foram revistos por Johnson a partir de medidas obtidas por foguetes, obtendo um valor de  $1395 \text{ W/m}^2$ . Numerosas revisões dos dados e novas técnicas para as medições, como a utilização de balões e satélites, fizeram com que o valor da constante fosse sendo atualizado até chegar ao valor adotado neste trabalho:

$$G_{sc} = 1.367 \text{ W/m}^2$$

De toda radiação solar que atinge a atmosfera parte é refletida de volta ao espaço interestelar. Da radiação que adentra na atmosfera, uma fração é absorvida pelos elementos que a constituem, outra é espalhada pelo material particulado em suspensão. A parcela da radiação que não foi absorvida, refletida nem espalhada pela atmosfera, atinge o solo terrestre, podendo ser absorvida ou refletida.

Do total irradiação que atinge a atmosfera terrestre e não é refletida, 24% é refletido nas nuvens, 18% absorvido pela atmosfera, 7% é perdida pela difusão molecular e 4% é refletido na Terra. A irradiação solar que sobre o solo corresponde a aproximadamente 40% de toda irradiação que chega ao planeta [Cometta, 1978].

No Estado de São Paulo incide anualmente, em média, cerca de  $1.570 \text{ kWh/m}^2$  na superfície horizontal ou cerca de  $1.650 \text{ kWh/m}^2$  em planos inclinados a 30 graus [dados medidos pelo IAG, 1994/1995]. Sendo a área superficial de São Paulo aproximadamente  $428.000 \text{ km}^2$ , incide sobre o Estado uma irradiação de  $6,72 \times 10^{14} \text{ kWh}$  no plano horizontal ou  $7,02 \times 10^{14} \text{ kWh}$  no plano inclinado anualmente.

### 5.3.4 Evolução da utilização da energia solar

Os aparelhos fotovoltaicos convertem diretamente a radiação solar em eletricidade, sem a utilização de qualquer parte móvel ou processos intermediários. Apesar de o fenômeno básico que está por trás da operação das células fotovoltaicas ter sido descoberto em 1839, a primeira célula solar baseada no silício foi fabricada pela primeira vez somente em 1954, nos Estados Unidos da América. As células fotovoltaicas destinavam-se para aplicações espaciais, nos antigos satélites russos e americanos. Atualmente, todos os satélites obtêm energia a partir da luz solar.

O altíssimo custo das primeiras células solares, cerca de US\$ 600,00 por watt, fez com que a produção de energia a partir destas fosse economicamente inviável. Durante a década de 60 houve um grande avanço na tecnologia reduzindo significativamente o custo da energia, atingindo valores que variavam entre US\$ 100,00 e US\$ 200,00 por watt. Porém estes valores ainda seriam 50 vezes o custo da eletricidade gerada através das tecnologias convencionais. Com a crise energética de 1973, o preço da energia aumentou drasticamente criando um ambiente favorável aos programas de pesquisa voltados a redução do custo da célula solar aplicações terrestres.

Um significativo avanço na tecnologia fotovoltaica e redução de custo decorram desses programas de pesquisa. Hoje, as células solares possuem alta qualidade e confiabilidade e estão sendo utilizadas no mundo inteiro. Os custos da implantação desse sistema variam dependendo do local, demanda elétrica e financiamento, apresentando um preço médio entre US\$ 6,00 e US\$ 7,00 por watt.

Embora vários projetos de energização fotovoltaica estejam sendo implementados, tanto nos países industrializados como naqueles em desenvolvimento, o mercado fotovoltaico é ainda uma fração do que poderia ser. Uma parcela significativa da população residente no meio rural não tem acesso à energia elétrica nem aos benefícios que esta pode trazer. A tecnologia fotovoltaica pode, neste contexto, auxiliar na resolução destes problemas específicos, além de ter um potencial de aliviar a demanda por eletricidade nos grandes centros urbanos, através dos sistemas conectados à rede.

### 5.3.5 Sistema Fotovoltaico Autônomo

Um sistema fotovoltaico autônomo (SFA) consiste de um conjunto de elementos capazes de fornecer carga elétrica isolada da rede de distribuição de energia convencional, utilizando para tal a radiação solar como fonte energética.

Os principais elementos constituintes em um sistema fotovoltaico autônomo são a própria carga elétrica e o gerador fotovoltaico. Esses sistemas de grande simplicidade permitem consumos proporcionais à irradiação solar e em períodos em que o consumo coincida com a geração.

#### 5.3.5.1 Gerador fotovoltaico

Um gerador fotovoltaico permite a conversão direta da radiação que incide sobre sua superfície em eletricidade. Um gerador é composto por módulos, e os módulos são formados de células fotovoltaicas. A tensão e a potência de pico de um módulo dependem da disposição das células que podem ser conectados em série ou em paralelo.

A tensão de uma célula de Si-cristalino em seu ponto de máxima potência é da ordem de 0,45 Volts a 25 °C, independentemente de sua área, enquanto que a corrente é da ordem de 30 mA/cm<sup>2</sup> em determinadas condições. A associação de S células em série e P células em paralelo dará como resultado um módulo cujas características de máxima potência são:  $V_{\max} = 0,45 \times S$  Volts e  $I_{\max} = 30 \times P$  mA/cm<sup>2</sup>. O mesmo raciocínio é válido para estabelecer a relação tensão e corrente de um gerador fotovoltaico, resultante da conexão em série e paralelo de diversos módulos.

#### 5.3.5.2 Eficiência

As células fotovoltaicas são capazes de transformar a energia radiante do sol em eletricidade, através de um fenômeno chamado efeito fotovoltaico.

Esses dispositivos podem ser construídos com diferentes tipos de materiais. Entre os diversos materiais que podem ser utilizados (arseneto de gálio, telureto de cádmio e outros materiais semicondutores) o mais utilizado é o Silício.

Uma célula fotovoltaica não consegue absorver todos os fótons que incide sobre ela. Dependendo da energia contida em cada fóton e do ângulo de incidência,

estes podem ser absorvidos, refletidos ou simplesmente atravessam as células. Isso ocorre devido aos seguintes fatores:

- Alguns fótons do espectro solar possuem energia inferior à necessária para estes serem absorvidos pelo material semicondutor. Desta forma, atravessam a célula sem serem absorvidos, sendo o coeficiente de absorção para estes comprimentos de onda igual a zero. Este tipo de perda denomina-se perdas por não absorção.

- Alguns fótons, apesar de possuírem energia suficiente para serem absorvidos não o são. Isso ocorre pois existe uma probabilidade de o material não absorver os fótons que nele incidem. A razão desse fenômeno é a espessura finita da célula. Quanto maior a espessura da célula, maior é a chance de absorção dos fótons. Devido a alguns fatores como custo, peso, praticidade, estipula-se uma relação entre a espessura e o número de fótons a serem absorvidos. Neste caso, ocorrem perdas por transmissão.

- Uma fração dos fótons, dependendo do ângulo de incidência destes em relação à célula e de seu comprimento de onda, é refletida na superfície. Esta reflexão ocorre devido à diferença entre os índices de refração na interface ar/célula. Estas são as perdas por reflexão.

- Alguns pares de cargas geradas dentro da estrutura cristalina do material acabam recombinando-se, causando as perdas por recombinação.

Os fótons absorvidos pela célula são capazes de criar pares elétron-lacuna. Para aproveitar as cargas criadas é necessário diminuir a probabilidade de recombinação na própria estrutura do material. Para isso, cria-se um campo elétrico interno, junção p-n, através da introdução de elementos estranhos à estrutura cristalina original do Si (dopagem) [Green, 1992].

Para fazer uso das cargas geradas, são afixados contatos metálicos na superfície, local para onde estas cargas migram devido à ação do campo elétrico.

O dispositivo semicondutor dotado de uma junção p-n em seu interior e os contatos metálicos na sua superfície compõe uma célula solar. A figura 6 mostra, a estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino.

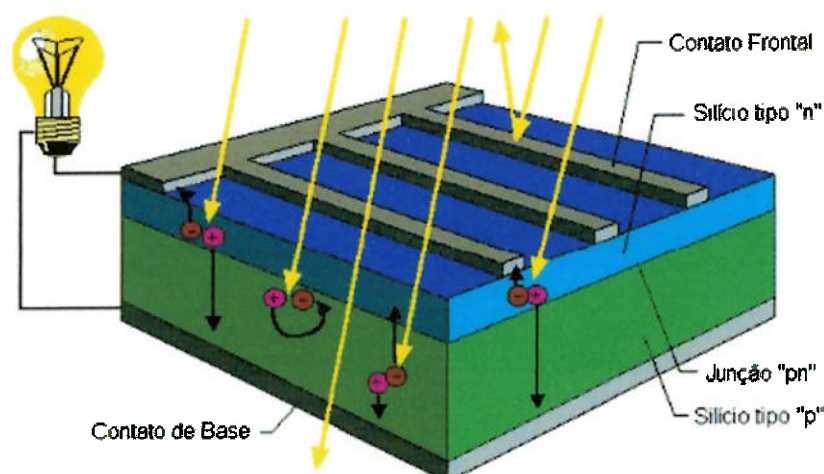


Figura 6 - Modelo de uma placa solar  
 Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br>

Para melhorar o rendimento da placa solar, algumas medidas podem ser tomadas. O material com que são feitos os contatos metálicos, sua forma e como se faz sua fixação são parâmetros que interferem no aproveitamento das cargas geradas pois estes devem expor as células ao máximo e, concomitantemente, ter uma baixa resistência elétrica. A adição de filmes anti-refletores na superfície das células tem a finalidade de minimizar as perdas por reflexão. Essa redução na reflexão ocorre pois a passagem dos fótons de um meio de baixo índice de refração para um meio de alto índice de refração se dá de maneira gradual.

### 5.3.5.3 Conversão fotovoltaica

Os materiais semicondutores são materiais que possuem a capacidade de conduzir eletricidade mais facilmente do que os materiais isolantes, porém conduzem com mais dificuldade do que os materiais condutores, metais em geral. Essa propriedade é decorrência direta dos elétrons dos átomos constituintes dos sólidos ocuparem diversos níveis de energia. Quando esses átomos são dispostos como em um cristal, ocorrem modificações nos níveis energéticos das camadas externas para acomodar a presença tão próxima de outras camadas eletrônicas dos outros átomos. Como consequência, surgem bandas de energia permitida e “bandas proibidas”, onde não é possível encontrar elétrons.

A presença de elétrons livres na banda de valência e na banda de condução, esta última situada acima da banda proibida, ocorre devido à agitação térmica dos

elétrons. Tal agitação permite alguns destes elétrons obterem energia suficiente para superar a banda proibida e alcançar a banda de condução.

Para alterar as propriedades condutoras, este é submetido à dopagem, adição de elementos químicos no cristal de silício. Os elementos mais comumente utilizados na dopagem são o fósforo (P) e o boro (B). Ao substituir um átomo de silício por um de fósforo, quatro dos cinco elétrons existentes na camada de valência deste estabelecem ligações químicas com os átomos de silício vizinhos na rede cristalina. O elétron excedente fica fracamente ligado ao seu núcleo e pode ser facilmente liberado através da absorção de uma pequena quantidade de energia. Por poder fornecer facilmente um elétron adicional na banda de condução, um material com esse tipo de dopagem é chamado tipo n.

Se, por outro lado, a dopagem ocorrer com um átomo de boro, que possui três elétrons na camada de valência, este será denominado átomo aceitador. A razão de tal nomeação é a presença de uma ligação incompleta com o átomo de silício, ou seja, uma lacuna positiva, o que classifica o boro como um material tipo p. Esta lacuna pode facilmente capturar um elétron de um átomo vizinho, bastando para isso a absorção de energia térmica da rede (fônons) ou um fóton de pequena energia.

A junção p-n é definida como a região de interface entre um semiconductor tipo p e um tipo n. Devido a existência de mais elétrons livres no semiconductor tipo n, surge um gradiente de concentrações na interface. Uma vez que os portadores podem mover-se livremente por todo o cristal, os elétrons do lado n migrarão para o lado p, igualando a concentração eletrônica em todo o volume do material. O mesmo ocorre com as lacunas que migram do lado p para o lado n.

As difusões das lacunas e dos elétrons criam respectivamente uma carga negativa no lado p e uma carga positiva no lado n. Dessa forma origina-se um campo elétrico que se opõe ao movimento de difusão dos dois tipos de portadores. Como consequência desses dois fatos, se estabelece um equilíbrio dinâmico entre as correntes de portadores que atravessam a junção por difusão e os portadores que o campo elétrico arrasta em sentido contrário.

Quando aplicada uma tensão tal que o lado p é positivo em relação ao lado n (polarização direta), O equilíbrio dinâmico estabelecido é rompido havendo

predominância da corrente de difusão sobre a que produz o campo elétrico. Desta forma circulará uma corrente pela estrutura representada pela eq.(5.4).

$$I = I_s \left( \exp \frac{q \cdot V}{k \cdot T} - 1 \right) \quad (5.4)$$

onde, q - carga do elétron

k - constante de Boltzmann

V - tensão aplicada

T - temperatura absoluta

$I_s$  - corrente de saturação

Caso seja aplicada uma tensão inversa, o campo elétrico se intensifica. Ocorre então a diminuição da corrente de portadores por difusão. Essa corrente residual que ainda se observa é a corrente de saturação  $I_s$ .

#### 5.3.5.4 Acumulador

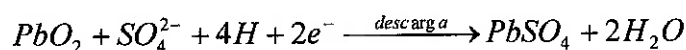
Com a função de adaptar as taxas de geração e consumo de energia, o acumulador de é um componente de suma importância para os sistemas fotovoltaicos autônomos. Sua tarefa é de armazenar energia quando a geração superar o consumo e fornece-la quando o consumo superar a geração.

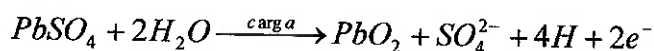
Em algumas aplicações específicas é possível utilizar acumuladores de níquel-cádmio, que possuem como característica custos elevados, em outros casos utiliza-se o armazenamento de água em depósitos elevados, acumulando energia potencial. Devido ao menor custo e à disponibilidade no mercado, a grande maioria dos sistemas fotovoltaicos utiliza baterias automotivas de chumbo ácido no sistema de acumulação.

Essencialmente, a bateria de chumbo ácido possui o ânodo de dióxido de chumbo (eletrodo positivo) e o cátodo de chumbo poroso puro (eletrodo negativo). Como eletrólito, é usado ácido sulfúrico dissolvido em água a 37%.

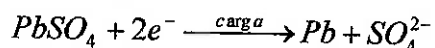
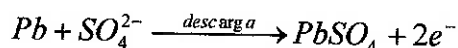
As reações químicas que ocorrem no interior desses acumuladores são descritos a seguir:

Ânodo





Cátodo



A capacidade de um acumulador armazenar energia é definida pela lei de Faraday: “a quantidade de substância química que é oxidada ou reduzida em um elemento eletroquímico, é proporcional a quantidade de eletricidade que passa através da solução”, dada matematicamente pela expressão (5.5).

$$\chi = \frac{i \cdot \Delta t}{\eta \cdot F} \quad (5.5)$$

onde:  $\chi$  - é o número de moles oxidados ou reduzidos

$i$  - é a intensidade da corrente

$\Delta t$  - é o tempo de duração da corrente.

$F$  - é a constante de Faraday, cuja magnitude é de 9.6500 coulombs por equivalente grama.

$\eta$  - é o número de elétrons transferidos.

A capacidade do acumulador pode ser descrita pela seguinte integral:

$$C = \int i_{\text{desc}} dt \quad (5.6)$$

Onde  $i_{\text{desc}}$  é a corrente de descarga da bateria. Porém, para efeitos práticos, considera-se que a corrente de descarga da bateria seja constante,  $I$ , durante o intervalo de tempo,  $\Delta t$ , necessário para que a tensão nos pólos da bateria atinja a tensão de corte  $V_{BF}$ . Portanto a eq.(5.7), para o calculo da capacidade, torna-se mais simples. Tal equação é mostrada a seguir:

$$C = I \cdot \Delta t \quad (5.7)$$

A determinação da capacidade de um acumulador exige, primeiramente, a especificação de alguns parâmetros que nesta grandeza influenciam. Estas são:

- a corrente de descarga ou regime de descarga,



- a tensão de corte, diferença potencial mínima entre os pólos da bateria para que não tenha sua vida útil reduzida ou se danifique permanentemente,
- a temperatura da descarga
- tempo para se alcançar a tensão de corte e
- o estado do acumulador

A intensidade da corrente de descarga influi significativamente na capacidade do acumulador. Como pode ser notado na eq.(5.7), quanto maior a corrente de descarga, menor o regime de descarga. A figura 7 ilustra a relação da capacidade de armazenamento de uma bateria (em %) com a duração da descarga.

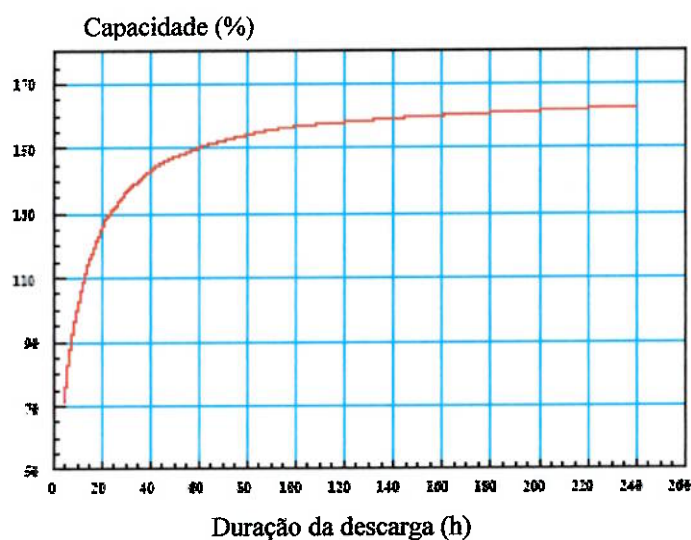


Figura 7 - Capacidade de acumulação em função da duração da descarga  
Fonte: Oliveira, 1997

A tensão de corte é um fator que influencia na quantidade de energia disponível e na duração do fornecimento de energia, e depende da intensidade da corrente de descarga. A tensão de corte não deve assumir um valor para o qual o acumulador não foi dimensionado. A figura 8 mostra as curvas de descarga para diferentes regimes, sendo  $I_1 < I_2 < I_3 < I_4$ . Os cotovelos formados pelas curvas tensão-tempo correspondem aos pontos que indicam as tensões de corte para cada regime. Como é possível observar, quanto mais rápida a descarga, menor é a tensão de corte.

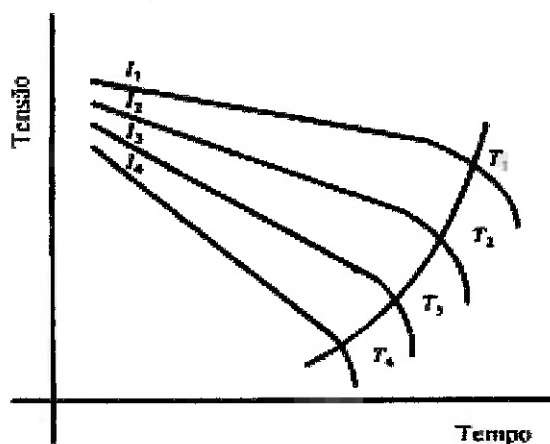


Figura 8 - Curva de tensão em função do tempo para diferentes regimes de descarga  
Fonte: Garcia, 1994

Devido às características construtivas da bateria chumbo-ácido, quando estas estão carregadas, a densidade do eletrólito varia entre 1,20 e 1,28 g/cm<sup>3</sup>, que correspondem a valores de 2,04 e 2,12 Volts por célula. Tais valores equivalem a 12,24 e 12,72 Volts nos pólos de uma bateria de 12V. Para que seja possível a utilização de uma bateria com tais características para aplicações em residências, é necessária a instalação de um inversor, que tem como função converter a corrente de contínua para alternada e a voltagem de 12V para 127V.

### 5.3.6 Medidas para a redução do gasto de energia elétrica

O programa PURE mantém alguns projetos, dentre eles o SISGEN - sistema de monitoramento de uso de energia elétrica na Universidade, Divulgação e Treinamento- ações de aperfeiçoamento técnico de funcionários e de divulgação e Projetos de Eficiência Energética - implementação de projetos para reformas de instalações das unidades.

Devido à rotina em relação à utilização de energia elétrica destinada a iluminação na Creche da Vila Curuçá, é possível verificar que já existe uma preocupação em sua economia. As ações que já foram tomadas são: utilização de um menor número de luminárias por módulo, mantendo uma luminosidade ideal utilizando menos lâmpadas; desligamento de uma geladeira, diminuindo o número de aparelhos elétricos conectados na rede e funcionários conscientes que sabem como

economizar energia através de simples ações como desligar a luz de um ambiente quando este estiver vazio.

Porém, ainda é possível identificar alguns costumes que podem ser alterados. Durante o turno da noite, por motivos de segurança, o vigia mantém todas as luzes dos corredores acesas. Foi proposto que se verificasse essa ação, buscando reduzir o número de lâmpadas e/ou luminárias acesas sem comprometer a vigilância.

Para auxiliar na economia de energia, será feito um estudo da viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico, levando em consideração o custo/benefício e o tempo de retorno do investimento.

## 6 ECONOMIA DE GÁS

### 6.1 O GLP

O gás liquefeito de petróleo é o derivado mais leve do refino do petróleo. Possui pressão de vapor alta em relação aos outros derivados, sendo portanto altamente volátil, além de apresentar um alto poder calorífico.

Seus componentes principais são os hidrocarbonetos compostos por três ou quatro átomos de carbono. Este gás é 1,8 vezes mais denso que o ar atmosférico. Algumas propriedades estão quantificadas na tabela 4.

Tabela 3 - Propriedades do gás liquefeito de petróleo  
Fonte: PipeSystem - [www.pipesystem.com.br](http://www.pipesystem.com.br)

PROPRIEDADES DO GLP	PROPANO	ISO-BUTANO	BUTANO
Ponto de ebulição °F	-43,8	10,9	31,1
Ponto de ebulição °C	-42,3	-11,7	-0,5
Densidade em relação ao ar	1,52	2	2
Densidade em relação a água	0,508	0,563	0,584
Poder Calórico kJ / kg	50,45	49,525	49,638
Relação de queima volume ar-gás	23,87	31,03	31,03
Pressão do vapor (PSIG) a 37,8 °C	172	59	37
Pressão do vapor (PSIG) a 15,6 °C	92	24	12
Temperatura máxima da chama com ar	1927 °C	1927 °C	1927 °C
Temperatura máxima da chama com oxigênio	2849 °C	2849 °C	2849 °C

As principais aplicações do GLP são como combustível doméstico em fogões e aquecedores de água. A substituição deste combustível para o aquecimento de água é que além de sua queima produzir baixas emissões de monóxido de carbono e óxidos de sulfato, reduz a demanda de pico de energia elétrica.

### 6.2 Considerações sobre o consumo de GLP

O GLP começou a ser comercializado como gás para cocção em 1937, substituindo o fogão a lenha. Atualmente as aplicações para uso residencial do gás foram ampliadas, de um combustível de uso exclusivo para o cozimento de alimentos para fonte de energia de sistemas de aquecimento.

O consumo brasileiro é de cerca de 4% do volume mundial de GLP, representando uma demanda de 6 milhões de toneladas por ano. Desses, 90% é destinado para o consumo residencial.

### **6.3 Medidas para redução dos gastos**

O gás é utilizado na creche na cocção de alimentos e para o aquecimento de água, destinada para a lavagem de utensílios de cozinha e para o banho das crianças menores.

Para a redução do consumo de gás na cocção de alimentos é preciso instruir as usuárias do fogão que o utilizem de maneira a não deixar o fogão aceso desnecessariamente, como por exemplo no aquecimento de alimentos em quantidades maiores que a demanda. Sempre verificar se não há vazamento de gás, pois essa medida além de evitar o desperdício, é um fator de segurança, prevenindo contra possíveis acidentes.

O sistema de aquecimento de água atual é composto por uma caldeira a gás, que é ligada e desligada diariamente. Esta caldeira aquece diariamente uma quantidade enorme de água, que durante a noite vem a esfriar, sendo novamente aquecida no dia seguinte. Esse procedimento apesar de economizar gás, ainda causa desperdício muito grande desse combustível. Mais adiante será estudada a viabilidade de substituição da caldeira por um outro método de aquecimento de água mais eficiente.



A quantidade de água consumida por dia por um indivíduo depende do lugar em que este se encontra. Por exemplo, em um escritório se gasta menos por pessoa do que em um hospital. Segundo tabela 5 a seguir, em uma creche são gastos em média 50 litros por pessoa/dia. Esse gasto pode ser comparado com os consumos em outros locais.

Tabela 4 - Consumo médio de água por tipo de ambiente  
Fonte: Editora Moderna - [www.moderna.com.br/moderna/Água/consumo](http://www.moderna.com.br/moderna/Água/consumo)

Apartamentos	200 L	por pessoa/dia
Residências	150 L	por pessoa/dia
Casas Populares ou Rurais	120 L	por pessoa/dia
Creches	50 L	por pessoa/dia
Escolas - Externato	50 L	por pessoa/dia
Escolas - Internatos	150 L	por pessoa/dia
Escolas - Semi-Internatos	100 L	por pessoa/dia
Lavanderias	30 L	por quilo de roupa seca
Orfanatos, Asilos, Berçários	150 L	por pessoa/dia

## 7.2 Programa de Uso Racional da Água - PURA

O PURA é um programa de combate ao desperdício proposto pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. A implementação desse programa se fez necessário pois cada vez mais a água vem se tornando menos abundante para atender as necessidades das grandes metrópoles.

O PURA tem como principal objetivo garantir o fornecimento de água de qualidade para a população. Algumas metas almejadas são:

- Mudar vícios de uso abusivo de água no cotidiano das pessoas.
- Implementar leis, regulamentos e normas para a utilização racional da água e uso dos equipamentos economizadores em prédios de órgãos públicos.
- Implementar normas sobre o desenvolvimento tecnológico e padronização de equipamentos economizadores de água.
- Mudar projetos de instalações prediais de água fria e quente, de parâmetros hidráulicos e de código de obra.
- Introduzir o programa no currículo das escolas das redes de ensino estadual e municipal de São Paulo, através de teatro e distribuição de kits.

Os benefícios desse programa é reduzir os gastos para aumentar a oferta da água para regiões com abastecimento precário ou fornecer água para locais sem acesso a esse bem; reduzir o gasto de verbas com a ampliação do montante de água a ser tratada e com a ampliação da rede de abastecimento que capta água em locais cada vez mais afastados dos centros urbanos.

### 7.3 Funcionamento de sistemas de descarga

Os elementos básicos que compõe um sistema de descarga são a bacia sanitária e o dispositivo hidráulico de descarga, responsável pela liberação de água para a remoção dos dejetos na bacia.

Atualmente os vasos sanitários funcionam por ação sifônica, esta será descrita a seguir. Ao ser acionada, a descarga permite a passagem de água que se dirige à bacia. Esta água escorre pelos furos de lavagem fazendo com que haja o preenchimento do duto de sifonagem. Desta forma o ar presente no duto é eliminado, surgindo uma sucção pela ação do sifão formado, que retira a água presente na bacia. Quando esta atinge o nível mais baixo, a ação sifônica é rompida e o selo hídrico, responsável por impedir o retorno dos gases do esgoto, é restaurado. A figura 10 ilustra o processo descrito anteriormente.

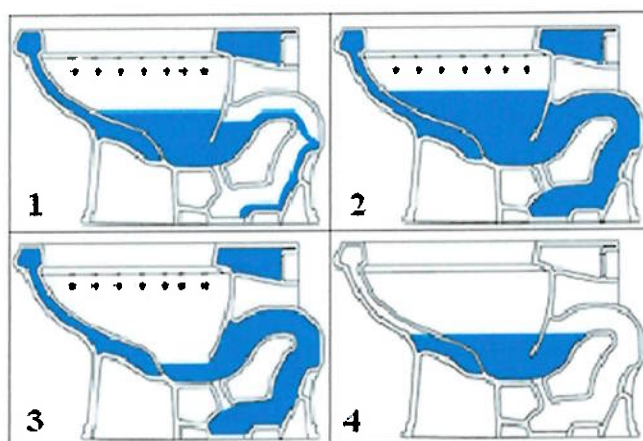


Figura 10 - Processo de formação da ação sifônica  
Fonte: Deca

A curva de sifonagem mostrada na figura 11, indica que a vazão necessária para o bom funcionamento da bacia sanitária é de 1,5 a 1,7 litros por segundo. Uma vazão mais baixa pode não ser suficiente para que seja formada a ação sifônica ou



caso seja formada o consumo de água pode vir a ser maior. Caso a vazão seja excessivamente alta, o consumo de água também será maior, sendo que a formação da ação sifônica pode ser prejudicada.

**Curva de Sifonamento de uma Bacia Sanitária**

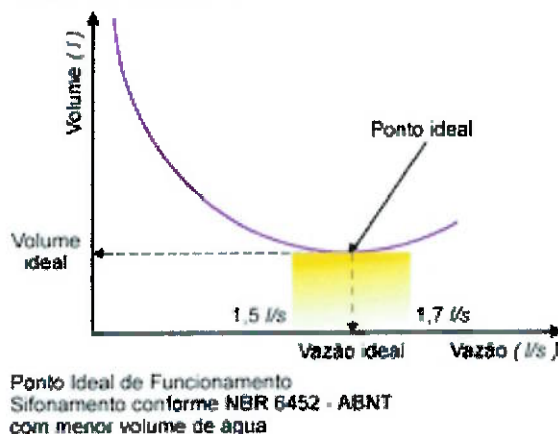


Figura 11 - Curva de sifonamento de uma bacia sanitária  
Fonte: Deca

## 7.4 escoamento de água em tubulações

### 7.4.1 Regimes laminar e turbulento

Os regimes de escoamentos são classificados em dois tipos, laminar e turbulento, tendo por base sua estrutura. O regime (ou escoamento) laminar é caracterizado pelo escoamento do fluido em forma de lâminas ou camadas que deslizam suavemente umas sobre as outras sem que haja mistura de camadas adjacentes. As pequenas perturbações introduzidas no escoamento são amortecidas pelas forças viscosas.

No regime turbulento, a estrutura do escoamento é caracterizada pelo movimento tridimensional e aleatório das partículas fluidas. Esse movimento ocorre devido à flutuações de velocidade, ocasionando a mistura macroscópica de camadas adjacentes de fluido.

Uma maneira de identificar o tipo de escoamento é através da utilização do número de Reynolds (Re) como parâmetro. O valor deste pode ser obtido da eq.(7.1).

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad (7.1)$$

Conhecendo o número de Reynolds relativo ao escoamento, pelo diagrama de Moody é possível verificar se o escoamento é turbulento ou não. Tipicamente,

escoamentos com valores de Reynolds menores do que 2000 são considerados laminares.

#### 7.4.2 Carga manométrica e perda de carga em tubulações

A carga manométrica corresponde à carga total média em uma seção, dada em metros de coluna d'água, representada pela equação de Bernoulli a seguir:

$$H = \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} + z \quad (7.2)$$

Ao escoar por uma tubulação, a água perde energia devido ao atrito existente entre o fluido e a parede dos tubos e às conexões, como cotovelos e têes. Essas perdas são respectivamente a perda de carga distribuída e perda de carga localizada.

A perda de carga distribuída depende do comprimento e do diâmetro do tubo, da velocidade do escoamento, da gravidade e de um fator de atrito. A perda de carga é calculada a partir da eq.(7.3):

$$H_f = f \frac{L}{D_h} \frac{v^2}{2g} \quad (7.3)$$

onde:

$D_h$  - diâmetro hidráulico;

$L$  - comprimento do tubo;

$v$  - velocidade média;

$g$  - gravidade

$f$  - fator de atrito

O fator de atrito, para escoamento laminar é uma função do número de Reynolds, sendo representado por:

$$f_{\text{laminar}} = \frac{64}{\text{Re}} \quad (7.4)$$

Para escoamentos turbulentos, o fator de atrito é uma função não somente de Reynolds, mas também do diâmetro e da rugosidade e é um fator determinado experimentalmente. Uma vez conhecido a rugosidade, número de Reynolds e o

diâmetro, utilizando o diagrama de Moody, figura 12, é possível obter o valor do fator de atrito.

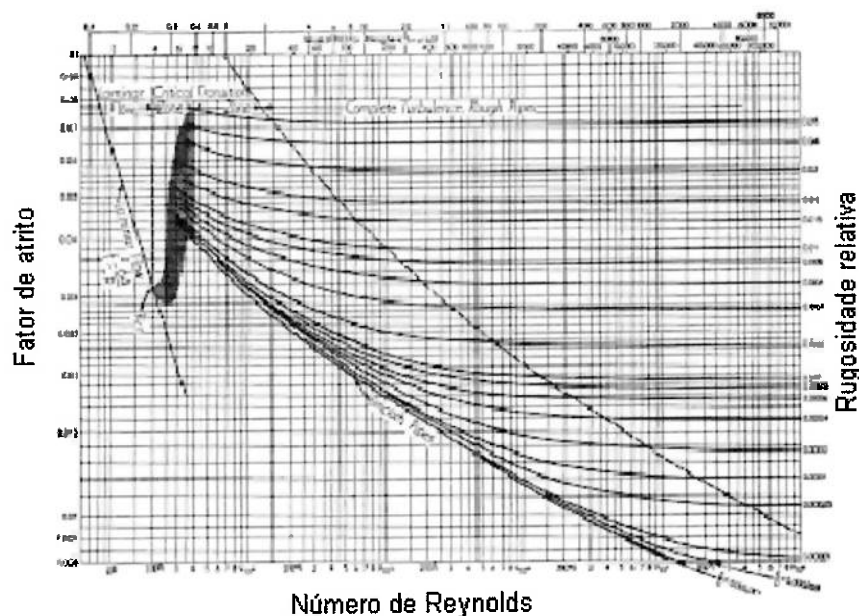


Figura 12 - Diagrama de Moody

Fonte: Fox, 2001.

As perdas localizadas, causadas por conexões e acessórios, são dimensionadas de maneira semelhante à perda de carga distribuída. Essas perdas em escoamento nesses acessórios podem ser expressas em termos de um comprimento equivalente de tubo reto, que são obtidos em tabelas como exemplificado na tabela 6.

Tabela 5 - Comprimentos equivalentes para válvulas e acessórios

Fonte: Fox, 2001

Tipo de Acessório	Comprimento Equivalente, $L_e/D$
Válvulas (completamente abertas)	
Válvula gaveta	8
Válvula globo	340
Válvula angular	150
Válvula de esfera	3
Válvula de retenção: tipo globo	600
: tipo angular	55
Válvula de pé com crivo: disco guiado	420
: disco articulado	75
Cotovelo padrão: 90°	30
: 45°	16
Curva de retorno (180°), configuração curta	50
Tê padrão: escoamento principal	20
: escoamento lateral	60

### **7.5 Medidas para redução dos gastos**

O primeiro passo para redução do consumo de água tanto nas residências como em locais públicos é conscientizar todos os usuários de que a água é um bem que está se tornando escasso, e mostrar quais são os procedimentos para tal.

O PURA propõe a adoção de equipamentos que economizam água ou por induzir a um gasto menor ou por restringi-lo. Alguns destes já estão sendo largamente utilizados, bacias sanitárias com caixas acopladas, restringem em 6 litros a quantia de água eliminada por descarga; e torneiras que fecham automaticamente após permanecer aberta algum tempo são exemplos de tais equipamentos.

Estes procedimentos de fácil aplicação são métodos práticos e relativamente baratos que permitem, dependendo de como sistema hídrico é utilizado, um retorno financeiro rápido.

Como apresentado anteriormente, este estudo não está focado apenas em reduzir a quantia de água gasta, porém prevê a substituição do uso da água fornecida pela SABESP (tratada) pela água provida pela mina presente no terreno da creche. Hoje, a água retirada da mina é utilizada apenas para a lavagem do quintal. Neste trabalho será realizado um estudo da viabilidade da utilização dessa água nas descargas. Para tanto serão verificados o sistema de tubulação e a necessidade da instalação de uma caixa de água mais próxima dos sanitários para que haja uma vazão ideal nas bacias.

## **8. AQUECIMENTO DE ÁGUA**

### **8.1 Sistema de aquecimento atual**

O principal sistema de aquecimento de água disponível atualmente na Creche da Vila Curuçá é o aquecimento por acumulação a gás. Como descrito anteriormente, o consumo de água quente ocorre durante o período de funcionamento da creche que abre às 8:00 h e encerram suas atividades às 16:40 h. Para que não haja consumo de gás para manter a água aquecida no período noturno, a caldeira é desligada.

Por dia, a caldeira permanece em operação aproximadamente 5 horas. Esta mantém aquecidos 900 litros de água. Devido à grande inércia do sistema, muita energia é gasta no reaquecimento da água, resfriada durante a noite.

Em um dos banheiros há um chuveiro elétrico que é utilizado esporadicamente, no banho dos menores.

### **8.2 Sistema de aquecimento por chuveiro elétrico**

O chuveiro elétrico é um aparelho composto por uma resistência elétrica imersa em um recipiente no qual circula água. Com a abertura do registro, a água entra em contato com um diafragma, pressionando-a. Essa pressão faz com que os contatos elétricos sejam acionados, permitindo a passagem de energia elétrica pela resistência. A corrente que passa pela resistência a aquece, aquecendo consequentemente a água que circula por ela.

A norma ABNT MB-3426 estipula que a água deve sair do chuveiro com no mínimo 38 °C e a mínima vazão de água deve ser de 0,05 litros por segundo.

Os chuveiros elétricos têm como característica serem aparelhos com alto índice de rendimento, podendo atingir até 93%. Ou seja, quase toda energia fornecida ao chuveiro é convertida em calor para a água. Entretanto, o alto rendimento não implica um gasto pequeno de energia, pelo contrário, o chuveiro é responsável por 40% da conta de luz.

### **8.3 Aquecedor solar**

O aquecimento de água pela energia solar é feito por um dispositivo térmico denominado coletor solar. Esses coletores transformam a energia do sol em térmica através do calor transmitido pelos materiais que compõe o sistema. Existem algumas

configurações de coletores, que podem ser dos tipos concentradores, tubo-evacuados e o mais comum devido ao seu menor custo e simplicidade, coletor solar plano.

O sistema de aquecimento de água por coletores solares planos pode aquecer a água até temperaturas em torno de 60 °C e é composto por dois componentes, um reservatório térmico e um coletor. Um esquema de um aquecedor é ilustrado na figura 13.

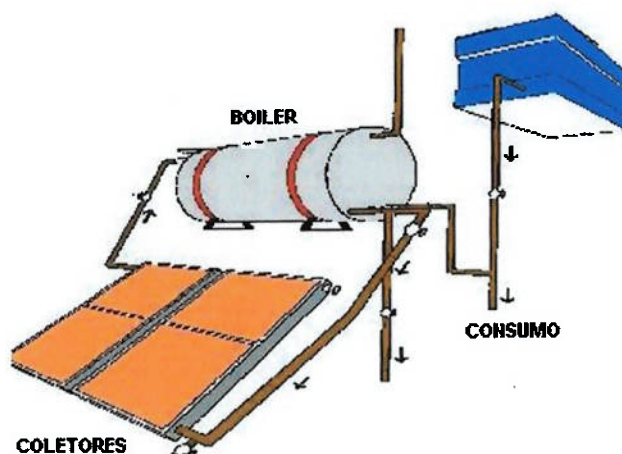


Figura 13 - Esquema de montagem dos coletores solares

### 8.3.1 Coletores

Um coletor é basicamente construído a partir da junção de uma peça de vidro liso, uma aleta de alumínio, uma serpentina de cobre, um isolante térmico, uma chapa de alumínio e uma moldura de alumínio dispostos como na figura 14.

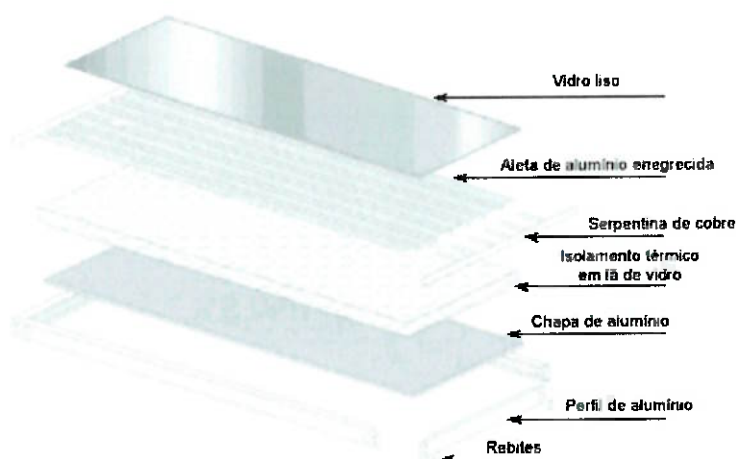


Figura 14 - Componentes de um coletor solar

O vidro protege o coletor, impedindo a entrada da água da chuva, materiais particulados, materiais sólidos, etc.; sua principal função é promover a retenção do calor. Quando a radiação solar incide sobre a placa, parte desta atravessa o vidro e a outra parcela é refletida. Os raios infra-vermelhos não conseguem ultrapassar a camada de vidro e são refletidos, provocando o aquecimento interno, colaborando com o aquecimento da água que circula pelo coletor.

A tubulação de cobre, um excelente condutor de calor, é responsável pela condução e aquecimento da água que circula pelo coletor, absorvendo o calor deste cedendo-o para a água. Os espaços entre os tubos de cobre são preenchidos por uma superfície absorvedora, que atua como uma aleta. Esta aumenta a eficiência do sistema absorvendo mais calor e repassando a para a tubulação que troca esse calor com a água por convecção.

O isolamento térmico impede que o calor captado pela placa retorne ao ambiente e é feito a partir do poliuretano expandido ou lã de vidro.

A chapa de alumínio enegrecida auxilia no aquecimento do coletor. A cor negra se justifica do fato que, desta forma, a chapa é capaz de absorver melhor o calor da luz solar, transmitindo-o para os tubos de cobre que por sua vez o retransmite para a água.

O perfil de alumínio tem a função de manter unidos todos os componentes da placa, facilitando seu transporte e instalação, e principalmente, proteger da ação do tempo.

### **8.3.2 Reservatório**

Após a passagem pela placa solar, a água é encaminhada para o reservatório térmico (boiler), um tanque com a tarefa de armazenar a água aquecida. Para minimizar as perdas de calor para o ambiente, os reservatórios são isolados termicamente. A sua camada interna geralmente é construída utilizando aço-inoxidável ou cobre e externamente, é fabricado de chapas metálicas. Entre essas duas camadas, revestindo a camada interna do boiler, há um isolante de poliuretano expandido.

O reservatório térmico é equipado com uma resistência elétrica para o aquecimento da água em dias em que não há luz solar suficiente. Nos dias de grande

luminosidade, os reservatórios térmicos têm capacidade de manter a água quente por várias horas sem que seja necessária a utilização da resistência elétrica. A figura 15 ilustra um reservatório térmico.

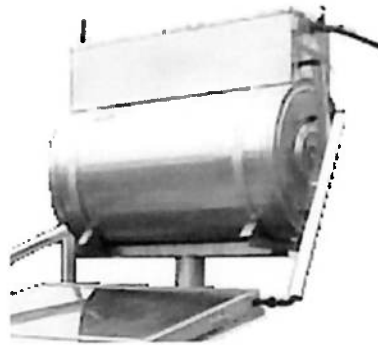


Figura 15 – Reservatório térmico

### 8.3.3 Circulação da água

A água sai da caixa de água fria, dirigindo-se ao boiler, seguindo depois para as placas. Nesta a água é aquecida e retorna ao boiler, permanecendo armazenada para o seu consumo. Internamente, a água quente permanece na camada superior e a fria se situa na camada inferior.

A circulação da água pelos coletores pode ser feita de duas maneiras: natural por termosifão ou forçada.

A circulação por termosifão ocorre devido à diferença de densidade entre a água fria e a quente. Por ser mais pesada, a água fria empurra a água quente que é mais leve, estabelecendo a circulação. Para que seja possível a circulação por termosifão, é necessário que as placas estejam pelo menos 30 cm mais baixas que a base do boiler. A vantagem desse tipo de circulação é de não precisar de energia elétrica para a movimentação da água além de dispensar a necessidade de manutenção.

A circulação forçada é feita com auxílio de uma micro bomba instalada no circuito. Nesse tipo de instalação o boiler sempre se encontrará abaixo dos coletores. Esse sistema possui duas desvantagens: a dependência da energia elétrica e a possibilidade de ocorrer problemas na micro bomba, acarretando gastos com reparos.



#### 8.4 Aquecedores de passagem a gás

O aquecedor de passagem a gás esquentar a água no momento em que o registro é aberto. Esse sistema não necessita nenhum tipo de reservatório, aquecendo a água instantaneamente.

O processo de aquecimento da água nesse tipo de equipamento inicia-se com a abertura do chuveiro ou de uma torneira, permitindo o fluxo de água fria dentro da serpentina localizada dentro da câmara de combustão. Esse fluxo de água aciona a queima do gás que gera calor e esquentar a serpentina, que, conseqüentemente, aquece a água.

O acendimento da chama pode ser realizado de duas formas, por uma chama piloto ou automaticamente. Na primeira, a combustão do gás dentro do aquecedor é iniciada por uma chama (piloto) permanente, acesa previamente. No acendimento automático a ignição da combustão é feita por faíscas elétricas provenientes de uma “vela”, acionada por um detector de vazão.

Esses aquecedores são relativamente pequenos, tendo em média 60 cm de altura, 30 cm de largura e 20 cm de profundidade, com potências que variam de 5 litros por minuto até 20 litros por minuto. Tem como característica trabalhar com baixas pressões de gás e necessitar de 5 a 10 metros de coluna d'água para extrair o seu melhor rendimento.

O aquecedor é composto pelo intercambiador de calor, que transfere o calor liberado pela combustão dos gases que alimentam o queimador transmitindo-o à água que circula pela serpentina. A câmara de combustão é formada pelo conjunto de tubos por onde a água circula e pelo intercambiador de calor. É o local onde a água sofre o processo de aquecimento quando de passagem por estes tubos; o defletor é responsável por estabelecer o equilíbrio aerodinâmico entre os gases liberados pela combustão e o ar proveniente do exterior, assegurando uma correta evacuação dos gases queimados; o queimador é responsável pela queima do gás liberado pelos injetores gerando o calor necessário para aquecer a água que circula pela serpentina e a Válvula de Água tem a função de acender automaticamente o aquecedor acionando o micro interruptor, responsável pela ignição e liberação do gás, quando determinado volume de água passa por ela ao se abrir um ponto de água quente.

### **8.5 Aquecedores de acumulação a gás e elétrico**

O aquecedor de acumulação é caracterizado por ter um reservatório acoplado ao equipamento, possuindo em sistema de controle de temperatura da água, permitindo aquece-la caso a temperatura fique abaixo de um nível determinado. Desta forma este aquecedor mantém a água do reservatório constantemente aquecida. Este tipo de aquecedor, apresenta-se normalmente em formato cilíndrico, tem dimensões médias de 150 cm de altura por 45 cm de diâmetro. Tem capacidade de atender até cinco pessoas, dependendo das dimensões do reservatório.

Os principais componentes desses aquecedores são: o tambor interno, que armazena a água aquecida pelo calor liberado pela combustão do gás que alimenta o queimador colocado na parte inferior do tambor interno, até atingir a temperatura previamente regulada no termostato; a isolamento é feita pelo revestimento do tambor com poliuretano expandido, material que se caracteriza por ter um pequeno coeficiente de condutividade térmica, reduzindo sensivelmente a perda de calor da água armazenada; o automático controla a temperatura de funcionamento do aquecedor, acionando automaticamente os queimadores sempre que a temperatura da água armazenada ficar abaixo da temperatura programada e o tambor externo, fabricado em chapa de aço, laminada a frio e desengraxada. É protegida com uma primeira demão de tinta anti-corrosiva, recebendo acabamento em esmalte sintético.

Os aquecedores de acumulação elétricos trabalham pelo mesmo princípio de funcionamento dos aquecedores de acumulação a gás. Esses sistemas diferem pela maneira em que aquecem a água. Ao invés de usar gás como fonte de energia, o aquecedor elétrico possui uma resistência imersa, responsável pela transformação da energia elétrica em calor, aquecendo a água. A resistência é blindada, construída em cobre, fio níquel classe A e isolada com óxido de magnésio.

### **8.6 Escolha do sistema de aquecimento de água**

#### **8.6.1 Clima de São Paulo**

Um fator de suma importância para efeitos de cálculos e dimensionamentos é o clima da região em estudo, uma vez que a temperatura ambiente determina a temperatura da água a ser aquecida.

Uma menor temperatura ambiente implica uma menor temperatura da água a ser aquecida, bem como numa maior perda de calor pelas paredes de um reservatório de água quente. O gráfico a seguir indica a temperatura média histórica na região da cidade de São Paulo.

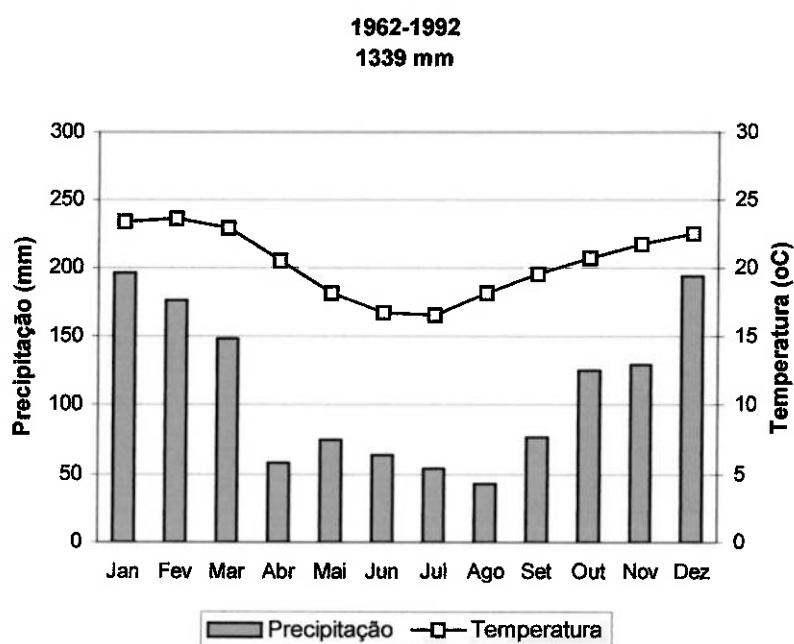


Figura 16 - Precipitação média mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) no período de 1962-1992 para a região de estudo. Dados meteorológicos coletados no Posto Meteorológico de Ibiúna, SP (47°13'W e 23°40'S, 850 m de altitude) distante cerca de 26 km da Reserva Florestal do Morro Grande (Fonte de dados: CIIAGRO - Instituto Agrônomo de Campinas, SP, [www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)).

Nota-se no gráfico acima que a temperatura mensal no período de 1962 a 1992 varia de 16°C a 24°C, sendo que a temperatura média durante o ano é de 20,5°C.

### 8.6.2 Rendimentos dos diversos equipamentos

Com o propósito de analisar a melhor alternativa para o aquecimento de água, estudar-se-ão os consumos de insumos energéticos para o banho. Além da vazão mínima de 0,05 litros por segundo, estabelecida pela norma ABNT PB-1545, a norma ABNT MB-3426 considera que a água deverá estar a uma temperatura de no mínimo 38°C após a passagem pelo chuveiro.

### 8.6.2.1 Chuveiro elétrico

É possível determinar se um chuveiro elétrico atende as condições mínimas necessárias de conforto estipuladas pelas normas acima citadas, através da equação

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T \quad (8.1)$$

Manipulando-se esta equação a fim de isolar a vazão, obtém-se a seguinte expressão:

$$\dot{m} = \frac{P \cdot \eta}{c \cdot \Delta T} \quad (8.2)$$

onde,  $\dot{m}$  - vazão mássica

P - potência

$\eta$  - rendimento do chuveiro elétrico

c - calor específico

$\Delta T$  - diferença de temperatura entre a água fria e a água do banho

Os modelos de chuveiros elétricos mais simples e mais baratos têm potência mais baixa e são amplamente empregados nas residências da região sudeste. Apesar da menor potência, esses chuveiros são capazes de fornecer uma vazão de água quente necessária para um banho confortável.

Para efeitos de estudo, será analisado um chuveiro elétrico da Corona, modelo Ducha Gorducha com resistência variável, oferecendo entre 3200 W e 5400 W. A figura 17 mostra a vazão de água necessária para que a água atinja a temperatura de 38°C ao passar pelo chuveiro com potência ajustada em 3,2 kW em função da temperatura ambiente. Para tanto se considera que a temperatura da água fria é igual à temperatura ambiente.

Este chuveiro configurado na potência econômica de 3,2 kW consegue oferecer água aquecida, conforme as normas ABNT citadas anteriormente, somente quando a temperatura ambiente é superior a 24°C. Para temperaturas inferiores, o fornecimento de água a 38°C acarretaria numa vazão menor que 0,05 litros por segundo.

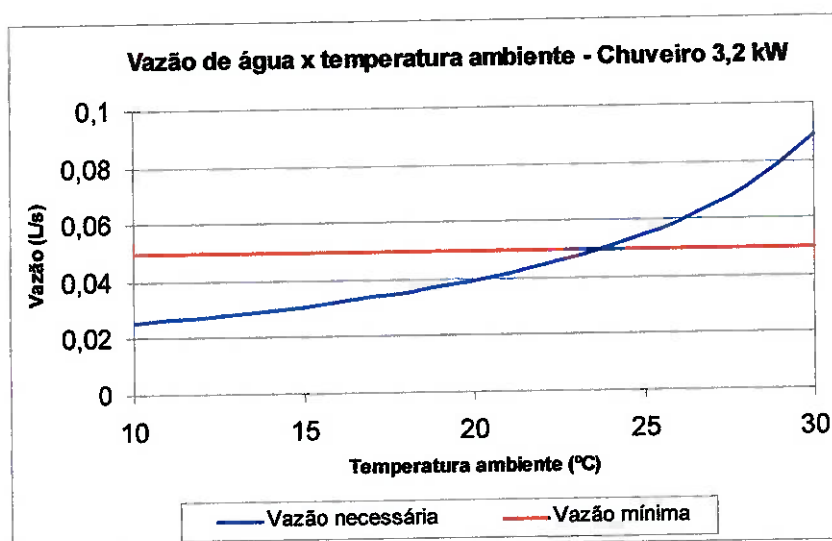


Figura 17- Vazão de água x temperatura ambiente para um chuveiro de 3,2 kW

A figura a seguir mostra a mesma simulação porém, desta vez, para a configuração de máxima potência do chuveiro (inverno). Neste caso a potência fornecida pelo chuveiro é de 5,4 kW.

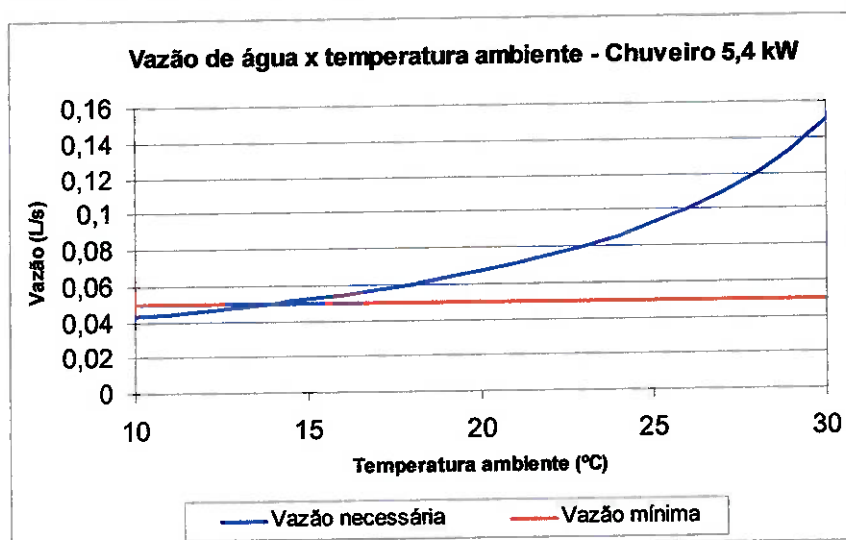


Figura 18- Vazão de água x temperatura ambiente para um chuveiro de 5,4 kW

Com esta configuração, o chuveiro é capaz de aquecer até a temperatura e vazão adequadas quando a temperatura ambiente é superior a 14°C.

Assim, comparando os dois gráficos com a temperatura média mensal supracitada, infere-se que este chuveiro é adequado à região sudeste. Isso porque este é capaz de aquecer a água adequadamente, caso configurado na potência máxima, mesmo à temperatura ambiente em torno de 14°C, temperatura essa menor que a mínima das médias mensais.

### 8.6.2.2 Aquecedores de acumulação

Nos aquecedores de acumulação, o consumo total de energia é caracterizado pela quantidade de água utilizada, pela perda de calor e da inércia térmica do reservatório. As principais variáveis são: volume do reservatório, volume de água quente, comprimento e diâmetro da tubulação, vazão e temperatura da água utilizada, condutibilidade térmica do material isolante, temperatura interna da água armazenada e temperatura ambiente.

É sabido que a parede de um reservatório é composta por um tambor interno, uma camada de poliuretano expandido e um tambor externo para o acabamento, porém nos cálculos de perda de calor serão desprezados os tambores, que possuem alta condutibilidade térmica, levando em consideração apenas a camada isolante. Sendo assim, a perda de calor pode ser calculada da seguinte forma:

$$Q = \frac{T_i - T_e}{L / k \cdot A} \quad (8.3)$$

onde,  $Q$  - Perda de calor

$T_i$  - Temperatura interna média

$T_e$  - Temperatura externa média

$L$  - espessura do isolante

$k$  - condutibilidade térmica do isolante

$A$  - área da superfície

O isolante mais comumente utilizado, o poliuretano expandido, possui condutividade térmica de 0,016 kcal/m.h.°C. Para a realização dos cálculos para posterior comparação, conforme as especificações técnicas dos fabricantes, a temperatura de armazenamento da água considerada é de 60°C. A temperatura ambiente corresponde à temperatura média anual, 20,5°C.

A perda de calor pela parede é proporcional à área desta, portanto é necessário calcular a área do reservatório. Considerando que esse se apresenta em formato cilíndrico, a área pode ser obtida da seguinte maneira:

$$A = 2 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) + \pi \cdot d \cdot l \quad (8.4)$$

onde,  $d$  - diâmetro do reservatório

$l$  - comprimento do reservatório

Com a utilização das equações eq.(8.1) e eq.(8.2) é possível calcular as perdas de calor. A caldeira que está instalada atualmente na creche possui 0,9 m de diâmetro e 1,5 m de comprimento. Consultando os catálogos dos reservatórios mais novos, admiti-se que a espessura do isolamento térmico é de 0,03 m, portanto a perda de calor é de 116 kcal/h (135W).

Abaixo serão listadas as perdas de calor para reservatórios com as capacidades mais comuns no mercado. Estas variam de 100 a 250 litros, podendo ser verticais ou horizontais.

Tabela 6- Características dos aquecedores de acumulação a gás

Aquecedores de Acumulação							
Volume (litros)		100	120	150	200	250	300
Consumo de gás GLP (kg)		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1
Dimensões internas (mm)	Ø	350	350	470	470	470	630
	Comp.	1.040	1.240	900	1.200	1.500	1.000
Dimensões externas (mm)	Ø	400	400	520	520	520	700
	Comp.	1.270	1.510	1.270	1.470	1.750	1.250
Diâmetro médio		380	380	500	500	500	660
Espessura do isolamento (mm)		30	30	30	30	30	30
Temperatura externa (°C)		20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5
Temperatura interna (°C)		60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Condutividade térmica (kcal/m.h.°C)		0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
Perdas de calor (kcal/h)		28,1	32,8	35,3	44,6	54,0	54,8
Perdas de calor (W)		32,7	38,1	41,1	51,9	62,8	63,8

O consumo de energia num sistema de acumulação está relacionado não somente às perdas por convecção e condução. Este se dá principalmente com a vazão de água quente utilizada. À medida que a água aquecida é gasta, o mesmo volume de água fria entra no reservatório. Devido ao fato de a água fria estar a uma temperatura menor que a água aquecida, esse volume de água fria que entra no reservatório causa uma transferência de calor entre as massas de água quente e fria.

Como visto anteriormente, os chuveiros elétricos devem fornecer uma vazão mínima de 0,05 litros por segundo, elevando a temperatura da água até 38°C. Os modelos mais sofisticados comportam uma vazão maior, podendo chegar até 1,5 litros por segundo e dependendo da temperatura ambiente, os chuveiros mais simples podem fornecer vazões de 0,83 litros por segundo. Para os cálculos será adotada uma vazão fixa de 0,85 L/s.

A água utilizada para o banho é composta por uma parcela de água quente que sai do aquecedor (água a 60 °C) e outra parcela de água fria (água a temperatura ambiente), que são misturadas na proporção desejada.

Para que a água se mantenha a 38°C e com a vazão de 0,85 litros por segundo, a proporção de água quente e fria pode ser calculada da seguinte maneira:

$$\Delta H_{af} + \Delta H_{aq} = 0 \quad (8.5)$$

$$m_{af} \cdot (T_u - T_{af}) + m_{aq} \cdot (T_u - T_{aq}) = 0 \quad (8.6)$$

$$m_{af} + m_{aq} = m_{au} \quad (8.7)$$

onde,  $\Delta H_{af}$  - variação de entalpia da água quente

$\Delta H_{aq}$  - variação de entalpia da água fria

$m_{af}$  - vazão de água fria

$m_{aq}$  - vazão de água quente

$m_{au}$  - vazão de água de utilização

$T_u$  - temperatura da água de utilização

$T_{af}$  - temperatura da água fria

$T_{aq}$  - temperatura da água quente

Para a situação inicial, onde a água do reservatório ainda está a 60°C, a relação das massas de água quente e fria são:

$$m_{af} \cdot (38 - 20,5) + m_{aq} \cdot (38 - 60) = 0$$

$$m_{af} + m_{aq} = 0,85$$

Resolvendo esse sistema, temos para a situação inicial, temos:

$$m_{af} = 0,473$$

$$m_{aq} = 0,377$$

As parcelas de água quente e fria na mistura final são funções das temperaturas da água armazenada no reservatório. Ao se utilizar a água quente, a reposição desta com água fria causa uma diminuição na temperatura da água armazenada, fazendo com a proporção de água aquecida na mistura aumente gradativamente.



A figura 19 apresenta a variação das parcelas de água quente e fria que compõe água a ser utilizada no decorrer do tempo. Para tanto foi utilizado o método de iteração, considerando 30 segundos o intervalo de tempo de em passo para o seguinte. As vazões de água quente e fria calculadas anteriormente, bem como as eq.(8.5), eq.(8.6) e a eq.(8.7) são utilizadas para a iteração:

$$m_i = m_0 - m_{aq\ i} \cdot \Delta t \quad \rightarrow \quad m_{i+1} = m_i - (t_{i+1} - t_i) \cdot m_{aq\ i+1}$$

Da primeira Lei da Termodinâmica para o reservatório:

$$0 = M_{res} \cdot c_{\text{água}} \cdot (T_{final} - T_{aq}) + \dot{m}_{aq} \cdot \Delta t \cdot c_{\text{água}} \cdot T_{aq} - \dot{m}_{af} \cdot \Delta t \cdot c_{\text{água}} \cdot T_{af}$$

Sendo  $\dot{m}_{aq} = \dot{m}_{af}$ :

$$T_{final} = \frac{[M_{res} - \dot{m} \cdot \Delta t] \cdot T_{aq} + \dot{m} \cdot \Delta t \cdot T_{amb}}{M_{res}} \quad \rightarrow \quad T_{i+1} = \frac{[M_{res} - \dot{m}_i \cdot \Delta t] \cdot T_i + \dot{m} \cdot \Delta t \cdot T_{amb}}{M_{res}}$$

E do balanço de energia no misturador determina-se o seguinte sistema:

$$\begin{cases} maq_{i+1}(T_u - T_{i+1}) + maf_{i+1}(T_u - T_{amb}) = 0 \\ maq_{i+1} + maf_{i+1} = 0,85 \end{cases}$$

Tempo	Temp. reservatório	Vazão água quente	Vazão água fria	Volume de água consumida
0	$T_0$	0	0	$m_0$
30	$T_i$	$m_{aq\ i}$	$m_{af\ i}$	$m_i$
60	$T_{i+1}$	$m_{aq\ i+1}$	$m_{af\ i+1}$	$m_{i+1}$

Após completar a tabela, para uma melhor visualização, plotou-se os valores da tabela na figura a seguir:

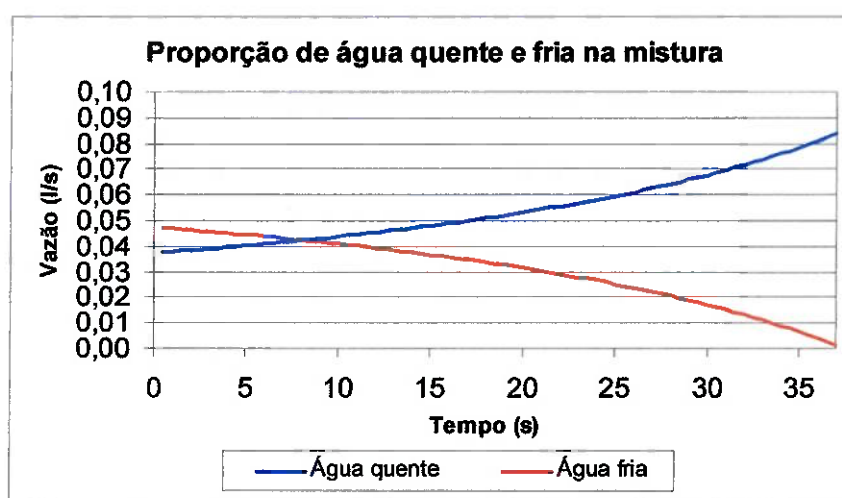


Figura 19- Proporção de água quente e fria na mistura

Para os cálculos realizados na determinação das vazões e temperaturas no reservatório considerou-se que este não seria ligado mesmo a temperaturas baixas e as perdas de calor pela parede do reservatório e através da tubulação que conduz a água quente até o ponto de consumo foram desprezadas.

O maior gasto de energia em um sistema de acumulação, assim como em qualquer outro sistema de aquecimento de água, corresponde ao gasto com o aquecimento da mesma, ou seja, é a energia fornecida à água que está à temperatura ambiente até que esta atinja a temperatura da água no reservatório.

#### a) A gás

O custo do kW que será aproveitável, isto é, a energia que será transferida para a água, pode ser calculada considerando-se a energia que é perdida e a energia gasta no aquecimento da água. Pelo fato da serpentina estar imersa na água, o aproveitamento de energia é alto. O rendimento do aquecedor, segundo o catálogo da Orbis, é de 75%\*. Os preços desses equipamentos variam entre R\$ 1.279,00 e R\$ 1.656,00.

#### b) Solar

O dimensionamento do sistema de aquecimento solar depende basicamente da quantidade de água a ser utilizada e da incidência de radiação na região. Tal valor varia durante o decorrer do ano devido ao movimento de translação e da inclinação do eixo de rotação da Terra. Durante o inverno os raios solares incidem obliquamente sobre a superfície terrestre. Para maximizar o aproveitamento de energia disponível, o coletor deve estar virado para o norte e com inclinação de 10° a mais da latitude.

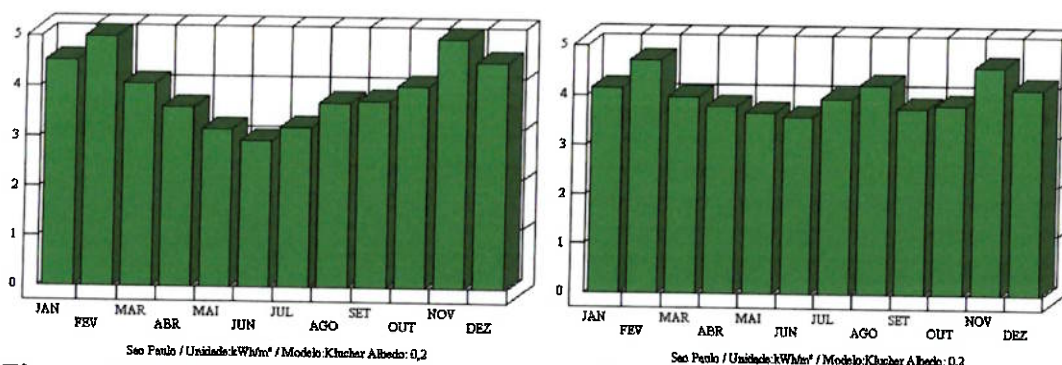


Figura 20- Incidência de radiação diária por m<sup>2</sup>: (a) superfície com inclinação nula; (b) superfície com inclinação de 33,5°. Unidade: kWh/m<sup>2</sup>.

\* Conforme anexo F

A figura 20 indica a incidência de radiação solar diária sobre uma região situada à latitude  $23,50^\circ$  S e  $46,62^\circ$  W (cidade de São Paulo) durante os doze meses do ano. A figura 20(a) mostra a incidência sobre uma superfície com inclinação nula e a figura 20(b) sobre um plano com inclinação de  $33,50^\circ$  ( $23,5^\circ + 10,0^\circ$  recomendados). Comparando-se os gráficos, é possível notar que devido à alteração da inclinação da superfície para  $23,50^\circ$ , apesar de haver uma pequena redução da incidência de raios solares nos meses de verão, durante o período de inverno há um acréscimo na quantidade de radiação incidente.

A área de coletores a ser instalada é determinada pelo montante de energia necessária para o aquecimento do volume de água utilizado diariamente, pela quantidade de energia incidente nos coletores e pelo rendimento dos mesmos. O rendimento dos coletores varia dependendo da diferença de temperaturas da água aquecida e da temperatura ambiente, bem como da vazão de água consumida. Em média as placas apresentam uma eficiência de aproximadamente 59%. De posse desses valores, pode-se determinar a área dos coletores a ser instalada, utilizando a seguinte fórmula:

$$A = \frac{E_n}{E_i \cdot \eta} \quad (8.8)$$

onde, A - área dos coletores ( $m^2$ )

$E_n$  - energia necessária (kWh/dia)

$E_i$  - energia incidente na superfície dos coletores ( $kWh/m^2 \cdot dia$ )

$\eta$  - rendimento dos coletores

Os aquecedores solares são equipamentos com custo elevado se comparado com outros equipamentos, porém é capaz de transformar a radiação solar em energia térmica sem onerar nenhum gasto. O preço de um coletor solar acoplado a um pequeno reservatório (de 100 a 200 litros) esta em torno de R\$ 1.600,00.

### 8.6.2.3 Aquecedor de passagem a gás

O consumo de energia de um aquecedor de passagem a gás é variável, pois possui um sistema que regula a quantidade de gás que alimenta a combustão. Esse sistema permite utilizar a energia necessária, evitando desperdícios. Em um dia

quente, o aquecimento exagerado de água, além de um consumir uma quantidade de gás desnecessária, acarretaria num gasto maior de água fria utilizada para deixar a temperatura da água apropriada para o uso. A tabela abaixo mostra alguns valores típicos de vazão de gás nesse tipo de equipamento.

Tabela 7- Vazões médias de água e de GLP medidas nos ensaios preliminares  
Fonte: Relatório do projeto capacitação da equipe do laboratório para combustão de gás SENAI-RS 550186/01-8

Posições ensaiadas	Vazão média de H <sub>2</sub> O (L/min)	Vazão média de GLP (L/min)
posição 7, do botão indicando máxima	9,77	8,78
posição 5, do botão indicando intermediária	9,55	8,50
posição 1, do botão indicando mínima	9,54	4,44

A potência nominal desses aquecedores é calculada a partir do poder calorífico superior (PCS) do gás e pode ser obtida pela seguinte equação:

$$P_n = 0,263 \cdot Q_0 \cdot PCS \text{ (kW)} \quad (8.9)$$

onde,  $Q_0$  - vazão volumétrica nominal (m<sup>3</sup>/h), obtida nas condições de referência

PCS - poder calorífico superior do gás de referência (MJ/m<sup>3</sup>)

Para saber qual o real volume de GLP utilizado, é feito uma correção na vazão de gás medida. Para a correção utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Q_0 = Q \cdot \left( \sqrt{\frac{101,3 + p}{101,3} \cdot \frac{p_a + p}{101,3} \cdot \frac{288}{273 + T_g} \cdot \frac{d}{d_r}} \right) \quad (8.10)$$

onde,  $Q$  - vazão volumétrica obtida nas condições de ensaio em m<sup>3</sup>/h

$p_a$  - pressão atmosférica (kPa)

$p$  - pressão de alimentação do gás (kPa)

$T_g$  - temperatura do gás no ponto de medida (° C)

$d$  - densidade do gás seco ou úmido relativo ao ar seco

$d_r$  - densidade do gás de referência seco relativo ao ar seco

A potência real é função do poder calorífico inferior (PCI) e é dado por:

$$P_{real} = 0,263 \cdot Q_{real} \cdot PCI \quad (8.11)$$

onde,  $Q_{real}$  - vazão volumétrica ( $m^3/h$ ), obtida nas condições do ensaio.

PCI - poder calorífico inferior do gás de referência ( $MJ/m^3$ )

O rendimento dos aquecedores de passagem a gás é obtido através da razão entre a potência térmica efetivamente transferida para a água que circula no aparelho, em relação à potência dissipada na queima do gás.

A quantidade de calor dissipada na combustão do gás ( $E_g$ ) é obtida pelo produto do volume de gás consumido pelo seu poder calorífico PC, sendo ele superior (real) ou inferior (nominal).

$$E_g = Q \cdot PC \quad (8.12)$$

onde,  $Q$  - volume de combustível queimado ( $m^3$ )

PC - poder calorífico, superior ou inferior ( $kJ/m^3$ )

O cálculo da quantidade de calor transferida para a água é função da variação de temperatura que a mesma sofre ao passar pelo aquecedor. Essa quantidade de calor ( $E_a$ ) é calculada por:

$$E_a = m_a \cdot c_p \cdot (T_s - T_e) \quad (8.13)$$

onde,  $m_a$  - massa de água (kg)

$c_p$  - calor específico da água =  $4,178 \text{ kJ/kg } ^\circ \text{C}$

$T_e$  - temperatura da água na entrada ( $^\circ \text{C}$ )

$T_s$  - temperatura da água na saída ( $^\circ \text{C}$ )

Com as equações acima, é possível calcular o rendimento nominal dividindo-se a eq.(8.9) pela eq.(8.13).

$$\eta_0 = \frac{m_a \cdot c_p \cdot (T_s - T_e)}{Q_{no} \cdot PCS} \quad (8.14)$$

Sendo:

$$Q_{no} = Q_{medido} \cdot \frac{p_a + p - p_v}{101,3} \cdot \frac{273}{273 + T_g} \quad (8.15)$$

$Q_{no}$  - consumo de gás nas condições-padrão do PCS

$Q_{medido}$  - volume do gás medido (m<sup>3</sup>)

$p_a$  - pressão barométrica (kPa)

$p$  - pressão de alimentação do gás (kPa)

$p_v$  - pressão de vapor da água (kPa), relacionada à  $T_g$

$T_g$  - temperatura do gás em (° C)

Para obter o rendimento real basta dividir a eq.(8.11) pela eq.(8.13), sem as correções.

$$\eta_{real} = \frac{m_a \cdot c_p \cdot (T_s - T_e)}{Q \cdot PCI} \quad (8.16)$$

onde,  $Q$  - volume de combustível queimado (m<sup>3</sup>)

$PCI$  - poder calorífico inferior do gás (kJ/m<sup>3</sup>)

A tabela a seguir foi obtida fazendo-se ensaios com os aquecedores:

Tabela 8 - Potência e rendimentos de aquecedores de passagem\*  
Fonte: Teles

Valores calculados para as potências e os rendimentos				
	Pot. Real (PCI) (kW)	Pot. Nominal (PCS) (kW)	Rend. Real (PCI) (%)	Rend. Nominal (PCS) (%)
<b>Ensaio 1</b>	19,855	14,540	79,675	86,842
<b>Ensaio 2</b>	19,963	14,662	79,679	86,336
<b>Média</b>	19,91	14,60	79,68	86,59

A aparente incongruência dos valores apresentados na tabela anterior tem origem nos cálculos feitos para as condições nominais, que levam em consideração o PCS e a vazão corrigida do gás. Em contrapartida, os cálculos para condições reais empregam o PCI, que é inferior ao PCS, mas não corrigem a vazão de gás, que normalmente será superior à nominal.

Para determinar o montante de energia gasta, deve-se considerar a quantidade de água quente consumida, o rendimento do equipamento, a vazão e a temperatura da

\* O gás de referência indicado pela norma para o teste de potência nominal é o gás GBR20. As propriedades deste gás podem ser verificadas no anexo H.

água de entrada da água. O aquecedor de passagem, para o seu adequado funcionamento, requer uma vazão de gás mínima de 4,44 L/min. A vazão de água será a mesma utilizada anteriormente, 0,085 l/s.

Segundo o estudo que, através de diversas experiências, determinou o rendimento de um aquecedor de passagem a gás, obteve como resultado rendimentos reais no valor de 79,7%. O resultado obtido experimentalmente ficou próximo do valor fornecido pelos catálogos, que é de 80,5%. Para a análise deste equipamento será adotado um rendimento de 79,7% [Teles].

A potência real extraída da queima de 4,44 L/min de GLP é função do poder calorífico inferior, que para esse gás vale 95,55 MJ/m<sup>3</sup>. Pela eq.(8.11) verifica-se que a potência do equipamento é de 6,7 kW.

## 9 MEMORIAL DE CÁLCULOS

### 9.1 Dimensionamento da placa fotovoltaica

A creche da Vila Curuçá contém muitos aparelhos elétricos ligados à rede, portanto a carga de pico se torna muito elevada. Desta forma, com os equipamentos atuais é difícil suprir tal demanda e substituir o fornecimento de energia da rede elétrica pela energia gerada pelas células fotovoltaicas.

Como exemplo, será dimensionado um sistema de energia solar que suporte duas lâmpadas fluorescentes compactas de 9W (12V) durante 12 horas por dia.

1º passo – é possível saber a amperagem pela seguinte divisão:  $\frac{9 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 0,75 \text{ A}$ .

Considerando duas lâmpadas, circulará no sistema 1,5 A.

2º passo – a energia necessária para acionar as lâmpadas será de 18 Ah (1,5 A x 12h).

3º passo – incluindo um fator de segurança de 10% e recarga de bateria (energia extra para recarregar a bateria após dias nublados) o total será 19,8 Ah.

4º passo – a energia do sol, medida em horas úteis por dia, para o São Paulo é de 6 horas por dia (ver figura 21). Assim o módulo solar irá fornecer sua corrente nominal durante estas 6 horas e, portanto, para calcularmos a corrente exigida do módulo devemos dividir a energia total por 6, encontrando 3,3 A (19,8 Ah / 6h).



Figura 21 – Tempo de aproveitamento da radiação solar  
Fonte: SunLab Power

5º passo – procura-se um módulo que consiga fornecer 3,3 A. Podemos escolher um módulo SQ80, que possui corrente nominal de 4,75 A.



6º passo - o controlador de carga deve suportar os 1,5 A que vão para a carga e os 4,75 A correspondentes à corrente de curto circuito do SQ80. Pode ser adotado o Controlador BT01.

7º passo – para a escolha da bateria deve-se observar a máxima profundidade de descarga que ela consegue ter. Assumindo uma bateria com 50% e definindo quantos dias sem sol que o sistema deverá suportar, neste exemplo 2 dias. Então a bateria escolhida deverá fornecer aproximadamente 80 Ah em 2 dias ( $19,8 \text{ Ah} \times 2 \text{ dias}/0,5$ ). A bateria Delphi Freedom 2000 suporta a carga necessária.

8º passo – o inversor a ser escolhido deve ter capacidade superior ao consumo.

A tabela abaixo relaciona os componentes necessários para a montagem do sistema de geração de energia a partir da radiação solar e seus respectivos preços.

Tabela 9 - Preço dos componentes necessários no sistema fotovoltaico \*

Componente	Preço (R\$)
Controlador	174,00
Coletores	1.551,00
Bateria	535,00
Inversor	180,00
<b>Total</b>	<b>2.440,00</b>

Tal investimento permite economizar, em energia elétrica, o equivalente a R\$ 32,73 por ano. Torna-se vantajoso investir na geração de energia elétrica quando é possível abater os custos em um intervalo de tempo menor que a vida útil das placas. Mais adiante a viabilidade de implantação de um sistema semelhante ao descrito anteriormente será analisada.

## 9.2 Dimensionamento da tubulação

Para que seja possível utilizar a água da mina nos vasos sanitários da creche, é necessário que seja montada uma tubulação que encaminhe a água até os mesmos. A água a ser utilizada fica armazenada numa caixa de água depois de ser bombeada da mina.

Devido à existência de uma tubulação exclusiva para os vasos sanitários, opta-se por utilizá-la, conectando a caixa de água da mina com esta tubulação. A conexão montada seria feita através de um te, instalado logo após um registro já

---

\* Especificação e preço dos componentes podem ser conferidos no anexo B

existente, que permite a utilização da água da mina sem que seja usada a água tratada, bem como permite que esta seja utilizada quando necessário. A tubulação necessária é descrita no esquema a seguir:

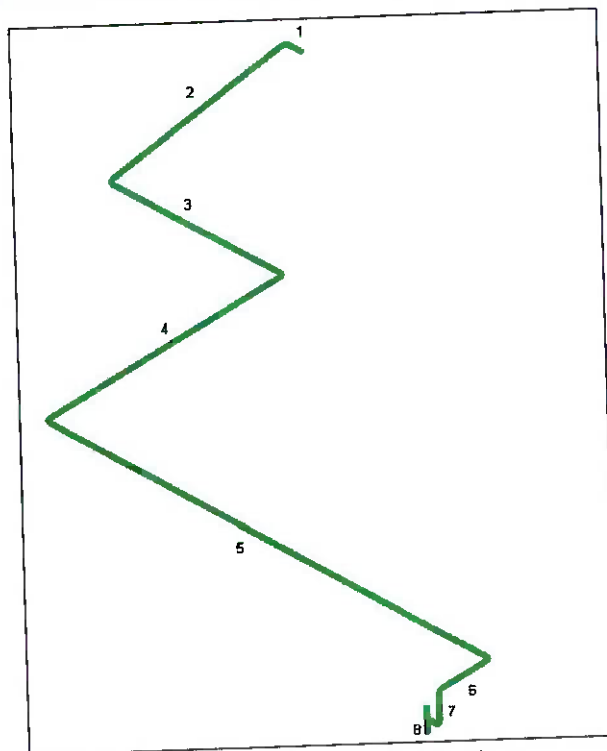


Figura 22 - Esquema da tubulação

Tal arranjo é formado por 8 segmentos de tubo, conectados uns aos outros por cotovelos. Após o último segmento coloca-se um te que faz a conexão com a tubulação já existente. A tabela 7 abaixo apresenta o tamanho dos segmentos:

Tabela 10 - Dimensões dos segmentos da tubulação

Segmento	Comprimento (m)
Segmento 1	0,66
Segmento 2	9,45
Segmento 3	8,66
Segmento 4	12,33
Segmento 5	24,5
Segmento 6	2,33
Segmento 7	1,20
Segmento 8	0,33

Estudou-se as perdas de carga na tubulação para tubos de diversos diâmetros para uma vazão de 28800 L/h, vazão esta caracterizada por cinco vezes a vazão ideal para um vaso sanitário, situação que representa cinco descargas dadas simultaneamente. As figuras 23, 24, 25, 26 e 27 representam as alturas

manométricas, considerando-se as perdas distribuídas e localizadas na tubulação, aplicadas para tubos de diversos diâmetros.

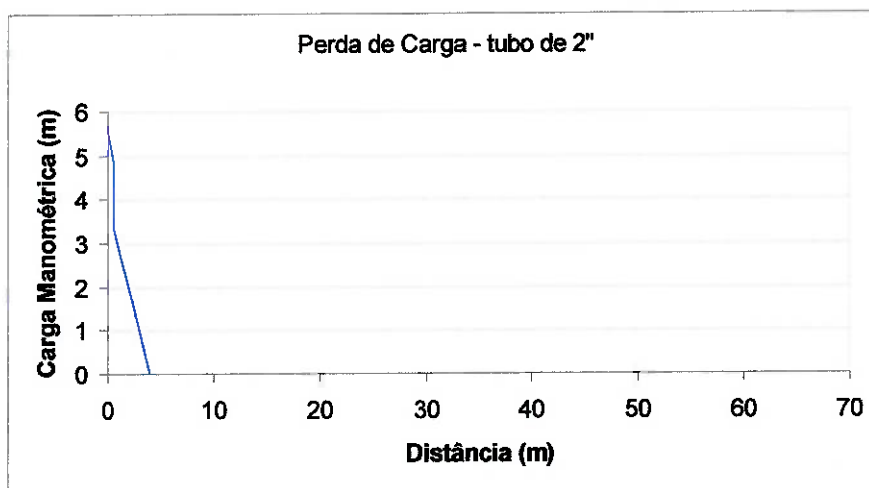


Figura 23 - Perda de carga para tubulação de 2"

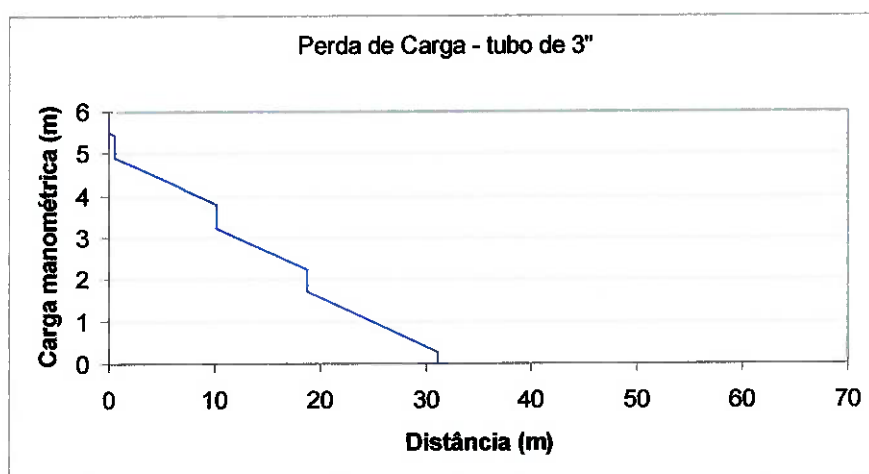


Figura 24 - Perda de carga para tubulação de 3"

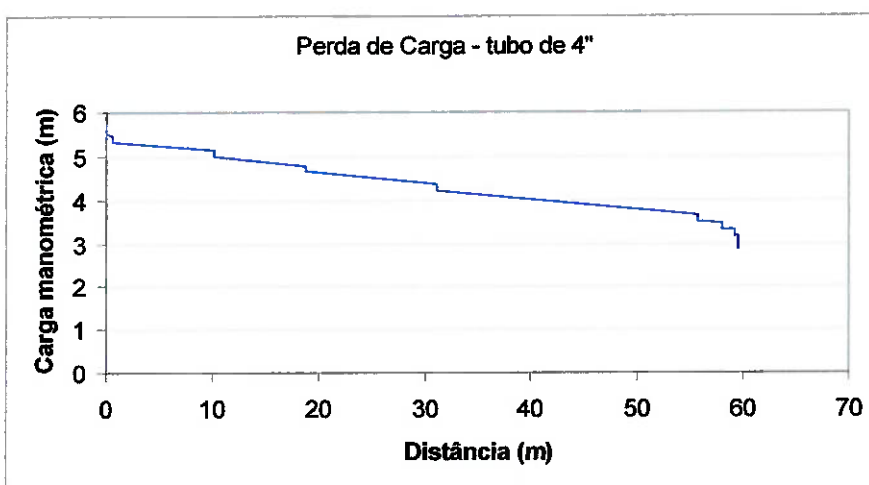


Figura 25 - Perda de carga para tubulação de 4"

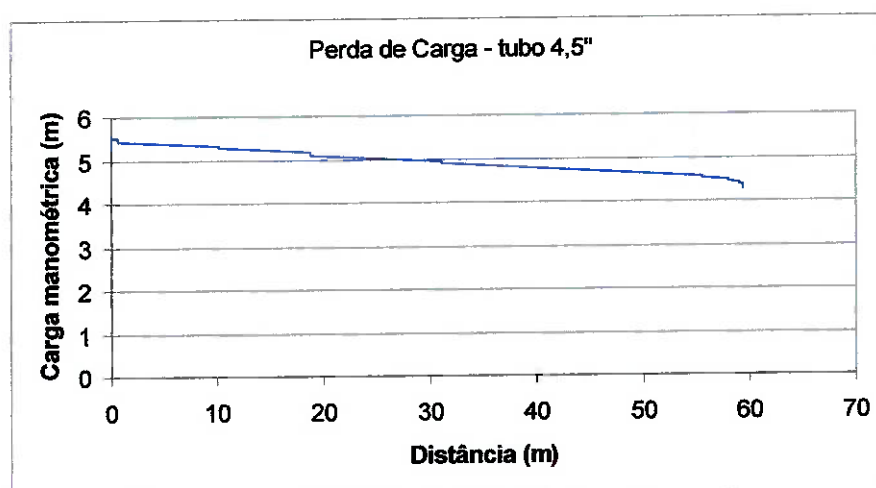


Figura 26 - Perda de carga para tubulação de 4,5"

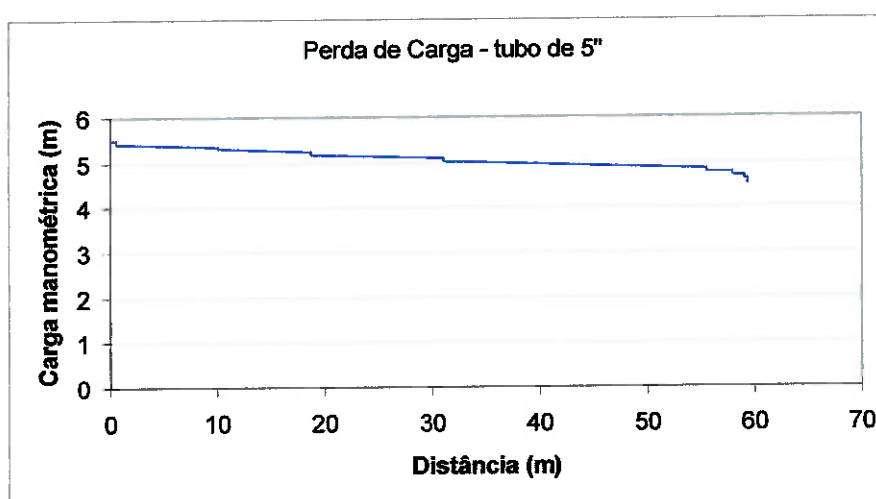


Figura 27 - Perda de carga para tubulação de 5"

Os resultados serão discutidos mais adiante.

### 9.3 Comparação dos sistemas de aquecimento

Neste item serão demonstrados os dimensionamentos dos aquecedores para posterior verificação de seus preços a fim de avaliar a viabilidade econômica.

#### 9.3.1 Dimensionamento

Levando em consideração a média e o desvio padrão do consumo mensal de água no ano de 2005 até o mês de setembro, verifica-se que este se encontra na faixa de  $112\text{m}^3$  a  $194\text{m}^3$  de água, com consumo médio de  $153\text{m}^3$ . Desta quantia de água apenas parte dela é aquecida. A água fria é utilizada para a lavagem de panos e na higiene (lavagem das mãos, escovação dos dentes) e água aquecida para a lavagem

de louças e banho dos menores. Estima-se que o consumo de água aquecida corresponda a 50% do consumo total de água. Desta forma o consumo diário de água aquecida é de aproximadamente 3000 litros.

Através da eq.(8.1) é possível estimar a quantidade de energia necessária para se aquecer a água que é utilizada durante um mês.

$$Q = 76500 \cdot 4,1868 \cdot (38 - 20,5) = 5605078,5 \text{ kJ} / \text{mês} = 1556,9 \text{ kWh} / \text{mês}$$

Considerando-se apenas os dias úteis, são necessários 70,77 kWh/dia.

#### - Solar

O número de placas coletoras é proporcional à quantidade de água a ser aquecida. Além da energia gasta no aquecimento de água, as placas tem que fornecer energia para suprir as perdas de calor pelas paredes do reservatório. Considerando as perdas para três reservatórios térmicos de 1000 litros, os maiores encontrados no mercado, além dos 70,77 kWh suficientes para aquecer a água, as placas devem fornecer mais 12,96 kWh para suprir a perda de calor. Pela eq.(8.8) dimensiona-se a área de placa coletora necessária. A seguir se determina a área necessária para 3000 litros de água.

$$A = \frac{E_n}{E_i \cdot \eta} = \frac{83,73}{4 \cdot 0,59} = 35,47 \text{ m}^2$$

O investimento inicial é a somatória dos custos das placas e dos reservatórios térmicos. O preço de uma placa com área de  $1\text{m}^2$  é de R\$ 370,00 e o custo de um reservatório é de R\$ 2.669,00. Desta forma o investimento inicial fica:

$$\text{Invest.Inicial} = 3 \cdot 2.669,00 + 36 \cdot 370,00 = 21.327,00 \text{ reais} .$$

#### - Chuveiro elétrico

Os pontos de consumo de água são dois, sendo necessário um chuveiro para cada ponto. Desta forma seriam necessários dois chuveiros, porém, em um destes pontos, já existe um chuveiro instalado, sendo necessário apenas a compra de mais

uma unidade. Um chuveiro pode ser adquirido no mercado por aproximadamente R\$31,00.

#### **- Aquecedores de passagem**

Para os aquecedores de passagem aplica-se a regra para os chuveiros elétricos, porém como não existe nenhum equipamento instalado ainda, será necessária a compra de dois aparelhos. O custo de cada equipamento é de R\$ 640,00, totalizando um investimento inicial de R\$ 1.280,00.

#### **- Aquecedores de acumulação**

No mercado os maiores acumuladores de água comportam 200 litros de água. Para a creche seriam necessários pelo menos dois aquecedores, envolvendo um investimento inicial de R\$ 3.186,00.

### **9.3.2 Comparação dos custos**

Para calcular o custo da energia para obter 1 kW líquido, primeiramente é preciso quantificar a energia necessária para que se obtenha um 1kW, que pode ser obtida por:

$$E_T = \frac{E_u}{\eta} \quad (9.1)$$

onde,  $E_T$  - energia total

$E_u$  - energia útil

$\eta$  - rendimento do aquecedor

Pela verificação na planilha de gastos fornecida pelo Instituto Criança Cidadã é pago em média R\$ 0,3946 por kWh de energia elétrica consumida. Para se obter o gasto por kWh de energia útil para o aquecimento de água, basta utilizar a eq.(9.1). Sendo  $E_u = 1$ , o rendimento do chuveiro igual a 0,93 e a energia perdida nula:

$$E_T = \frac{1,0}{0,93} = 1,075 \text{ kW}$$

Para o fornecimento de 1 kWh para a água a partir de um chuveiro elétrico, são gastos  $0,4242 \frac{R\$}{kWh_{util}}$ .

O mesmo cálculo é realizado para o aquecedor de acumulação a gás:

$$E_T = \frac{1,0}{0,75} = 1,333 \text{ kW}$$

Para cada kW transmitido para a água, são gastos 1,397 kW do combustível.

O m<sup>3</sup> de GLP custa para a creche R\$ 3,01. A densidade do GLP é 2,2417 kg/m<sup>3</sup> e o poder calorífico para esse gás vale 95,55 MJ/kg. O investimento necessário para a utilização de 1 kW é de:

$$3,01 \frac{R\$}{m^3} \cdot \frac{1}{95,55} \frac{kg}{MJ} = 3,15 \cdot 10^{-5} \frac{R\$}{kJ} = 0,1134$$

$$0,1134 \frac{R\$}{kWh} \cdot 1,333 \frac{kWh_{consumido}}{kWh_{util}} = 0,1512 \frac{R\$}{kWh_{util}}$$

Para o aquecedor de passagem a gás as perdas de energia também são consideradas nulas e o rendimento considerado vale 79,7%. A eq.(9.1) fica:

$$E_T = \frac{1,0}{0,797} = 1,255 \text{ kW}$$

$$0,1134 \frac{R\$}{kWh} \cdot 1,255 \frac{kWh_{consumido}}{kWh_{util}} = 0,1423 \frac{R\$}{kWh_{util}}$$

Tabela 11 - Comparação do custo do kWh para diversos equipamentos

	Sistema de aquecimento			
	Chuveiro	Acumulação a gás	Solar	Passagem a gás
Potência nominal (kW)	3,2 a 5,4	11,25	depende da radiação	13,89
Rendimento (%)	93,0	75,0	59,0	79,7
Custo do kWh (R\$)	0,4430	0,1512	0,4430*	0,1423

Para calcular os gastos com o aquecimento da água, basta saber quantos kWh são necessários para aquecer os 3000 litros de água e multiplicar pelo custo do kWh para cada equipamento.

\* Considerando o chuveiro elétrico como sistema sobressalente.

Sabendo o custo do kWh para cada tipo de equipamento e quantos kWh são necessários mensalmente, valores previamente dimensionados, calculam-se os valores aproximados dos gastos mensais com o aquecimento de água. Estes são apresentados a seguir:

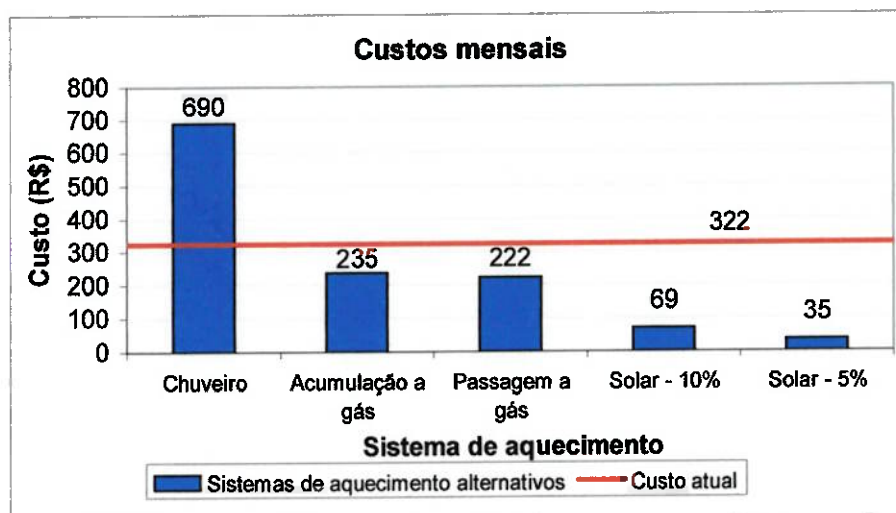


Figura 28 - Despesas mensais das alternativas de aquecimento de água em relação ao sistema atual

O equipamento mais recomendado para ser utilizado é aquele que, considerando-se os custos de aquisição do equipamento e também os custos de utilização (aquecimento propriamente dito), onera menos a creche. Para fazer a análise do melhor investimento, compara-se o valor presente (VP) destes.

O valor presente, neste caso, é composto por parcelas que podem ser obtidas a partir da multiplicação do valor em questão por uma constante que depende de uma série uniforme de pagamentos e/ou recebimentos ( $R$ ) que ocorrem ininterruptamente desde o período de ordem 1 até período de ordem  $n$ , ou a partir de investimentos pontuais ( $S$ ) que podem ser efetuados a qualquer instante ( $k$ ),  $(R \rightarrow P)_{i\%}^n$  e  $(S \rightarrow P)_{i\%}^k$  respectivamente. Onde o valor de  $i\%$  deriva dos juros e da inflação e pode é determinado pela relação demonstrada a seguir.

$$(1+i) = (1+j) - (1+f) \quad (9.2)$$

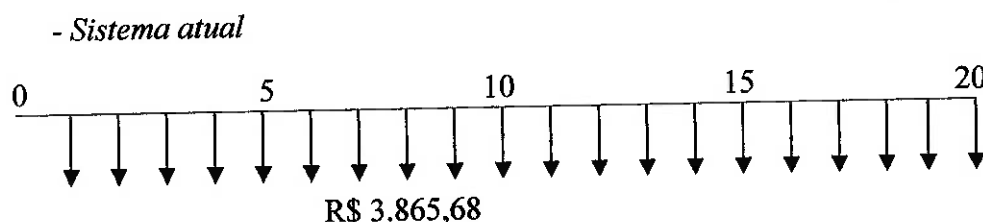
onde,  $j$  - juros

$f$  - inflação



Neste trabalho foi adotada uma taxa de juros anual de 18% e a inflação acumulada em 12 meses de 5%, dados estes fornecidos pelo Banco Central do Brasil. Desta forma o valor  $i$  de é igual a 13%.\*

Abaixo o fluxo de caixa para a configuração atual é indicado. Estima-se que o gasto anual de gás com aquecimento representa 70% do consumo total de gás efetuado pela creche, sendo este um montante de R\$ 3.865,68. Devido à vida útil das placas, o período de estudo será de 20 anos.



$$VP = -3.865,68 (R \rightarrow P)_{13\%}^{20} = -3.865,68 \cdot 7,0248$$

$$VP = -27.155,63$$

A seguir são apresentados os fluxos de caixa e os valores presentes de cada alternativa de investimento.

#### - Aquecedor solar

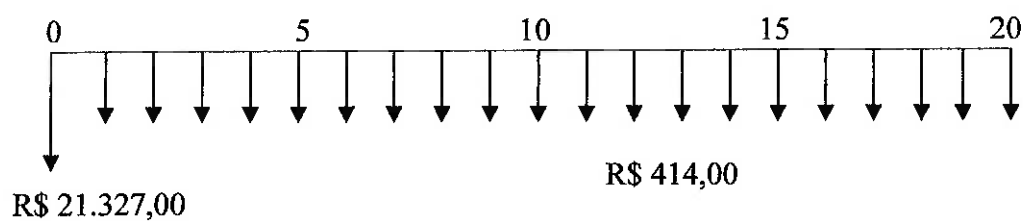
Devido à vida útil das placas solares ser de 20 anos, durante esse período não há custos envolvidos com manutenção nem troca de peças. Em dias em que a radiação não é suficiente para aquecer toda a água necessária, entra em funcionamento o sistema reserva, neste caso, o chuveiro elétrico. São feitas duas estimativas em relação à utilização do chuveiro, considerando necessário utilizar durante 5% e 10% do ano (18 dias e 36 dias). Nesses casos seriam gastos anualmente com energia elétrica R\$ 414,00 e R\$ 828,00, respectivamente.

A seguir os fluxos de caixa para estes investimentos são disponibilizados.

---

\* O valor das constantes utilizadas nos cálculos dos valores presentes encontram-se na tabela apresentada no anexo A

Para 5%:

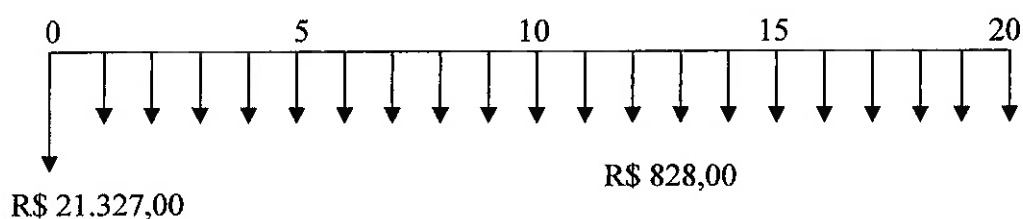


$$VP = -21.327,00 - 414,00 (R \rightarrow P)_{13\%}^{20}$$

$$VP = -21.327 - 414,00 \cdot 7,0248$$

$$VP = -24.235,27$$

Para 10%:



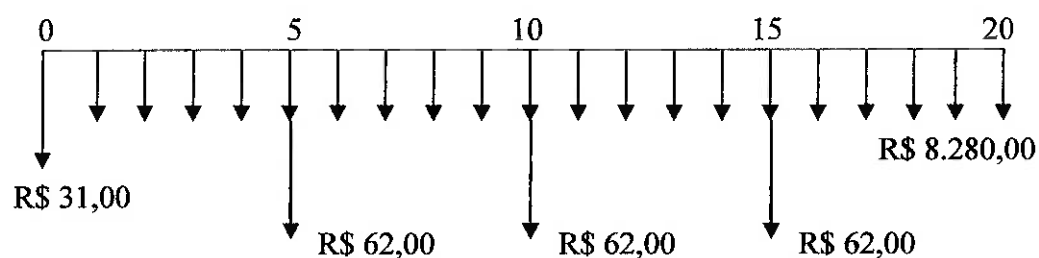
$$VP = -21.327,00 - 828,00 (R \rightarrow P)_{13\%}^{20}$$

$$VP = -21.327,00 - 828,00 \cdot 7,0248$$

$$VP = -27.143,53$$

#### - Chuveiro elétrico

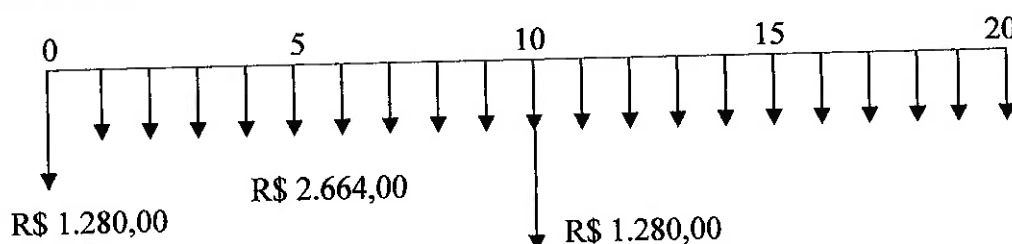
Além das contas anuais de R\$ 13.092,00, a vida útil do chuveiro ser de 5 anos implica a troca destes no fim desse período. Desta forma os chuveiros seriam trocados 3 vezes em 20 anos. O fluxo de caixa abaixo descreve os gastos:



$$\begin{aligned}
 VP &= -31,00 - 8.280,00 (R \rightarrow P)_{13\%}^{20} - 62,00 (S \rightarrow P)_{13\%}^5 - 62,00 (S \rightarrow P)_{13\%}^{10} - \\
 &- 62,00 (S \rightarrow P)_{13\%}^{10} \\
 VP &= -31,00 - 8.280,00 \cdot 7,0248 - 62,00 \cdot 0,5428 - 62,00 \cdot 0,2946 - 62,00 \cdot 0,1599 \\
 VP &= -58.258,18
 \end{aligned}$$

#### - Passagem a gás

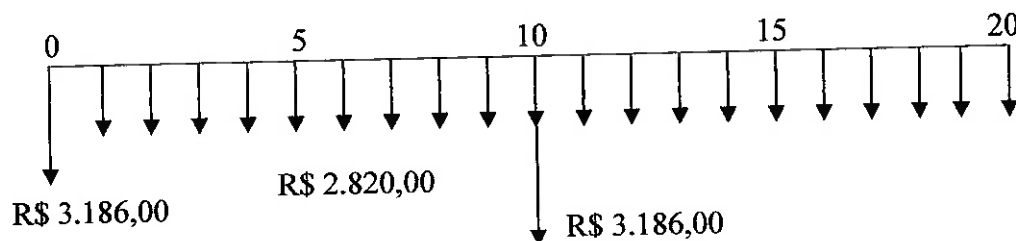
Com uma vida útil de 10 anos, os aquecedores deveriam ser substituídos a cada década. Além dos custos de aquisição dos equipamentos, o consumo anual estimado seria de R\$ 2.664,00. Desta forma o fluxo de caixa desse investimento fica:



$$\begin{aligned}
 VP &= -1.280,00 - 2.664,00 (R \rightarrow P)_{13\%}^{20} - 1.280,00 (S \rightarrow P)_{13\%}^{10} \\
 VP &= -1.280,00 - 2.664,00 \cdot 7,0248 - 1.280,00 \cdot 0,2946 \\
 VP &= -20.371,15
 \end{aligned}$$

#### - Acumulação a gás

O fluxo de caixa para o aquecedor de acumulação é semelhante ao do aquecedor de passagem a gás, apenas variando os valores envolvidos. Os investimentos pontuais nesse caso seriam no valor de R\$ 3.186,00 e os anuais seriam de R\$ 2.820,00.



$$\begin{aligned}
 VP &= -3.186,00 - 2.820,00 (R \rightarrow P)_{13\%}^{20} - 3.186,00 (S \rightarrow P)_{13\%}^{10} \\
 VP &= -3.186,00 - 2.820,00 \cdot 7,0248 - 3.186,00 \cdot 0,2946 \\
 VP &= -23.934,53
 \end{aligned}$$

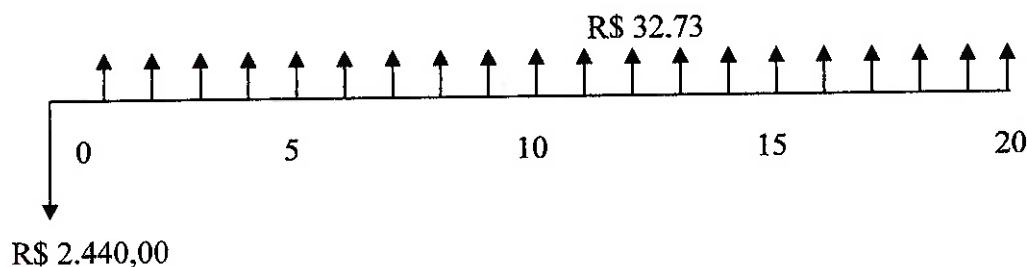
O valor presente de cada alternativa é apresentado na tabela a seguir:

Tabela 12 - Valor presente das alternativas de investimento

<b>Tipo de aquecimento</b>	<b>Valor presente (R\$)</b>
Chuveiro	-58258,18
Atual	-27155,63
Solar - 10%	-27143,53
Solar - 5%	-24238,27
Acumulação a gás	-23934,53
Passagem a gás	-20371,15

## 10 RESULTADOS

Os resultados encontrados até este momento serão indicados e discutidos. O fluxo de caixa da instalação de um sistema fotovoltaico autônomo é exemplificado abaixo:



$$VP = -2.400,00 + 32,73 (R \rightarrow P)_{13\%}^x = 0$$

Com a instalação do módulo fotovoltaico seriam economizados R\$ 32,73 por ano. Na equação acima o valor de  $x$  que zera o VP indica o número de anos necessários para o ressarcimento do investimento inicial. A figura 29 ajuda a ilustrar o comportamento da curva da compensação dos custos iniciais.

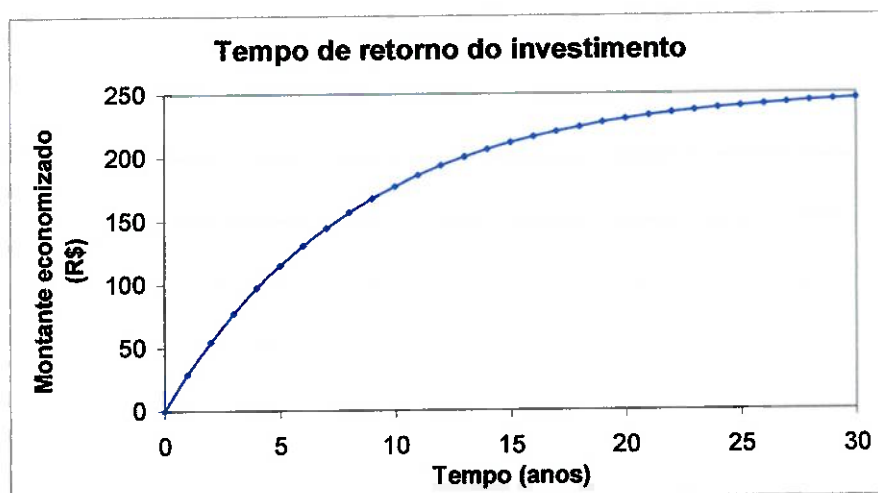


Figura 29 - Tempo de retorno do investimento

Pela análise da figura anterior nota-se que o abatimento das despesas tende a se estabilizar. No período de 30 anos, período este maior que a vida útil dos coletores, a quantia máxima que o sistema consegue ressarcir se aproxima de R\$ 250,00, valor este equivalente a 10% do investimento inicial. Desta forma, conclui-se que ainda não é rentável substituir a rede elétrica convencional pela geração de

energia através do sol, recomendada para locais onde ainda não há fornecimento de energia elétrica.

Em relação ao sistema de tubulação, a figura abaixo indica as perdas de carga na tubulação considerando-se diversos diâmetros.

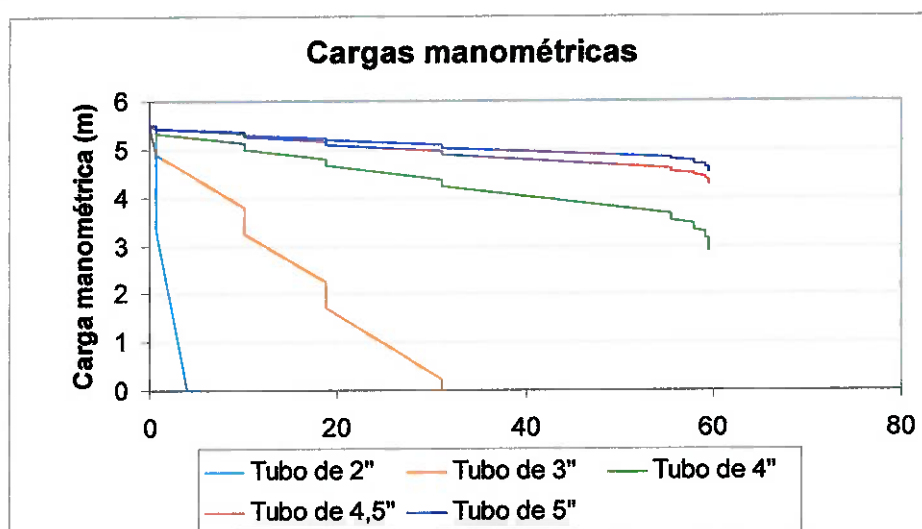


Figura 30 - Perdas de carga para tubulações com diâmetros variando de 2" a 5".

Nota-se na figura anterior que conforme o esperado, quanto menor o diâmetro da tubulação, maiores são as perdas de carga. Para os tubos de 2" e 3" as perdas de carga são relativamente grandes se comparadas com as perdas de carga nos tubos de 4", 4,5" e 5" de 2,5m, 1,25m e 1m, respectivamente.

Nos tubos de 2" e 3" não haveria escoamento na vazão necessária. Sendo a cota do nível da água igual a 5,5 metros em relação ao piso da creche, o fato da tubulação existente para os vasos sanitários ser de 4" e que quanto menor o diâmetro da tubulação menores são os custos, adota-se para a tubulação a ser construída um diâmetro de 4", tamanho este suficiente para que não haja excessiva perda de carga.

O valor presente de um investimento permite saber as necessidades de caixa, ou ganhos de certo projeto, em termos de dinheiro de hoje. Isso é possível pois se considera a somatória dos valores existentes no fluxo de caixa na data 0, descontando os juros embutidos em cada um dos valores. A partir da análise do valor presente dos investimentos, é possível descobrir qual o investimento onera menos a creche.

O resultado do estudo do sistema mais rentável é disposto a seguir:

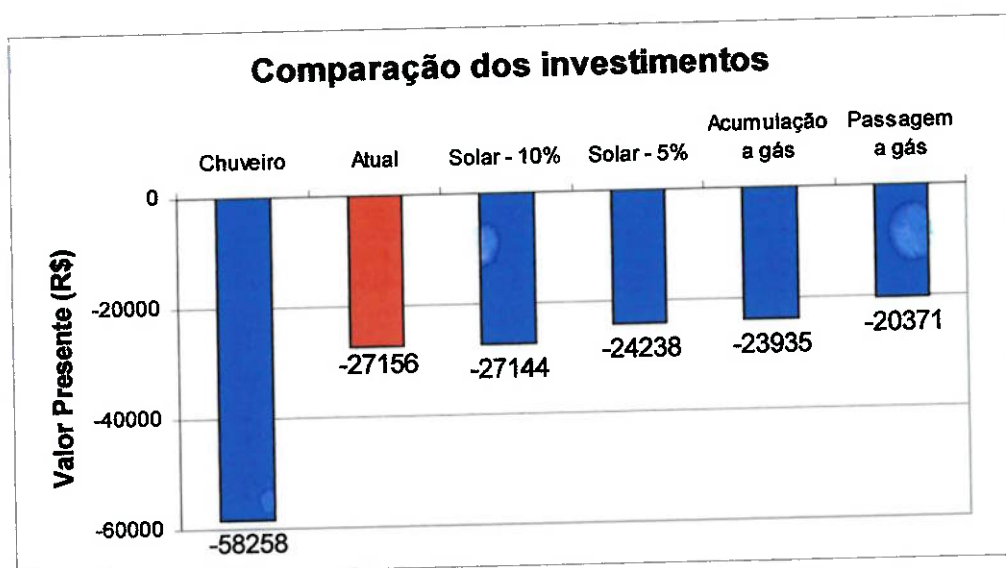


Figura 31- Valor presente das alternativas de investimento.

Pelo gráfico nota-se que existem três alternativas economicamente mais interessantes que o sistema atual, uma equivalente e uma menos atrativa. O chuveiro, devido sua potência, consome muita energia elétrica acarretando elevadas contas de luz. O elevado investimento inicial do aquecedor solar e a necessidade de recorrer ao sistema reserva por 36 dias por ano, torna esta alternativa inviável economicamente.

O aquecedor solar utilizando, o sistema de backup 18 dias ao ano, apresenta uma pequena vantagem em relação ao sistema atual. O mesmo ocorre para o aquecedor de acumulação a gás. O aquecedor de passagem a gás demonstrou-se a alternativa mais atrativa. No final de 20 anos, período de estudo, esse sistema acarretaria uma economia considerável.

Todos os sistemas apresentam vantagens e desvantagens em relação a outros. Será feita uma análise em relação às três alternativas mais atrativas, aquecedor solar utilizando o equipamento reserva por 5% do tempo e o aquecedor de acumulação a gás. As vantagens do aquecedor de acumulação em relação ao aquecedor de passagem são: mesmo que o gás acabe, ainda há uma quantidade de água quente armazenada que pode ser utilizada; atende a mais de um ponto de consumo, podendo fornecer água quente para quatro pontos simultaneamente; trabalha com coluna d'água menor. As vantagens do aquecedor de passagem em relação ao de acumulação são: por ser mais compacto, ocupa um espaço físico menor; não apresenta problema de autonomia de água quente, podendo fornecer água quente 24

horas por dia ininterruptamente; o consumo de gás ocorre apenas quando o aquecedor estiver sendo usado, diferentemente do aquecedor de acumulação que possui uma chama piloto.

O aquecimento solar necessita de uma grande área de placas coletoras, o que acarreta maiores riscos de danos e consequentemente gastos com manutenção, além de ser uma alternativa que requisitará maiores modificações estruturais para sua instalação e possuir um fornecimento limitado de água quente, restringido pela capacidade dos reservatórios térmicos.

Diante dessas informações, e pelo fato de o aquecedor de passagem ser mais barato, verifica-se que este é o melhor investimento. Utilizando o aquecedor de passagem a gás Pelo método do valor presente, calcula-se o tempo de retorno do investimento (payback).

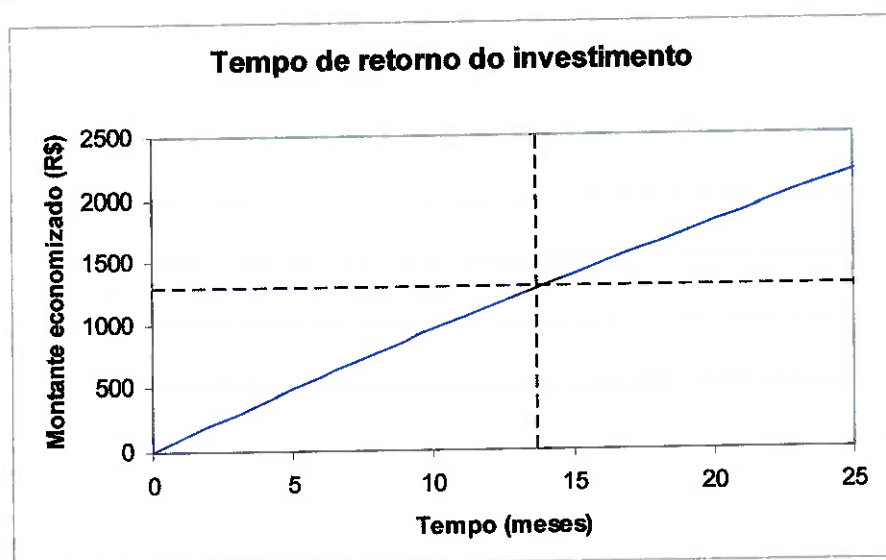


Figura 32- Tempo de retorno do investimento

A figura 32 apresenta o montante economizado em função do tempo. Nota-se que o retorno do investimento acontece no 14º mês após o investimento inicial.

Para reduzir o consumo de gás na cozinha, pouco pode ser feito, uma vez que as medidas a serem tomadas dependem das atitudes dos funcionários. Estes já estão cientes da importância de economizar não somente o gás, como também todos e quaisquer recursos da creche.



## 11 CONCLUSÃO

Atualmente alguns assuntos como o crescimento da população mundial e o esgotamento das reservas de petróleo e de água potável vêm tomando mais espaço nos círculos de discussão. Os canais de comunicação reforçam essa preocupação informando os problemas conseqüentes de uma má administração dos recursos que existem hoje.

Com o propósito de minimizar o impacto que o ser humano causa sobre a natureza, novos equipamentos mais eficientes e tecnologias de captação de energias alternativas surgem e são melhorados a cada dia.

Apesar do avanço na tecnologia do aproveitamento da energia solar para a geração de energia elétrica, verificou-se que este não é interessante na substituição da energia da rede, sendo apenas economicamente viável caso haja uma exigência de que nunca falte energia elétrica ou caso o imóvel não seja servido pela rede pública. Como não ocorre o retorno do investimento, para a creche manter os equipamentos ligados à rede existente ainda é mais vantajoso.

Uma possibilidade de redução do número de luminárias acesas no período noturno já foi identificada e está em processo de análise junto aos responsáveis pelas creches.

A tubulação instalada de 4 polegadas é o suficiente para manter uma vazão adequada para as bacias sanitárias, mesmo que haja utilização de cinco descargas simultaneamente. Economiza-se o equivalente a todas as descargas dadas nos sanitários e o que seria gasto na lavagem dos solários.

Pelas inúmeras vantagens do aquecedor de passagem a gás em relação ao aquecedor solar e ao de acumulação supracitados, e por representar o menor investimento é aconselhável a substituição do sistema de aquecimento atual por este tipo de aquecimento. O retorno da quantia gasta na aquisição dos equipamentos como indicado na figura 32 ocorre no 14º mês e a quantia economizada no final dos 20 anos estudados seria de R\$ 6.772,00, uma economia de aproximadamente 25%.

A redução do consumo de gás na cocção de alimentos se dá por meio do comportamento dos funcionários, desta forma pouco pode ser feito.

No decorrer da elaboração do trabalho de conclusão de curso surgiram alguns problemas como a falta de dados e conhecimento técnico para o dimensionamento

adequado dos equipamentos e conseqüentemente influenciando na estimativa de custos, principalmente no caso do aquecedor solar. Isso ocorreu devido ao fato de a creche apresentar um consumo particular de água quente, diferindo do padrão residencial o que requer um dimensionamento específico, além dos fabricantes e vendedores não fornecerem os dados técnicos por completo, exigindo uma visita ao local para que pudesse ser feito o dimensionamento correto e posterior estimativa do custo.

## ANEXO A

Tabela utilizada para os cálculos dos valores presentes:

n	(P<>S)	(S<>P)	(P<>R)	(R<>P)	(R<>S)	(S<>R)	(G<>R)	(G<>P)	(G<>S)	n
1	1,130000	0,8850	1,1300	0,8850	1,00000	1,0000	0,0000	0,0000	0,00000	1
2	1,27690	0,7831	0,8995	1,6681	2,13000	0,4695	0,4695	0,7521	1,00000	2
3	1,44290	0,6931	0,4235	2,3612	3,40000	0,7535	0,9187	2,1692	0,13000	3
4	1,63047	0,6133	0,3362	2,9735	4,83580	0,2062	1,3479	4,0032	6,53690	4
5	1,84244	0,5428	0,2643	3,5172	6,46027	0,1543	1,7571	6,1502	11,38670	5
6	2,08195	0,4803	0,2002	3,9975	8,32271	0,1702	2,1468	8,4616	17,86697	6
7	2,35261	0,4251	0,2261	4,4226	10,45465	0,0961	2,5171	11,1322	26,18967	7
8	2,65844	0,3762	0,2054	4,7988	12,75726	0,0784	2,8685	13,7653	36,59433	8
9	3,00404	0,3329	0,1849	5,1317	15,34571	0,0649	3,2014	16,4284	49,3559	9
10	3,39497	0,2946	0,1643	5,4282	18,31978	0,0543	3,5162	19,0792	64,70730	10
11	3,83586	0,2607	0,1758	5,6869	21,81432	0,0458	3,8134	21,6667	83,18708	11
12	4,33432	0,2307	0,1690	5,9176	25,85218	0,0390	4,0936	24,2044	105,00137	12
13	4,89601	0,2042	0,1634	6,1218	29,23470	0,0334	4,3573	26,6744	130,85164	13
14	5,52478	0,1807	0,1587	6,3025	33,06271	0,0287	4,6050	29,0232	160,63825	14
15	6,23427	0,1599	0,1547	6,4624	37,44748	0,0247	4,8375	31,2517	195,61896	15
16	7,03033	0,1415	0,1514	6,6039	42,437173	0,0214	5,0552	33,3841	236,93642	16
17	7,92008	0,1252	0,1486	6,7291	48,17905	0,0186	5,2589	35,3876	285,60816	17
18	8,91237	0,1108	0,1462	6,8393	54,72514	0,0162	5,4471	37,2714	342,34722	18
19	10,01742	0,0981	0,1441	6,9360	62,149101	0,0141	5,6265	39,0386	408,07236	19
20	11,24539	0,0868	0,1424	7,0248	70,54663	0,0124	5,7917	40,6854	483,12176	20
21	12,60710	0,0769	0,1408	7,1016	79,95992	0,0108	5,9454	42,2214	568,76859	21
22	14,11383	0,0680	0,1395	7,1695	90,49101	0,0095	6,0861	43,6486	665,23851	22
23	15,77883	0,0601	0,1383	7,2297	102,24484	0,0083	6,2205	44,9718	774,72951	23
24	17,60829	0,0532	0,1373	7,2829	115,32147	0,0073	6,3431	46,1910	897,93438	24
25	19,61764	0,0471	0,1364	7,3293	129,81266	0,0064	6,4568	47,3264	1034,76581	25
26	21,82501	0,0417	0,1357	7,3717	145,81910	0,0057	6,5614	48,3685	1185,28537	26
27	24,25028	0,0365	0,1350	7,4095	163,45061	0,0050	6,6582	49,3276	1350,23547	27
28	26,91409	0,0316	0,1344	7,4412	182,81669	0,0044	6,7474	50,2090	1530,97608	28
29	29,83684	0,0269	0,1339	7,4671	204,01922	0,0039	6,8296	51,0179	1728,02597	29
30	33,03850	0,0226	0,1334	7,4875	227,16922	0,0034	6,9052	51,7592	1942,60935	30
31	36,54006	0,0183	0,1330	7,5023	252,36511	0,0030	6,9747	52,4330	2175,80856	31
32	40,37409	0,0142	0,1327	7,5125	279,71606	0,0027	7,0385	53,0486	2428,03975	32
33	44,56021	0,0107	0,1323	7,5180	309,32759	0,0023	7,0971	53,6050	2699,63975	33
34	49,12744	0,0079	0,1321	7,5177	341,30338	0,0021	7,1507	54,1430	2991,02892	34
35	54,10651	0,0055	0,1318	7,5156	375,76082	0,0018	7,1993	54,6618	3303,00630	35
36	59,52791	0,0039	0,1316	7,5129	412,74933	0,0016	7,2445	55,1646	3636,68712	36
40	132,78155	0,0007	0,1310	7,5344	1012,70424	0,0010	7,3888	56,4087	7450,03284	40
45	241,04140	0,0004	0,1305	7,5609	1874,16463	0,0005	7,5176	57,5148	14272,49710	45
48	352,26054	0,0002	0,1304	7,5705	2707,63342	0,0004	7,5552	57,9580	20455,11323	48
50	450,73593	0,0002	0,1303	7,5732	3459,50712	0,0003	7,5811	58,1870	26225,07782	50
55	830,46173	0,0001	0,1302	7,5830	6350,39759	0,0002	7,6260	58,1909	45516,90851	55
60	1530,0535	0,0001	0,1301	7,5873	11751,3498	0,0001	7,6531	58,1913	80014,99240	60
65	2819,0043	0,0000	0,1300	7,5898	21577,1123	0,0000	7,6692	58,9732	142247,0027	65
70	5103,5596	0,0000	0,1300	7,5908	39945,1810	0,0000	7,6768	59,0585	256731,9304	70
72	6032,0451	0,0000	0,1300	7,5911	51018,2033	0,0000	7,6814	59,0792	315816,1020	72
75	6929,9851	0,0000	0,1300	7,5916	73602,5516	0,0000	7,6845	59,1051	365593,7349	75
80	17830,947	0,0000	0,1300	7,5919	135614,927	0,0000	7,6878	59,1333	511257,6308	80
84	28746,783	0,0000	0,1300	7,5921	221121,429	0,0000	7,6894	59,1471	700287,759	84
85	32432,626	0,0000	0,1300	7,5921	243965,192	0,0000	7,6897	59,1496	752169,168	85
90	53849,416	0,0000	0,1300	7,5922	401072,427	0,0000	7,6909	59,1590	1045634,054	90
95	102658,61	0,0000	0,1300	7,5927	649212,835	0,0000	7,6916	59,1644	1623383,350	95
96	124650,60	0,0000	0,1300	7,5922	694461,504	0,0000	7,6915	59,1662	1731219,185	96
100	205152,57	0,0000	0,1300	7,5923	1062783,65	0,0000	7,6918	59,1675	2622242,42	100
105	374514,48	0,0000	0,1300	7,5923	2373634,06	0,0000	7,6920	59,1693	5147915,76	105
108	540097,16	0,0000	0,1300	7,5923	4144655,87	0,0000	7,6921	59,1699	8195752,06	108
110	680650,57	0,0000	0,1300	7,5923	5301992,80	0,0000	7,6921	59,1703	1026700,59	110
120	2341063,6	0,0000	0,1300	7,5923	18066174,1	0,0000	7,6922	59,1712	138523492,9	120

## ANEXO B

### Controlador



BT01: Controlador só de descarga até 7 Ampéres R\$ 147,00

85 Watts

Tensão (VDC) = 12

### Coletores



Modelo: SQ-80 R\$ 1.551,00

Potência: 80 Wp

Voltagem: 17,0 V

Amperagem: 4,75 A

### Bateria

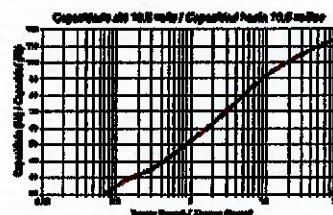
R\$ 535,00

#### DELPHI FREEDOM 2000

#### DELPHI FREEDOM 2000

Tensão Nominal: 12V  
Capacidade Nominal:  
115Ah em 100h a 25°C até 10,5V  
(1,75V / elemento)  
100Ah em 20h a 25°C até 10,5V  
(1,75V / elemento)  
95Ah em 10h a 25°C até 10,5V  
(1,75V / elemento)  
Dimensões:  
Comprimento: 330mm  
Largura: 172mm  
Altura: 240mm  
Peso: 27,3kg

Tensión Nominal: 12V  
Capacidad Nominal:  
115Ah en 100h a 25°C hasta 10,5V  
(1,75V / célula)  
100Ah en 20h a 25°C hasta 10,5V  
(1,75V / célula)  
95Ah en 10h a 25°C hasta 10,5V  
(1,75V / célula)  
Dimensiones:  
Largo: 330mm  
Ancho: 172mm  
Alto: 240mm  
Peso: 27,3kg



### Inversores



Modelo: HT-E-150 R\$ 180,00

Potência: 150 W

Tensão de saída: 120 Vca

Tensão de entrada: 10 a 15 Vcc

Frequência: 60 Hz  $\pm$  4%

## ANEXO C

## PESQUISA DE PREÇOS DE AQUECEDORES DE ÁGUA

**Aquecedor solar THERMOSYSTEM 200 litros (baixo custo) R\$ 650,00**

## Composto de:

- 01 Reservatório 200 litros com suporte
- 02 Placas Coletoras
- 01 Misturador 01 Ducha Eletrônica

**Ducha eletrônica**

Proporciona economia média de 37% de energia em relação aos chuveiros elétricos comuns.

**Características Técnicas**

Modelo: 01

marca: Thermo System

Tensão Nominal:	220v	127v
Potência:	6800W	5200W
Fiação Mínima:	4 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>
Disjuntor:	30 A	40 A

Pressão Mínima: 8 Kpa (0.8m.c.a)

Pressão Máxima: 400 Kpa (40m.c.a)

No. IP (Grau de proteção): IP24

Distância Máxima do disjuntor: 30m

**Kit de aquecimento solar residencial R\$ 2.400,00**

- 01 Reservatório 500lts. Baixa pressão
- 05 Coletores 1,90 X 0,80

**Aquecedor solar R\$ 1.536,70**

Especificações do produto:

Dimensões das 2 placas : 1150 mm x 887 mm x 38 mm = 1,02 m<sup>2</sup>

Reservatório bx pressão sem nível de 200 litros

**Aquecedor Solar de Água Solarmax 200 litros + 1 Misturador Solar R\$ 1.169,00**

Dimensões do coletor solar:

A -Largura (incluindo tubos) : 2070 mm

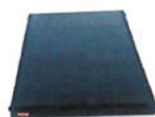
B - Largura : 1990 mm

C - Comprimento: 790 mm

D -Altura: 55 mm

Área Coletora Nominal: 1,60 m<sup>2</sup>

Área Coletora Real: 1,58 m<sup>2</sup>



**Coletor Solar modelo MC2VS 1,00m<sup>2</sup> R\$ 369,00**

**Coletor Solar modelo MK5HS 1,39m<sup>2</sup> R\$ 516,00**

**AQUECEDOR DE PASSAGEM → (± 640,00)****Aquecedor de passagem a gás, automático, 15L, Orbis R\$ 850,00****Aquecedor à gás, 18L por minuto, Sakura R\$ 816,36****Aquecedor a gás de passagem automática – 8 litros, Mitsumaru R\$ 529,00****Aquecedor a gás de passagem automática – 14 litros, Mitsumaru R\$ 529,00****Aquecedor a gás de passagem automática – 20 litros, Mitsumaru R\$ 529,00****Aquecedor Rinnai 18 litros modelo REU - 156BR. R\$ 593,00****AQUECEDOR ACUMULAÇÃO A GÁS → (± 1.593,00)****Orbis R\$ 1.000,00****200 litros, cumulus (usado) R\$ 1.500,00****Modelo 0190RB R\$ 1656,00**

Potência Nominal nas Condições Padrão (15°C e 760 mmHg) 9700 kcal/h

Rendimento 75%

Consumo de gás para aquecer o volume do tanque com  $\Delta t = 50^\circ\text{C}$  GLP 0,82 kg/h**Modelo 0160RB R\$ 1.279,00**

Potência Nominal nas Condições Padrão (15°C e 760 mmHg) 8000 kcal/h

Rendimento 76%

Consumo de gás para aquecer o volume do tanque com  $\Delta t = 50^\circ\text{C}$  GLP 0,67 kg/h**Modelos 220TDO e 230TDO R\$ 2.530,00**

Potência nominal – 20.000 e 30.000 kcal/h

Consumo de gás GLP 1,72 e 2,59 kg/h

**CHUVEIRO ELÉTRICO → (± 31,00)****Ducha Gorducha Corona R\$ 29,90****Ducha Gorducha Corona R\$ 24,78****Ducha Gorducha Corona R\$ 38,90****Ducha Gorducha Corona R\$ 26,59****Ducha Gorducha Corona R\$ 34,90****Ducha Gorducha Corona R\$ 31,90**

## ANEXO D

### Aquecedor Solar Compacto Solarmax 200 litros

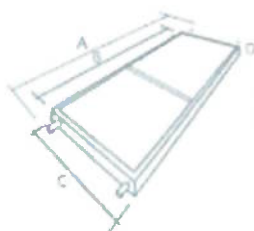


**Pressão de trabalho:** 2 m.c.a (metros de coluna d'água)

**Características elétricas:** Complementar elétrico (**opcional**) do reservatório térmico (resistência elétrica blindada, termostato de controle e termostato de segurança):

- Voltagem: 220 V
- Consumo: 2000 Watts

**Dimensões do coletor solar:**



A -Largura (incluindo tubos) : 2070 mm

B - Largura : 1990 mm

C - Comprimento: 790 mm

D -Altura: 55 mm

Área Coletora Nominal: 1,60 m<sup>2</sup>

Área Coletora Real: 1,58 m<sup>2</sup>

**Garantia do conjunto (reservatório térmico e coletor solar): 2 anos\***

#### **Certificações:**

- Coletor Solar testado, aprovado e etiquetado pelo INMETRO com a classificação:
- Faixa: A
- Eficiência Energética Média: 58,4 %
- Produção Média Mensal de Energia: 127,4 kWh/mês

## ANEXO E

### Chuveiro elétrico Ducha Gorducha Corona



Distância máxima do disjuntor ao aparelho: 28 m;

Potência Máxima: 5.400 W;

Classe de potência máxima: D;

Potência Econômica: 3.200 W.

Consumo (kWh) - 1 banho diário de 8 minutos:

Mensal Mínimo - 15,1, Elevação de Temperatura 10,0°C - Vazão 5,0 L/min.

Mensal Máximo - 22,7, Elevação de Temperatura 25,2°C - Vazão 3,0 L/min.

Voltagem: 110 Volts.

Potência Nominal: 5.400 W;

Disjuntor: 40 A;

Pressão Estática Máxima: 400 kPA (40 m.c.a.);

Características Técnicas:

Fiação Mínima: 10 mm<sup>2</sup>;

Pressão Mínima: 10 kPA (1,0 m.c.a.);



## ANEXO F

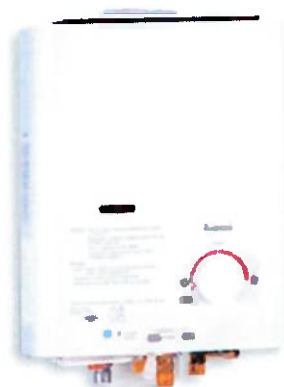
### Aquecedor de acumulação a gás Orbis do Brasil



Características	Unidade	80 litros	130 litros	160 litros	190 litros
Modelo	-	0080RB	0130RB	0160RB	0190RB
Tipo de Acendimento	-	Piloto	Piloto	Piloto	Piloto
Potência Nominal nas Condições Padrão (15°C e 760 mmHg)	Kcal/h	6000	8000	8000	9700
Potência Equivalente	kW	6,93	9,24	9,24	11,25
Rendimento	%	76	76	76	75
Consumo de gás para aquecer o volume do tanque com $\Delta t = 50^{\circ}\text{C}$	GN (m³/h)	0,56	0,74	0,74	1
	GLP (kg/h)	0,5	0,67	0,67	0,82
Pressão Hidrostática de Trabalho – Máxima	m.c.a	45	45	45	40
Pressão de Gás GN	mm.c.a	180	180	180	180
Pressão de Gás GLP	mm.c.a	280	280	280	280
Diâmetro da Chaminé	mm	76	76	76	75
Peso	kg	36	47,5	53	78

## ANEXO G

Aquecedor de passagem a gás Utility REU 55 FT Rinnai



Especificações técnicas		
Dimensões AxLxP	370 x 290 x 132 mm	
Peso	6,2 kg	
<b>Potência Nominal Condição Padrão</b>	<b>10,44 kW / 8.977 Kcal/h</b>	
Consumo Máximo de Gás	GLP	GN
	0,62 Kg/h	0,94 M³/h
<b>Vazão aproximada de Água (com misturador)</b>	<b>6 a 7l/min</b>	
<b>Pressão mínima e máxima de Água</b>	<b>5 mca - 40 mca</b>	
Pressão de gás	GLP	GN
	280 mmca	200 mmca
<b>Diâmetro da Chaminé</b>	<b>Sem chaminé</b>	
Sistema de segurança	Termopar/Timer/Fusível Térmico	
Vazão/Pressão Mínima para Acionamento	2,7 litros/min - 2,5 Mca	
Diâmetro Entrada de Gás/Água	½" BSP	
Tensão de Alimentação	Acendimento eletrônico com duas pilhas de 1,5 VDC (grande)	

14. NBR 8130, 1996, **Aquecedor de água a gás tipo instantâneo - Métodos de ensaio**,
15. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
16. Balanço Nacional Energético, Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2004.
17. Banco Central do Brasil  
<http://www.bcb.gov.br>
18. Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo  
<http://www.cefetsp.br/edu/sinergia/andre2.html>
19. CETESB  
<http://www.cetesb.sp.gov.br/>
20. CRESESB  
<http://www.cresesb.cepel.br>
21. Deca  
<http://www.deca.com.br>
22. Instituto Agrônômico  
<http://www.iac.sp.gov.br>
23. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
<http://www.ipea.gov.br>
24. Ministério de Minas e Energia  
<http://www.mme.gov.br>
25. Editora Moderna  
<http://www.moderna.com.br/moderna/Água/consumo>
26. SABESP  
<http://www.sabesp.com.br>
27. <http://osistemasolar.vilabol.uol.com.br/planetas.htm>
28. <http://www.pipesystem.com.br>

## ANEXO H

### Gás de Referência.

O gás de referência indicado pela norma para testes de potência nominal é o gás GBR20.

Propriedades consideradas à 273K e 101,3 kPa.

Propriedades do gás de referência indicado pela norma.

Densidade em Relação ao Ar Atmosférico	PCS <sup>5</sup> (MJ.m <sup>3</sup> )
0.7467	45.2

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BORNAKKE, C., SONNTAG, R.E., WYLEN, G.J.V. **Fundamentos da Termodinâmica**. 5ª edição, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 2002.
2. FERREIRA, M.J.G. **Inserção da energia fotovoltaica no Brasil**. São Paulo, 1993.
3. FOX, R.W, McDONALD, A.T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 5ª edição, LTC Editora, Rio de Janeiro, 2001.
4. HACKLEMAN, M. **At home with alternative energy: a comprehensive guide to creating your own systems**. Culver City, California; Mariposa, California, 1980.
5. HUMMEL, P.R.V., PILÃO, N.E. **Matemática financeira e engenharia econômica**. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2002.
6. LA ROVERE, E.L. **Fontes alternativas de energia**. Rio de Janeiro, Finep, 1994.
7. MATAJS, R.R. **Demanda, consumo e custo das alternativas ao chuveiro elétrico: o exemplo do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1997.
8. MONTEIRO, J.V.F. **A contribuição da automação para o mercado residencial brasileiro do gás natural**. São Paulo, 2002.
9. MOREIRA, J.G.S. **Energia solar no Brasil: o uso de coletores planos para o aquecimento de água**. Rio de Janeiro, 1985.
10. OLIVEIRA, N.M. **Ensaio de um aquecedor de passagem de água a gás (GLP) automático com vazão (de água) de 9,4 L/min**. Esteio, 2004.
11. OLIVEIRA, S.H.F. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos autônomos: Ênfase na eletrificação de residências de baixo consumo**. São Paulo, 1997.
12. TELES, D. E. **Estudo do desempenho de um aquecedor de passagem submetido a vazões variadas de gás**.
13. NBR 5899, 1994, **Aquecedor de água instantâneo**, Associação Brasileira de Normas Técnicas.