

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Cainã Britto do Amaral**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DE COLETORES  
SOLARES: ESTUDO EM HABITAÇÕES POPULARES NO  
MUNICÍPIO DE CANOAS**

Porto Alegre  
dezembro 2013

**CAINÃ BRITTO DO AMARAL**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DE COLETORES  
SOLARES: ESTUDO EM HABITAÇÕES POPULARES NO  
MUNICÍPIO DE CANOAS**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Miguel Aloysio Sattler**

Porto Alegre  
dezembro 2013

**CAINÃ BRITTO DO AMARAL**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DE COLETORES  
SOLARES: ESTUDO EM HABITAÇÕES POPULARES NO  
MUNICÍPIO DE CANOAS**

Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2013

Prof. Miguel Aloysio Sattler  
Phd. pela University of Sheffield  
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)**  
PhD. pela University of Sheffield

**Maurício C. Ayres Torres**  
Doutor pela Universidade Politécnic da Catalunha

**Érica Dall'Asta**  
Mestranda pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Jaime e Maria, que me inspiram, apoiam e motivam a vencer os desafios não só do meu Curso de Graduação, mas da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus familiares, especialmente a meus pais, Jaime e Maria, e minha irmã, Alana, por todo o apoio e incentivo desde os primeiros passos da minha vida.

À minha namorada, Amanda, pelo seu apoio, carinho e compreensão.

Ao professor Miguel Aloysio Sattler, orientador deste trabalho, pela sua conduta durante o desenvolvimento do trabalho e por toda sua contribuição através de seu conhecimento e experiência sobre o assunto.

À professora Carin Maria Schmitt, pela sua dedicação e contribuição com o aperfeiçoamento das diversas etapas de elaboração deste trabalho.

Aos meus colegas de Prefeitura, que se mostraram solidários, me possibilitando o acesso com mais facilidade aos meios necessários para o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, aos meus amigos, em especial aos amigos colegas de faculdade, pelo companheirismo durante a longa jornada da Graduação.

A vontade de se preparar tem de ser maior que a vontade de vencer. Vencer será consequência da boa preparação.

*Bernardo R. de Rezende*

## RESUMO

O abastecimento energético mundial têm sido uma das questões mais estudadas da atualidade, devido, principalmente, às repentinas mudanças climáticas observadas nos últimos tempos. Entre as diversas alternativas existentes para se aumentar a eficiência energética e a sustentabilidade das edificações está o aquecimento solar da água (LAMBERTS et al., 2010). Neste sentido, este trabalho trata sobre a eficiência energética de moradias populares através da utilização de um sistema solar de aquecimento da água. O estudo foi aplicado em um loteamento localizado no município de Canoas, com habitações unifamiliares de interesse social, contempladas pela instalação deste sistema e ocupadas por famílias reassentadas de um trecho atingido pela passagem da rodovia BR 448. O estudo foi realizado através do levantamento de campo, em que se investigaram informações relativas ao consumo energético destas habitações, tais como, tipos de aparelhos eletrodomésticos, hábitos de banho e histórico de consumo energético de cada moradia. Com a obtenção dos dados foram realizadas análises a fim de se estimar o perfil de consumo energético das habitações, os gastos com o aquecimento da água, e a provável economia de energia gerada pela utilização deste sistema de aquecimento da água. Os resultados obtidos apresentaram percentuais médios de economia de energia entre cerca de 30 a 40%.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável. Eficiência Energética. Sistema solar de aquecimento da água. Aquecedor solar. Edificações Unifamiliares. Habitações de Interesse Social.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do delineamento da pesquisa.....	16
Figura 2 – Distribuição da energia elétrica no Brasil.....	23
Figura 3 – Consumo por uso final em residências.....	25
Figura 4 – Consumo por uso final em residências de baixa renda.....	25
Figura 5 – Habitações com aquecimento elétrico da água por região.....	26
Figura 6 – Esquema de um sistema de aquecimento solar.....	28
Figura 7 – Coletor solar de placa plana.....	29
Figura 8 – Comparativo com despesas de energia do Projeto Contagem.....	30
Figura 9 – Orientação das placas coletoras.....	31
Figura 10 – Coletor apoiado de forma simples sobre o telhado.....	32
Figura 11 – Coletor apoiado em estrutura de suporte.....	32
Figura 12 – Esquema de distâncias recomendadas entre componentes de um SAS.....	33
Figura 13 – Localização das moradias em estudo.....	38
Figura 14 – Planta da habitação.....	39
Figura 15 – Moradia pronta e habitada.....	40
Figura 16 – Construção das habitações – Etapa de levantamento da alvenaria.....	41
Figura 17 – Construção das habitações – Etapa de execução da cobertura.....	41
Figura 18 – Esquema ilustrativo do aquecedor solar utilizado.....	43
Figura 19 – Realização das entrevistas.....	47
Figura 20 – Gráfico de temperaturas do mês de setembro em Porto Alegre.....	51
Figura 21 – Gráfico da insolação incidente no mês de setembro em Porto Alegre.....	52
Figura 22 – Número de moradores por habitação do Loteamento A.....	54
Figura 23 – Número de moradores por habitação do Loteamento B.....	54
Figura 24 – Questão relativa à utilização do aquecedor.....	55
Figura 25 – Justificativa de não utilização.....	56
Figura 26 – Ocasão de não utilização plena da água proveniente do aquecedor.....	56
Figura 27 – Posse de eletrodomésticos – Loteamento A.....	61
Figura 28 – Posse de eletrodomésticos – Loteamento B.....	61
Figura 29 – Consumo médio de energia em cada mês – Loteamento A.....	62
Figura 30 – Consumo médio de energia em cada mês – Loteamento B.....	63
Figura 31 – Consumo médio de energia por número de moradores do Loteamento A....	64
Figura 32 – Consumo médio de energia por número de moradores do Loteamento B....	64



Figura 33 – Consumo médio de água por número de moradores do Loteamento A.....	65
Figura 34 – Consumo médio de água por número de moradores do Loteamento B.....	65
Figura 35 – Consumo médio de energia por uso final – Loteamento A.....	67
Figura 36 – Consumo médio de energia por uso final – Loteamento B.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção de energia primária no Brasil.....	19
Tabela 2 – Produção de energia elétrica no Brasil.....	20
Tabela 3 – Dimensionamento dos aquecedores.....	44
Tabela 4 – Consumo dos pontos de utilização de água quente.....	50
Tabela 5 – Quantidade de dias críticos ocorridos na cidade de Porto Alegre.....	51
Tabela 6 – Consumo médio de energia dos aparelhos eletrodomésticos.....	53
Tabela 7 – Resumo consumo de energia com o banho das habitações.....	58
Tabela 8 – Consumo mensal de energia e água das habitações do Loteamento A.....	59
Tabela 9 – Consumo mensal de energia e água das habitações do Loteamento B.....	60
Tabela 10 – Economia de energia estimada – Loteamento A.....	69
Tabela 11 – Economia de energia real entre Loteamento A e B.....	71

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....</b>	<b>14</b>
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	14
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	14
<b>2.2.1 Objetivo Principal.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2 Objetivos Secundários.....</b>	<b>14</b>
2.3 PREMISSE.....	15
2.4 DELIMITAÇÕES.....	15
2.5 LIMITAÇÕES.....	15
2.6 DELINEAMENTO.....	15
<b>3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....</b>	<b>18</b>
3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	18
<b>3.1.1 Contexto histórico e atual.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.2 Futuro.....</b>	<b>20</b>
3.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.....	21
<b>3.2.1 Histórico.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.2 Representatividade.....</b>	<b>22</b>
<b>4 CONSUMO RESIDENCIAL.....</b>	<b>24</b>
4.1 CONSUMO DE ENERGIA POR USO FINAL.....	24
4.2 AQUECIMENTO DA ÁGUA.....	26
4.3 SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR (SAS).....	27
<b>4.3.1 Eficiência do sistema.....</b>	<b>30</b>
<b>4.3.2 Dimensionamento do sistema.....</b>	<b>33</b>
<b>5 CARACTERIZAÇÃO DAS HABITAÇÕES.....</b>	<b>37</b>
5.1 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO.....	37
5.2 PERFIL SOCIOECONÔMICO DAS FAMÍLIAS.....	38
5.3 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS.....	38
5.4 COLETOR SOLAR UTILIZADO.....	41
<b>6 LEVANTAMENTO DE CAMPO.....</b>	<b>46</b>
6.1 MÉTODO DE PESQUISA.....	46
6.2 ELABORAÇÃO DO FORMULÁRIO.....	46
6.3 APLICAÇÃO DA PESQUISA.....	47
6.4 PROCEDIMENTO PARA ESTIMATIVA DOS CONSUMOS.....	48

<b>6.4.1 Variáveis de consumo de água quente para o banho.....</b>	<b>49</b>
<b>6.4.2 Variáveis meteorológicas.....</b>	<b>50</b>
<b>6.4.3 Variáveis de consumo de energia dos eletrodomésticos.....</b>	<b>52</b>
<b>6.5 RESULTADOS DE PESQUISA.....</b>	<b>53</b>
<b>7 ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>62</b>
<b>7.1 PERFIL DE CONSUMO DAS HABITAÇÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>7.2 ECONOMIA DE ENERGIA.....</b>	<b>68</b>
<b>7.2.1 Análise sobre valores estimados.....</b>	<b>68</b>
<b>7.2.2 Análise sobre valores reais.....</b>	<b>70</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>88</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem sendo, durante anos, o grande responsável pelos impactos negativos causados ao meio ambiente, através de fatores como o desmatamento, geração de resíduos e altos gastos energéticos, tanto na fase de construção quanto na de utilização das edificações. Além disso, o consumo de energia elétrica no setor residencial tem sido o que mais cresce nos últimos anos (LAMBERTS et al., 2004).

Frente a esta realidade, fica atribuído, cada vez mais, ao projetista da edificação, o papel de buscar soluções de projeto que visem uma construção mais sustentável. Segundo Lamberts e Triana (2007), o desenvolvimento de residências mais sustentáveis deve considerar, entre outros aspectos, a maior eficiência energética das mesmas, através da redução do consumo de eletricidade e aumento do uso de fontes renováveis de energia, tal como a solar.

Neste sentido, algumas estratégias projetuais podem ser adotadas, a fim de se obter uma redução no consumo de energia elétrica nas habitações. O sistema de aquecimento da água através da energia solar, por exemplo, embora possa representar um custo inicial mais elevado, pode resultar em uma redução dos gastos mensais com o consumo de energia de uma residência, possibilitando desta forma a viabilidade econômica dos investimentos financeiros nestes equipamentos. Além de um benefício econômico aos usuários, a redução do consumo energético de uma edificação colabora ecologicamente com planeta, resultando em benefícios ao meio ambiente e a sociedade.

Entretanto, para que as decisões de projeto surtam efeito real sobre o consumo de energia de uma residência, é de fundamental importância o conhecimento da forma como esta energia acaba sendo utilizada pelos usuários da edificação.

Neste contexto, o trabalho visa realizar um levantamento do perfil de consumo de algumas moradias populares pertencentes a um mesmo projeto de habitações de interesse social, localizadas no município de Canoas, a fim de analisar a economia de energia gerada pela utilização dos sistemas de aquecimento solar da água que foram instalados nestas moradias.

O trabalho é dividido em oito capítulos. Desta forma, após este primeiro capítulo de introdução parte-se para o segundo capítulo em que são descritas as diretrizes do trabalho, tais como questão da pesquisa, objetivos, premissa, delimitações, limitações, e delineamento. O terceiro e o quarto capítulo apresentam a pesquisa bibliográfica realizada, a fim de possibilitar o devido embasamento teórico para a posterior aplicação prática.

O quinto capítulo é composto pela identificação, caracterização e análise do objeto em estudo. No sexto capítulo, o trabalho parte para a etapa de levantamento de campo, em que são apresentados os métodos de pesquisa, além do processo de elaboração do formulário, levantamento de dados, estimativa dos consumos e apresentação dos resultados.

No sétimo capítulo, têm-se a etapa de análise dos resultados obtidos pela pesquisa. Por fim no oitavo capítulo são feitas as considerações finais do trabalho, principalmente sobre os resultados obtidos.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: qual a economia de energia elétrica gerada pela utilização de um sistema solar de aquecimento da água instalado em um projeto de moradia popular no município de Canoas?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal do trabalho é a análise da economia de energia elétrica gerada a partir da utilização de um sistema solar de aquecimento da água aplicado em um projeto de moradias populares, localizadas no município de Canoas.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são as descrições de procedimentos:

- a) de avaliação da eficiência energética do sistema de aquecimento solar da água;
- b) para o levantamento de dados relativos ao consumo energético de cada residência.



### 2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que reduzir o consumo energético de uma residência representa não só um benefício econômico para seus usuários, mas também um benefício ambiental para a sociedade.

### 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo da eficiência energética residencial a partir da utilização de um sistema de aquecimento da água utilizado em um projeto de moradia popular no município de Canoas.

### 2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho para a avaliação quanto à eficiência energética das moradias:

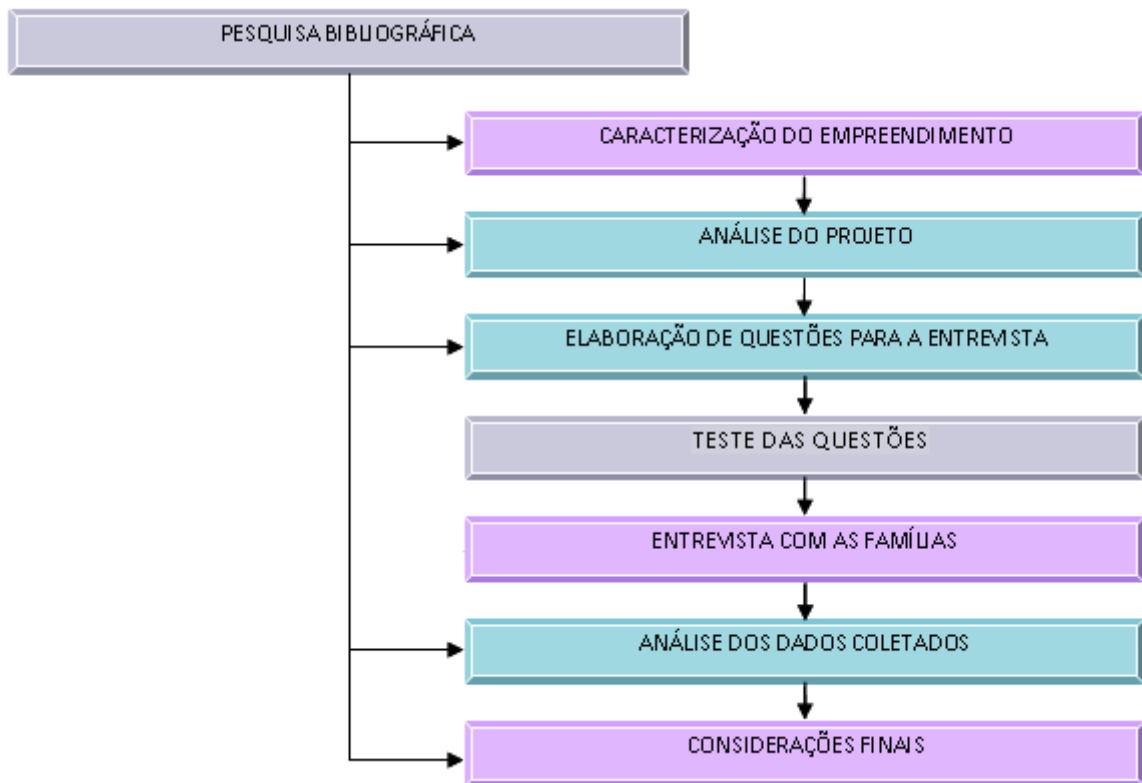
- a) verificação do projeto do aquecedor solar sob o aspecto de dimensionamento do mesmo, utilizando com referência a norma técnica de sistemas solares de aquecimento da água;
- b) levantamento de dados relativos ao consumo energético das famílias através do acesso as contas de energia e entrevistas realizadas com as mesmas.

### 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das seguintes etapas, representadas na figura 1 e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) caracterização do empreendimento;
- c) análise do projeto do aquecedor solar;
- d) elaboração de questões para entrevista;
- e) teste das questões
- f) entrevista com as famílias;
- g) análise dos dados coletados;
- j) considerações finais.

Figura 1 – Representação do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborada pelo autor)

O trabalho teve início com a fase de **pesquisa bibliográfica**, na qual permaneceu de forma contínua ao longo de todo o trabalho, a fim de se obter maior conhecimento técnico sobre o tema em questão e, conseqüentemente, permitir uma melhor avaliação da eficiência energética do sistema.

Na seqüência desta primeira fase, foi realizada uma **caracterização do empreendimento**, em que foram apresentadas as principais particularidades do objeto em estudo. Em seguida, partiu-se para uma **análise do projeto** do aquecedor solar, no qual se verificaram os aspectos mais influentes no desempenho energético do mesmo.

Após esta primeira análise, se iniciou o processo de **elaboração das questões** a serem utilizadas nas entrevistas com as famílias, com o posterior **teste** das mesmas. Concluída esta etapa, se partiu para a fase de campo, na qual foram realizadas **entrevistas**, com o objetivo de coletar dados relevantes a respeito do consumo energético destas habitações, através da seleção de uma amostra de unidades habitacionais do loteamento em questão. Após aplicação das entrevistas, passou-se para a **análise dos dados coletados**, em que foram atribuídos valores percentuais de economia, gerados pela utilização do aquecedor solar.

A partir dessas análises, foram realizadas, por fim, as **considerações finais** do trabalho, na qual foram feitas considerações a respeito das possíveis economias geradas ou não, com relação à utilização do sistema de aquecimento solar da água.

### **3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Este capítulo trata sobre a eficiência energética relacionada ao desenvolvimento sustentável e a sua aplicabilidade nas edificações.

#### **3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Os itens a seguir apresentam aspectos do tema eficiência energética e desenvolvimento sustentável através de uma contextualização da situação atual e de uma perspectiva para o futuro.

##### **3.1.1 Contexto histórico e atual**

O impacto da atividade humana sobre o meio ambiente tem sido crescente com o passar dos anos. Grande parte dos problemas ambientais gerados, tais como poluição, chuva ácida, destruição da camada de ozônio, intensificação do efeito estufa, destruição da fauna e flora, estão relacionados com exploração e utilização de energia. Todo este processo de degradação do meio ambiente se tornou mais acelerado após a Revolução Industrial, no fim do século XVIII, e especialmente durante o século XX. O século XXI inicia com o grande desafio do planeta de conseguir equacionar e solucionar todos estes problemas (BRASIL, 2005).

O termo desenvolvimento sustentável surge alguns anos após a primeira crise do petróleo, no início da década de 1970, quando a energia se tornou grande preocupação internacional. Neste momento, as questões de preservação ambiental tomam grande proporção, através das vertentes de gestão e poluição da água, do ar e do solo (ROMÉRO; REIS, 2012).

Para a construção de um modelo de desenvolvimento sustentável, algumas medidas de racionamento energético já são visualizadas globalmente, tais como (ROMÉRO; REIS, 2012):

- a) diminuição do uso de combustíveis fósseis e maior utilização de energia de fontes renováveis;
- b) aumento na eficiência do setor energético em toda sua cadeia produtiva;

- c) aumento de eficiência no uso de materiais, transporte e combustíveis;
- d) desenvolvimento de alternativas energéticas ambientalmente benéficas;
- e) incentivo ao uso de combustíveis menos poluentes;
- f) elaboração de políticas energéticas que favoreçam mercados com tecnologias ambientalmente benéficas.

De acordo com o Manual do Consumo Sustentável (BRASIL, 2005, p. 98-99):

A gravidade dos impactos ambientais vai depender em grande parte da fonte de energia usada na geração da eletricidade. O emprego de fontes não renováveis, como o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e o urânio, está associado a maiores riscos ambientais, tanto locais (poluição do ar e vazamento radioativo) como globais (aumento do efeito estufa). Já as fontes de energia renováveis, como a água, o Sol, os ventos e a biomassa (lenha, bagaço de cana, carvão vegetal, álcool e resíduos vegetais) são consideradas as formas de geração mais limpas que existem, embora também possam afetar o meio ambiente, dependendo das formas de utilização desses recursos.

Por tal motivo, o Brasil se apresenta numa situação um pouco mais favorável em relação a outros países, no quesito utilização de fontes renováveis de energia, em função da grande parcela de contribuição das fontes hídricas e de biomassa na geração de energia no País (LAMBERTS; TRIANA, 2007). As tabelas 1 e 2 ilustram as bases da matriz energética brasileira, com o percentual representativo de cada fonte de energia primária e elétrica, respectivamente.

Tabela 1 – Produção de energia primária no Brasil

<b>Produção total de energia primária no Brasil</b>	
<b>Fonte</b>	<b>Contribuição (%)</b>
Hidráulica (hidroeletricidade)	14%
Petróleo	43%
Biomassa*	28%
Gás natural	9%
Carvão mineral	1%
Urânio	2%
Outras fontes primárias	3%
*Inclui lenha e produtos da cana.	

(fonte: BRASIL, 2005)

Tabela 2 – Produção de energia elétrica no Brasil

Origem da eletricidade	Eletricidade ofertada em 2002
Hidrelétrica	74,7%
Nuclear	3,6%
Termelétrica	12,0%
Importação*	9,6%

O Brasil importa quase 10% da eletricidade ofertada. A maior parte dessa energia é de origem hídrica, gerada pela parte paraguaia da hidrelétrica de Itaipu.

(fonte: BRASIL, 2005)

Na maioria dos casos, o aspecto econômico é o principal determinante para a escolha das bases energéticas de um país. Para tal, leva-se em consideração quesitos como disponibilidade de recursos naturais e viabilidade de exploração, o que explica, no caso do Brasil, a formação de um sistema predominantemente hidráulico, em função da abundância de seus recursos hídricos (BRASIL, 2005).

Porém, este cenário vem mudando, e a questão ambiental deve passar a receber maior atenção no planejamento energético dos países, como é o caso da Alemanha, que estabeleceu um plano de desativação do seu sistema energético nuclear até 2021 (BRASIL, 2005). De modo geral, está se criando um consenso internacional de que a racionalização do uso da energia é fundamental para diminuir impactos ambientais, reduzir custos, aumentar a produtividade e assegurar o desenvolvimento sustentável dos países.

### 3.1.2 Futuro

Atualmente, estima-se que 75% da energia produzida no mundo seja consumida por uma parcela de apenas 25% da população, concentrada principalmente dentro dos países mais desenvolvidos. Para agravar a situação, existem previsões de que o crescimento da população nos países em desenvolvimento possa dobrar até que se estabilizem, por volta de 2110, tornando evidente que o grande desafio do futuro é o de encontrar soluções energéticas mais sustentáveis, para que se consiga suprir a demanda de energia necessária para esta nova

população, sem que sejam gerados impactos ainda mais significativos ao meio ambiente (BRASIL, 2005).

Quanto a disponibilidade dos recursos energéticos não renováveis, segundo o Manual do Consumo Sustentável (BRASIL, 2005, p. 100), “Estima-se que, projetados os atuais níveis de produção e demanda, as reservas conhecidas de petróleo devem durar apenas 40 anos; as de gás natural, pouco mais de 100 anos; e as de carvão, aproximadamente 200 anos.”.

Além disto, o consumo total de energia no País praticamente triplicou nos últimos 18 anos. Desta forma, o potencial de geração de energia elétrica no Brasil pode não ser mais suficiente num futuro bem próximo, acarretando em construções de novas usinas e consequentes impactos ao meio ambiente (LAMBERTS et al., 2004).

De acordo com Manual do Consumo Sustentável (BRASIL, 2005, p. 99):

Para enfrentar o aumento da demanda no futuro precisamos encarar o uso da energia sob a ótica do consumo sustentável, ou seja, aquele que atende às necessidades da geração atual sem prejuízo para as gerações futuras. Isso significa eliminar desperdícios e buscar fontes alternativas mais eficientes e seguras para o homem e o meio ambiente.

## 3.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Os próximos itens tratam sobre o tema da eficiência energética em edificações.

### 3.2.1 Histórico

A preocupação com a eficiência energética nas edificações teve início na década de 1970, com a primeira crise no setor petrolífero. Antes disso, o consumo de energia elétrica não era fator de preocupação dos países mais desenvolvidos, tampouco dos restantes. Porém, após o choque do petróleo, o assunto passou a ser amplamente discutido no cenário internacional, resultando na aplicação de regulamentos e políticas de incentivo a redução do consumo energético nas edificações (ROMÉRO; REIS, 2012).

No cenário brasileiro, o ano de 2001 ficou marcado pela instauração de uma grande crise energética. Em função das secas nas zonas das principais usinas hidrelétricas do País, a

população teve que adotar um regime forçado de racionamento, com índices de redução no consumo próximos a 20%. Com a volta das chuvas, a situação pode voltar à normalidade (BRASIL, 2005).

Apesar das grandes consequências negativas desta crise, pode-se dizer que ela também teve um fator positivo na questão da conscientização, na medida em que a população, percebendo a importância do racionamento de energia, acabou adotando e permanecendo com alguns hábitos de redução do desperdício doméstico (BRASIL, 2005).

Entre as políticas governamentais implantadas em decorrência deste episódio, destaca-se a Lei 10.295 (BRASIL, 2001), que estabelece uma Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, visando à alocação eficiente dos recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. A partir desta Lei, todos os equipamentos consumidores de eletricidade ou combustível, comercializados no País, passaram a ter obrigatoriedade de atender índices mínimos de eficiência energética ou níveis máximos de consumo de energia. Também ficou atribuído ao poder executivo o desenvolvimento de políticas públicas que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País.

### **3.2.2 Representatividade**

As edificações de modo geral consomem mais energia durante seu período de uso do que em sua fase de construção, em que é considerada a energia consumida na produção e transporte dos materiais de construção (MASCARÓ; MASCARÓ, 1992<sup>1</sup> apud CUNHA, 2006).

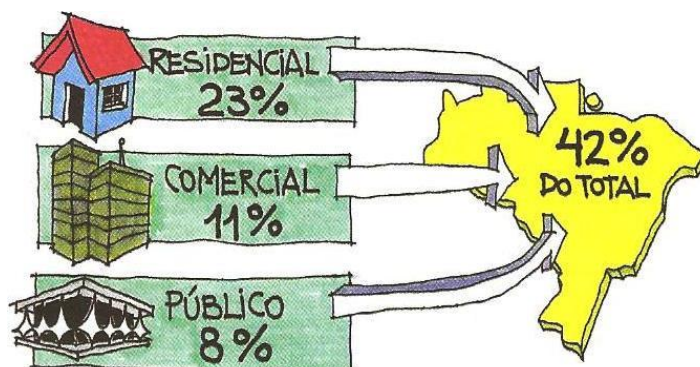
No Brasil, cerca de 42% da energia consumida é utilizada por edificações. O setor residencial é responsável por cerca de 23% do total nacional, como mostra a figura 2. Estes números poderiam ser menores caso estratégias de eficiência energética nas edificações fossem mais aplicadas (LAMBERTS et al., 2004).

---

<sup>1</sup> MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. **Incidência projetiva e de construção no consumo energético dos edifícios**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1992.



Figura 2 – Distribuição da energia elétrica no Brasil



(fonte: LAMBERTS et al., 2004)

Para a diminuição deste percentual de contribuição, Lamberts e Triana (2007) acreditam que a eficiência energética no uso de habitações populares, como é o caso das que são estudadas por este trabalho, só se torna possível através de um projeto que desde sua concepção favoreça o uso racional de energia. Para isto, tal projeto deve favorecer aspectos que contribuam para a redução do consumo dos usos finais de iluminação, equipamentos, e aquecimento de água, atrelado a maior utilização de fontes renováveis de energia.

## **4 O CONSUMO RESIDENCIAL**

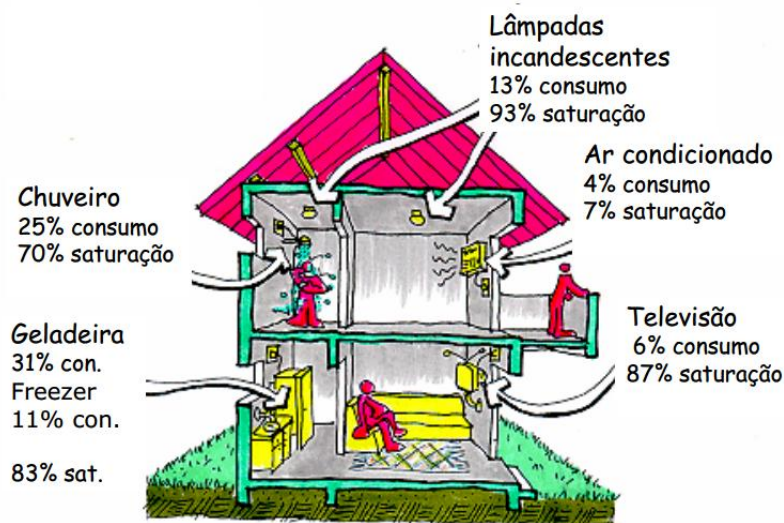
Os próximos itens tratam sobre o consumo da energia elétrica residencial por uso final e sobre a importância dos aquecedores solares em relação à redução do consumo de eletricidade.

### **4.1 CONSUMO DE ENERGIA POR USO FINAL**

A redução no consumo de energia das residências, além de evitar a necessidade de maior produção de eletricidade no País, também pode proporcionar benefícios econômicos aos seus usuários (LAMBERTS et al., 2004).

Nesse sentido, para que as decisões de projeto possam surtir efeito sobre o consumo energético de uma residência, é de fundamental importância o entendimento de como toda esta energia consumida está sendo destinada dentro da própria edificação. A figura 3 apresenta uma estimativa sobre o consumo de energia das residências brasileiras de acordo com os diversos usos finais, referente ao ano de 2000. Pode-se observar através dessa figura que a geladeira é responsável pela maior fatia de energia consumida em uma residência, cerca de 31%, seguida do chuveiro elétrico, 25%, e iluminação, 13%.

Figura 3 – Consumo de energia por uso final em residências

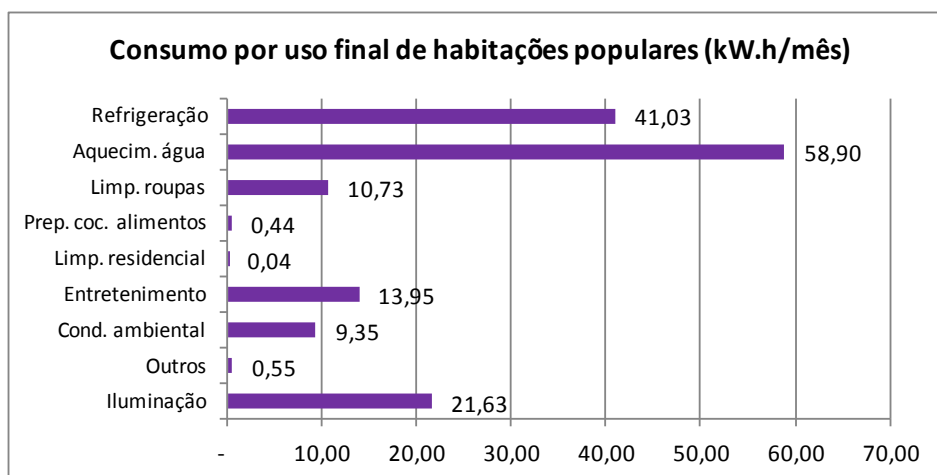


(fonte: LAMBERTS et al., 2004)

Porém, em um estudo realizado por Hansen (2000), constatou-se que para habitações de caráter popular, denominada pela autora como tipologia 1, o consumo de energia elétrica se difere um pouco do apresentado anteriormente. Os dados utilizados para este estudo foram levantados na cidade de Porto Alegre, aproximadamente no mesmo período do anterior, por volta do ano 2000.

O equipamento de maior consumo passa a ser o chuveiro elétrico, com cerca de 37,6% do total, seguido pela geladeira, 26,2%, e iluminação, 13,8%. A figura 4 mostra a distribuição de energia por uso final de forma completa para a tipologia mencionada.

Figura 4 – Consumo por uso final em residências de baixa renda de POA



(fonte: adaptado de HANSEN, 2000)

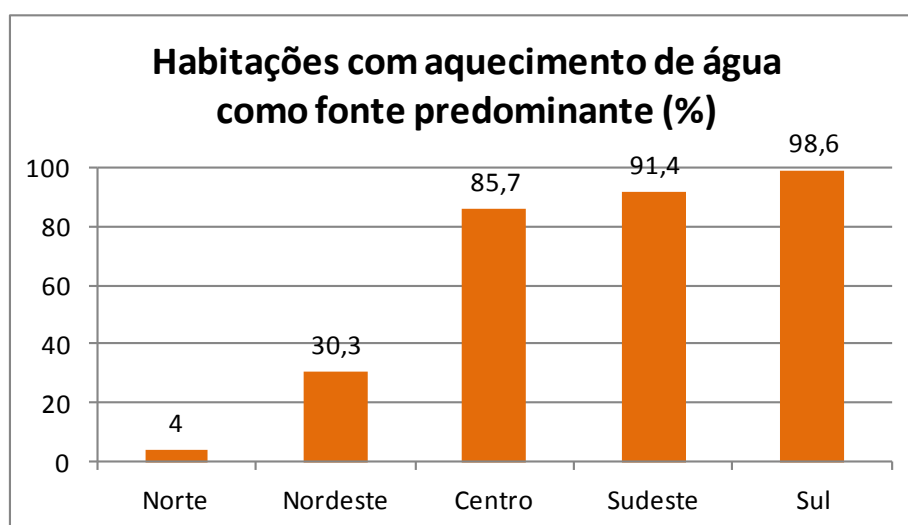
Pode-se observar que o uso da energia elétrica para o aquecimento da água aparece como um dos principais fatores de influência no consumo total mensal de uma residência, principalmente quando se trata de habitações populares.

## 4.2 AQUECIMENTO DA ÁGUA

O aquecimento da água geralmente representa uma grande fatia do consumo de eletricidade nas edificações residenciais. Isto se deve principalmente pela utilização em larga escala do chuveiro elétrico em ambientes residenciais. Por este motivo, Lamberts et al. (2004) acreditam que o arquiteto deveria prever em seus projetos canalizações apropriadas a passagem de água quente, a fim de permitir o uso de sistemas de aquecimento alternativos, tais como a gás ou solar, já que o chuveiro elétrico dispensa a utilização deste tipo de canalização.

A utilização de energias alternativas para o aquecimento da água poderia representar uma grande parcela de economia nas regiões nas quais se utiliza amplamente a energia elétrica para esta função. A figura 5 apresenta o percentual de utilização desta forma de aquecimento da água para cada região do Brasil.

Figura 5 – Habitações com aquecimento elétrico da água por região



(fonte: JOHN; PRADO, 2010)

Segundo Lamberts et al. (2004, p. 74):

Os sistemas de aquecimento elétrico instantâneos (chuveiro elétrico e aquecedor de passagem) exigem investimentos elevados com infraestrutura elétrica tanto por parte do usuário quanto por parte da concessionária de energia – respectivamente pela sobrecarga na instalação elétrica e pela concentração do consumo em horários de ponta (normalmente as 19:00 horas), que representa um acréscimo considerável na demanda de energia.

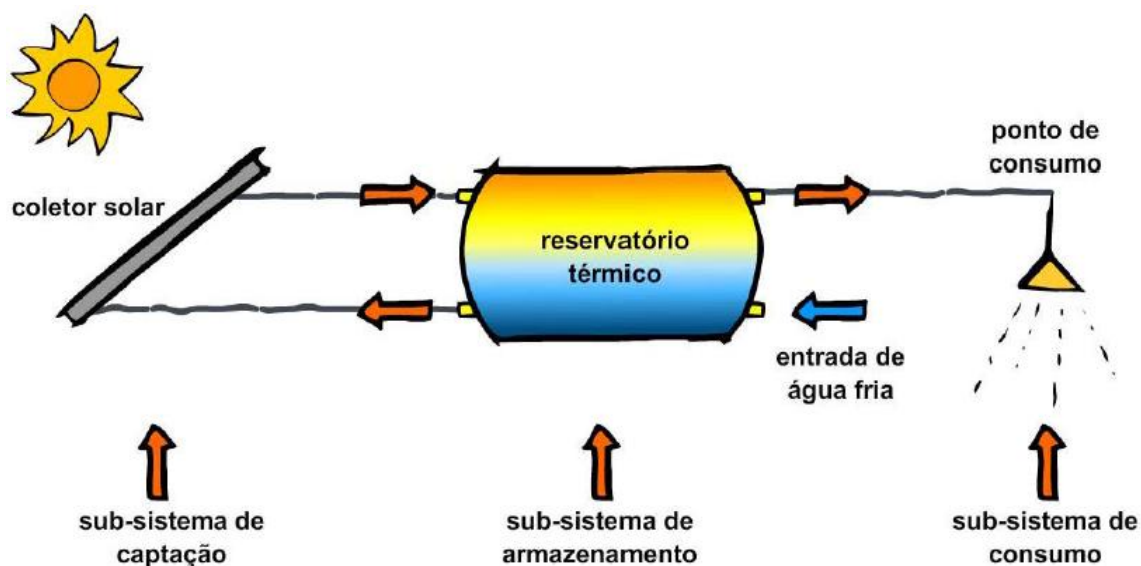
Por esse motivo, a utilização do sistema solar de aquecimento da água tem-se mostrado como uma solução técnica e econômica interessante, tanto pela possibilidade de redução do consumo de energia elétrica residencial quanto pela modulação da curva de carga das concessionárias de energia, principalmente nos horários de pico de demanda (REDE BRASIL DE CAPACITAÇÃO EM AQUECIMENTO SOLAR, [2006]).

#### 4.3 SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR (SAS)

Um sistema de aquecimento solar da água pode ser dividido em três subsistemas básicos: captação, acumulação e consumo. A captação é realizada pelas tubulações de ligação entre os dispositivos do sistema, e, pelos coletores, responsáveis pelo aquecimento do fluido de trabalho (água, ar ou fluido térmico) através da conversão da radiação solar em energia térmica. A acumulação tem como seu principal componente o reservatório, podendo eventualmente conter consigo uma fonte complementar de energia, tal como eletricidade ou gás, no intuito de garantir um aquecimento auxiliar para situações em que a energia solar não seja suficiente. E o consumo, conhecido também como circuito secundário, é composto por toda a distribuição hidráulica entre o reservatório e os pontos de consumo (REDE BRASIL DE CAPACITAÇÃO EM AQUECIMENTO SOLAR, [2006]). A figura 6 ilustra esquematicamente um sistema convencional de aquecimento solar residencial.

O processo se inicia com a entrada de água fria no reservatório térmico, passando para os coletores solares e, novamente, voltando para o reservatório térmico depois de aquecida pela energia solar captada pelos coletores. O reservatório térmico é responsável por conservar a energia absorvida pela água, de modo a mantê-la aquecida até o momento de seu direcionamento para os pontos de consumo da residência (REDE BRASIL DE CAPACITAÇÃO EM AQUECIMENTO SOLAR, [2006]).

Figura 6 – Esquema de um sistema de aquecimento solar



(fonte: REDE BRASIL DE CAPACITAÇÃO EM AQUECIMENTO SOLAR, [2006])

Quanto à circulação da água dentro do sistema, pode-se dividi-la em duas categorias: natural e forçada. A circulação natural ocorre devido ao efeito termossifão, que consiste na movimentação da água em razão da sua diferença de densidade. Tal diferença é decorrente da variação de temperatura entre a água fria que entra no sistema e a água quente que passa pelos coletores. Já na circulação forçada a circulação da água no sistema acontece pela ação de uma bomba hidráulica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

O sistema ainda pode ser classificado como direto, quando o fluido aquecido é o próprio fluido a ser consumido ou indireto, quando se utiliza um circuito fechado para o aquecimento do fluido de trabalho que passa pelas placas coletoras, com transferência da energia térmica absorvida para a água de consumo (LAMBERTS et al., 2010).

Em relação aos tipos de coletores solares utilizados para o aquecimento da água em ambientes residenciais, são basicamente divididos em: planos, tubos evacuados e sem cobertura (LAMBERTS et al., 2010). Segundo Lamberts et al. (2010, p. 36):

Os coletores planos são de concepção bastante simples, sendo compostos basicamente por uma placa absorvedora, gabinete isolado termicamente e cobertura de vidro. Os coletores de tubo evacuado possuem tecnologia mais sofisticada, diferindo dos de placa plana pelo uso do vácuo como isolante térmico e, em alguns casos, tubos de calor para transferir o calor da placa coletora para o fluido, permitindo obter eficiências maiores a temperaturas mais altas. Os coletores sem cobertura, geralmente construídos de material polimérico, não possuem isolamento térmico e cobertura de vidro, fazendo com que sua eficiência seja baixa a

temperaturas mais altas, sendo então usados com mais frequência para aquecimento de piscinas.

Por sua simplicidade, durabilidade e boa relação de custo benefício, o coletor solar plano é o mais utilizado em ambientes residenciais atualmente (LAMBERTS et al., 2010). Pode-se observar através da figura 7 um exemplo típico de coletor solar de placa plana.

Figura 7 – Coletor solar de placa plana



(fonte: LAMBERTS et al., 2010)

Segundo o Manual do Consumo Sustentável (BRASIL, 2005), as grandes vantagens de se utilizar sistemas solares para o aquecimento da água são:

- a) economia para o consumidor;
- b) economia para o sistema elétrico, sobrecarregado nos horários de pico de consumo;
- c) redução de impactos ao meio ambiente.

Um exemplo da economia que pode ser gerada com o uso destes sistemas foi apresentado através de um estudo realizado pela Eletrobras e pelo laboratório do Grupo de Estudos em Energia Solar (Green Solar), da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/MG), em que habitações de interesse social (figura 8) tiveram uma redução de aproximadamente

44% do consumo de energia, representando uma economia de 61% na conta de luz das unidades habitacionais beneficiadas<sup>2</sup> (JOHN; PRADO, 2010).

Figura 8 – Comparativo com despesas de energia do Projeto Contagem



(fonte: GRUPO DE ESTUDOS EM ENERGIA SOLAR, [2009]<sup>3</sup> apud JOHN; PRADO, 2010)

Os próximos itens tratam sobre as variáveis determinantes e influentes na eficiência de desempenho do sistema e no dimensionamento do mesmo.

### 4.3.1 Eficiência do sistema

Como indicador de eficiência, os sistemas de aquecimento solar de água devem possuir (JOHN; PRADO, 2010, p. 110):

[...] selo Ence/Procel Nível A ou B, fração solar entre 60% e 80%, aquecimento auxiliar com reservatório dotado de resistência elétrica, termostato e timer, ou chuveiro elétrico ou aquecedor a gás, projetado e operado em série com o sistema solar, com equipamentos fornecidos por empresa certificada pelo Qualisol<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Os valores monetários referem-se à tarifa aplicada pela Cemig, em 2009, para a faixa de consumo residencial referente à baixa renda.

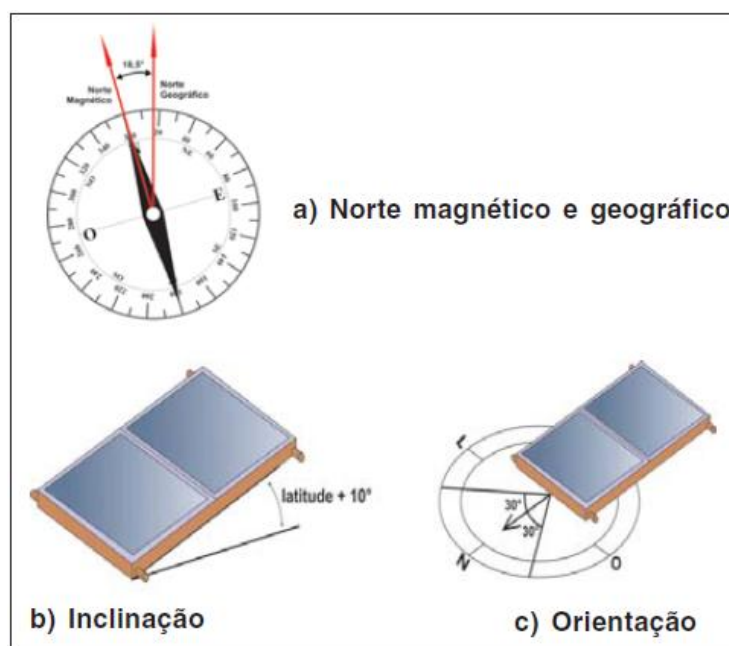
<sup>3</sup> GRUPO DE ESTUDOS EM ENERGIA SOLAR. Projeto contagem. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, [2009].

<sup>4</sup> Programa de Qualificação de Fornecedores de Sistemas de Aquecimento Solar.



A eficiência energética de um coletor é fortemente influenciada pela orientação solar de suas placas, tendo como base as angulações referentes ao Norte geográfico e ao plano horizontal, como ilustra a figura 9 (JOHN; PRADO, 2010).

Figura 9 – Orientação das placas coletoras



(fonte: JOHN; PRADO, 2010)

Quanto mais a orientação diferir da recomendada pela figura 9, mais cara pode se tornar a instalação deste equipamento. Ao se reduzir a quantidade de radiação solar absorvida pelos coletores, deve-se compensar esta perda aumentando a área de absorção dos coletores, de forma que a demanda prevista seja atendida (JOHN; PRADO, 2010).

Quanto à inclinação das placas coletoras em relação a horizontal, John e Prado (2010, p. 113) afirmam que, “[...] a recomendação mais comum é que seja igual à latitude do local mais 10°, conforme detalhes que devem ser verificados nos manuais dos fabricantes [...]”.

Porém, “Como o posicionamento ideal do coletor pode se situar em um plano diferente do plano do telhado [...], a opção pelo mesmo requer estudo de ventos para dimensionamento da estrutura de suporte do coletor, que pode se apoiar na estrutura do telhado.” (JOHN; PRADO, 2010, p. 113-114). As figuras 10 e 11 ilustram o exemplo.

Figura 10 – Coletor apoiado de forma simples sobre o telhado



(fonte: JOHN; PRADO, 2010)

Figura 11 – Coletor apoiado em estrutura de suporte do coletor

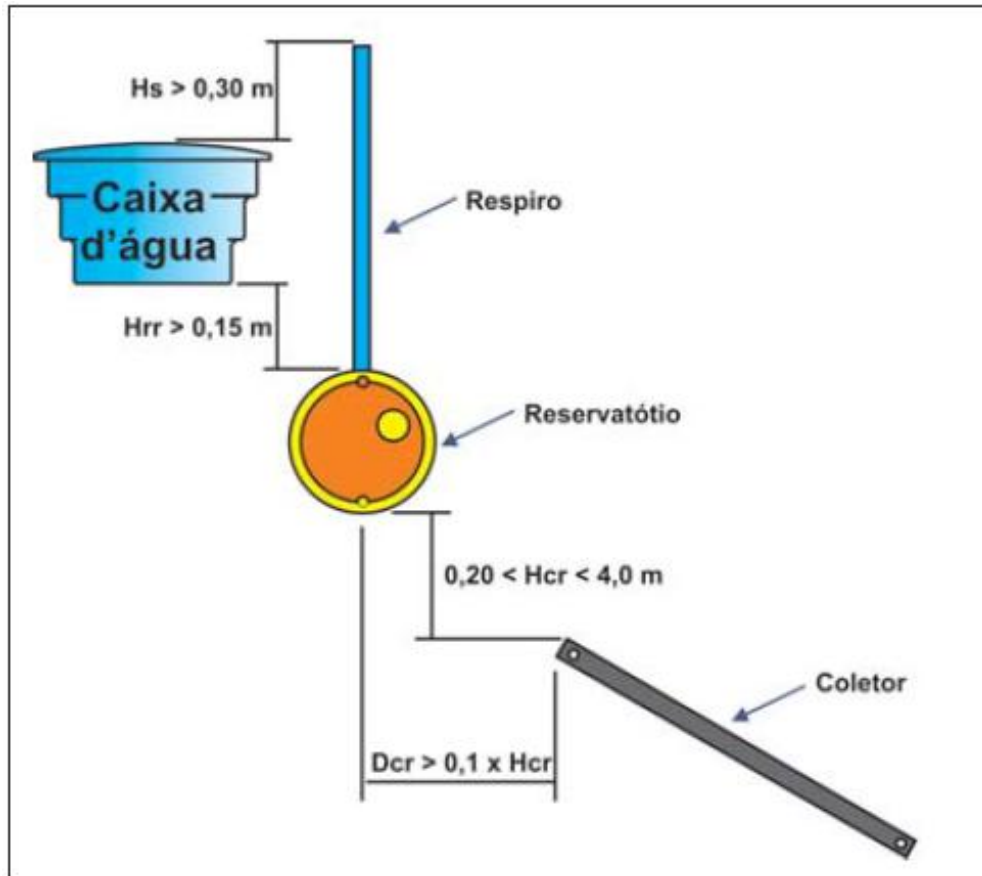


(fonte: JOHN; PRADO, 2010)

Para garantir que a energia solar tenha uma maior contribuição que a resistência elétrica (dispositivo auxiliar) no aquecimento da água, recomenda-se que o volume mínimo do reservatório seja de 200 litros para habitações de até dois dormitórios, e 250 litros para habitações de três (JOHN; PRADO, 2010). Em relação ao distanciamento entre coletor e

reservatório de um Sistema de Aquecimento Solar (SAS), a figura 12 ilustra como tais componentes devem ser posicionados (JOHN; PRADO, 2010).

Figura 12 – Esquema de distâncias recomendadas entre componentes de um SAS



(fonte: JOHN; PRADO, 2010)

#### 4.3.2 Dimensionamento do sistema

De acordo com a NBR 15569, sobre sistemas de aquecimento solar da água em circuitos diretos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), o dimensionamento do sistema de aquecimento solar pode ser realizado através das etapas de cálculo apresentadas a seguir.

Volume de consumo, levando-se em consideração a vazão da água e o tempo de utilização, conforme a equação apresentada pela fórmula 1.

$$V_{consumo} = \sum (Q_{pu} \times T_u \times \text{frequência de uso}) \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

- $V_{consumo}$  é o volume total de água quente consumido diariamente expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );
- $Q_{pu}$  é a vazão da peça de utilização, expressa em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) (no caso de habitações populares a vazão do chuveiro é limitada em apenas 3 litros por minuto);
- $T_u$  é o tempo médio de uso diário da peça de utilização expresso em segundos (s);
- frequência de uso** é o número total de utilizações por dia.

Volume do sistema de armazenamento, de acordo com a fórmula 2.

$$V_{armaz.} = \frac{V_{consumo} \times (T_{consumo} - T_{ambiente})}{(T_{armaz} - T_{ambiente})} \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

- $V_{armaz}$  é o volume de armazenamento do sistema, expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );
- $T_{consumo}$  é a temperatura de consumo de utilização expressa em graus Celsius ( $^{\circ}C$ ) (sugere-se que seja adotado  $40^{\circ}C$ );
- $T_{armaz}$  é a temperatura de da água, expressa em graus Celsius ( $^{\circ}C$ ) (sugere-se que  $T_{armaz} \geq T_{consumo}$ );
- $T_{ambiente}$  é a temperatura ambiente média anual do local de instalação ( $^{\circ}C$ ).

Demanda de energia útil, conforme fórmula 3.

$$E_{\text{útil}} = \frac{V_{\text{armaz}} \times \rho \times C_p \times (T_{\text{armaz}} - T_{\text{ambiente}})}{3600} \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

- a)  $E_{\text{útil}}$  é a energia útil, expressa em quilowatts hora por dia (kW.h/dia);
- b)  $\rho$  é a massa específica da água igual a 1000, expressa em quilogramas por metros cúbicos (kg/m<sup>3</sup>);
- c)  $C_p$  é o calor específico da água igual a 4,18, expresso em quilojoules por quilograma Kelvin (kJ/kg.K).

E por fim, Área coletora, de acordo com a equação apresentada pela fórmula 4.

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) \times FC_{\text{instal}} \times 4,901}{PMDEE \times I_G} \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

- a)  $A_{\text{coletora}}$  é a área coletora, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);
- b)  $I_G$  é o valor de irradiação global média anual para o local de instalação, expresso em quilowatts hora por metro quadrado dia (kW.h/m<sup>2</sup>.dia);
- c)  $E_{\text{perdas}}$  é o somatório das perdas térmicas dos circuitos primário e secundário, expresso em quilowatts hora por dia (kW.h/dia), calculada pela soma das perdas ou pela fórmula 5;

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 \times E_{\text{útil}} \quad (\text{fórmula 5})$$

- d)  $PMDEE$  é a produção média diária de energia específica do coletor solar, expressa em quilowatts hora por metro quadrado (kW.h/m<sup>2</sup>), calculada através da fórmula 6.

$$PMDEE = 4,901 \times (Fr\tau\alpha - 0,0249 \times Fr_{UL}) \quad (\text{fórmula 6})$$

Onde:

- a)  $Fr\tau\alpha$  é o coeficiente de ganho do coletor solar (adimensional);
- b)  $Fr_{UL}$  é o coeficiente de perda do coletor solar (adimensional);
- c)  $FC_{instal}$  é o fator de correção para a inclinação e orientação do coletor solar dado pela equação descrita na fórmula 7.

$$FC_{Instal} = \frac{1}{1 - [1,2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{ótimo})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \times \gamma^2]} \quad (\text{fórmula 7})$$

Onde:

- a)  $\beta$  é a inclinação do coletor em relação ao plano horizontal, expressa em graus (°);
- b)  $\beta_{recomendado}$  é a inclinação ótima do coletor para o local de instalação, expressa em graus (°) (sugere-se que seja adotado o valor de módulo da latitude local + 10°);
- c)  $\gamma$  é o ângulo de orientação dos coletores solares em relação ao norte geográfico, expresso em graus (°).

## **5 CARACTERIZAÇÃO DAS HABITAÇÕES**

Este capítulo tem por objetivo caracterizar o loteamento de casas em estudo, relatando o motivo de tal construção, o número total de moradias construídas, perfil das famílias habitantes, localização do loteamento, além da apresentação das características construtivas das habitações.

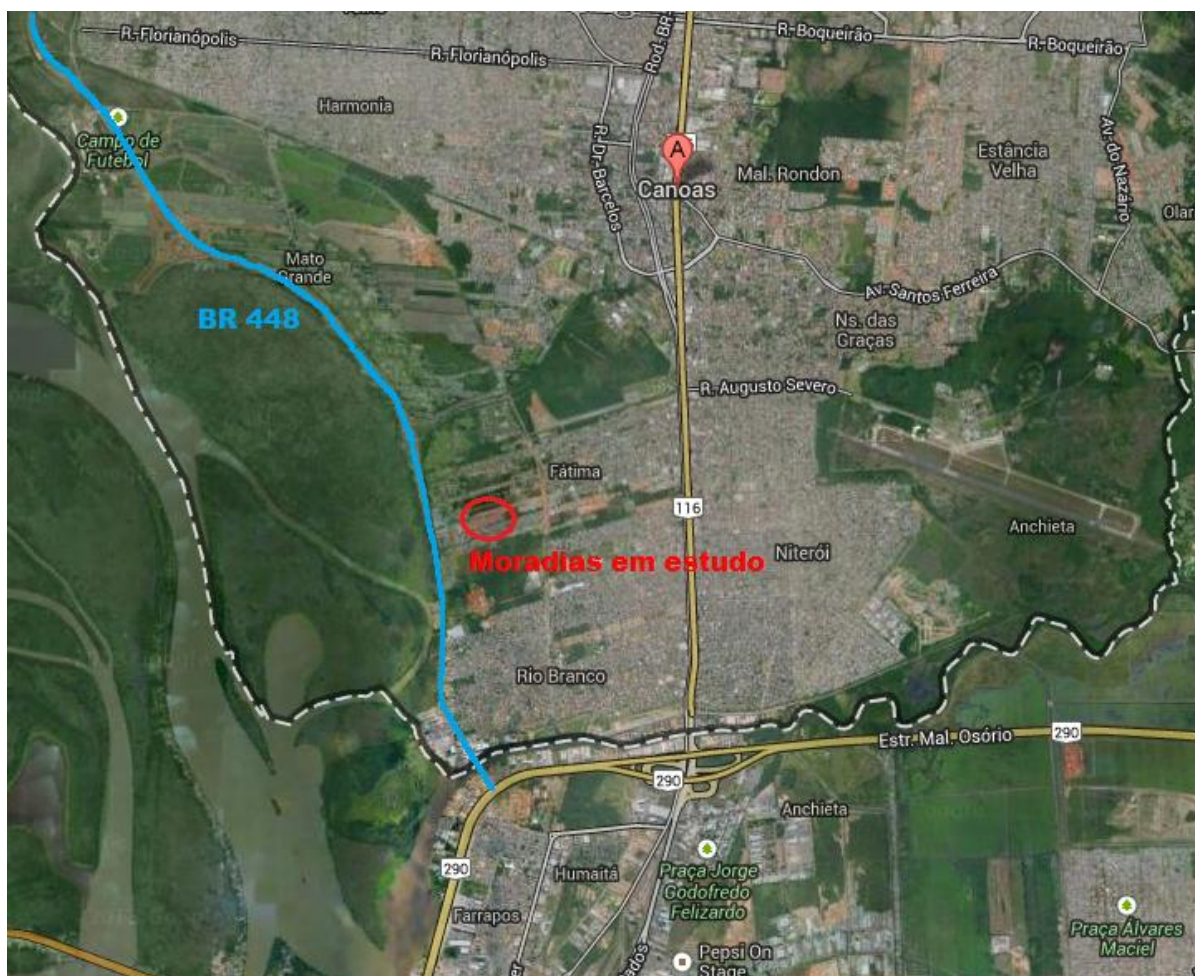
### **5.1 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO**

As moradias populares a serem estudadas fazem parte de um programa de reassentamento definitivo das famílias que estavam morando em uma área atingida pela passagem de um trecho da rodovia BR 448. Para tal, foi construído um novo loteamento, identificado neste trabalho por Loteamento A, a fim de abrigar um total de 144 novas unidades habitacionais.

As 144 unidades habitacionais foram instaladas neste novo loteamento no município de Canoas (Loteamento A), localizado no mesmo bairro das antigas moradias, situado na região periférica da cidade. A figura 13 ilustra por foto de satélite a localização das moradias, tendo como referência o trecho de passagem da rodovia BR 448.



Figura 13 – Localização das moradias em estudo



(fonte: adaptado de GOOGLE MAPS, 2013)

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS FAMÍLIAS

Com relação às famílias, cerca de 64% recebem algum tipo de benefício social, na sua grande maioria o Bolsa Família. A renda máxima destas famílias não ultrapassa o valor de R\$ 1.600,00. Em relação a principal ocupação como fonte ou complementação de renda das famílias, as predominantes são: construção civil, serviços gerais, comércio, reciclagem e aposentadoria (REPPENSE CONSULTORIA ORGANIZACIONAL, 2013).

## 5.3 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

As habitações em estudo foram construídas sobre o mesmo projeto, com diferenciação apenas da orientação geográfica das casas, algumas tem a fachada voltadas para o norte, outras para o sul, de forma que ficam sempre duas casas orientadas de fundos, uma para a outra. A imagem



da planta de locação das unidades habitacionais no terreno está disposta no Apêndice E. A figura 14 apresenta uma ilustração da planta baixa de projeto da unidade habitacional.

Figura 14 –Planta da casa



(fonte: trabalho não publicado<sup>5</sup>)

Cada casa está inserida em um lote com área de 120 m<sup>2</sup>. As casas possuem área total de aproximadamente 44 m<sup>2</sup> e são constituídas de:

- a) uma sala de estar;
- b) uma cozinha, um banheiro;
- c) dois dormitórios;
- d) uma área de serviço (coberta) localizada na parte externa da casa.

As unidades habitacionais são produzidas com a utilização de uma tecnologia de construção, mais rápida do que as convencionais. As casas apresentam um sistema construtivo inovador,

<sup>5</sup> Dados fornecidos pela empresa construtora das habitações.

denominado como “Sistema Construtivo Casaforte”, em que são utilizados basicamente três tipos de materiais: PVC, aço e concreto. A figura 15 apresenta a foto de uma moradia já pronta e habitada.

Figura 15 –Moradia pronta e habitada



(fonte: foto do autor)

Tal rapidez se deve ao fato de que as moradias são montadas no canteiro de obras, através de um sistema de encaixe. Funciona da seguinte forma: sobre uma fundação do tipo radier, são montadas estruturas metálicas de aço para a fixação e suporte dos perfis de PVC, que em um primeiro momento desempenham o papel de formas das paredes externas. O preenchimento destas paredes se dá através do concreto, que tem a função de parede de vedação autoportante. Os perfis de PVC então passam a ter uma segunda função, de revestimento interno e externo das paredes. A cobertura é realizada pela utilização de telhas cerâmicas apoiadas sobre uma estrutura de aço. Por fim, têm-se as etapas de colocação das esquadrias e execução de acabamentos. As figuras 16 e 17 ilustram a execução de algumas das etapas da construção.

Figura 16 – Construção das habitações – Etapa de levantamento das paredes



(fonte: foto do autor)

Figura 17 – Construção das habitações – Etapa de execução da cobertura



(fonte: foto do autor)

#### 5.4 COLETOR SOLAR UTILIZADO

O modelo de aquecedor solar utilizado nas moradias é classificado como Aquecedor Solar Compacto de Instalação Externa, produzido especificamente para habitações de interesse social. Tal diferenciação se dá basicamente em razão do seu sistema compacto ou acoplado, em que o coletor solar e o reservatório térmico se fundem em uma única unidade. Os

tamanhos da placa coletora e do reservatório de água quente também são menores em comparação aos demais equipamentos comercializados. Sua utilização é viável em residências que não possuem altura adequada no telhado para a instalação interna. Nestes casos a estrutura do telhado da residência deve ser capaz de suportar a carga adicional gerada pelo aquecedor solar (trabalho não publicado<sup>6</sup>).

A principal vantagem deste aquecedor é a agilidade de instalação, pois, todos os componentes estão concentrados em um só local, além de seu custo total reduzido. O preço estimado do modelo atualmente gira em torno de R\$ 1.500,00 e sua composição é formada pelos seguintes itens (trabalho não publicado<sup>7</sup>):

- a) 1 reservatório térmico de 200 litros;
- b) 1 coletor solar de 2.0 m<sup>2</sup>;
- c) 1 reservatório de água fria de 25 litros;
- d) 2 alças metálicas para fixação do reservatório de água fria;
- e) 4 rebites;
- f) 9 abraçadeiras 1”;
- g) 5 mangueiras flexíveis de borracha EPDM 7/8” (diâmetro interno aproximadamente 22 mm) para alta temperatura com comprimentos aproximados de 60 cm, 80 cm, 130 cm, 245 cm; e mangueira de respiro em “L”;
- h) válvula anticongelamento (recomendada para regiões frias).

A válvula anticongelamento mecânica possui a função de evitar que a água congele dentro do coletor solar em caso de temperaturas muito baixas. O dispositivo é acionado automaticamente quando a temperatura da água chega a aproximadamente 6 °C. Com a abertura da válvula, a água que circula dentro do coletor solar é liberada, evitando que ela congele dentro do equipamento. Ao contrário das válvulas anticongelamento convencionais, a válvula anticongelamento mecânica não precisa de energia elétrica para funcionar, o que torna o dispositivo mais simples e reduz custos de instalação (trabalho não publicado<sup>8</sup>).

Quanto ao funcionamento do sistema, se dá basicamente pela acumulação de água quente através de circulação natural e captação direta dos coletores. A placa coletora utilizada no

---

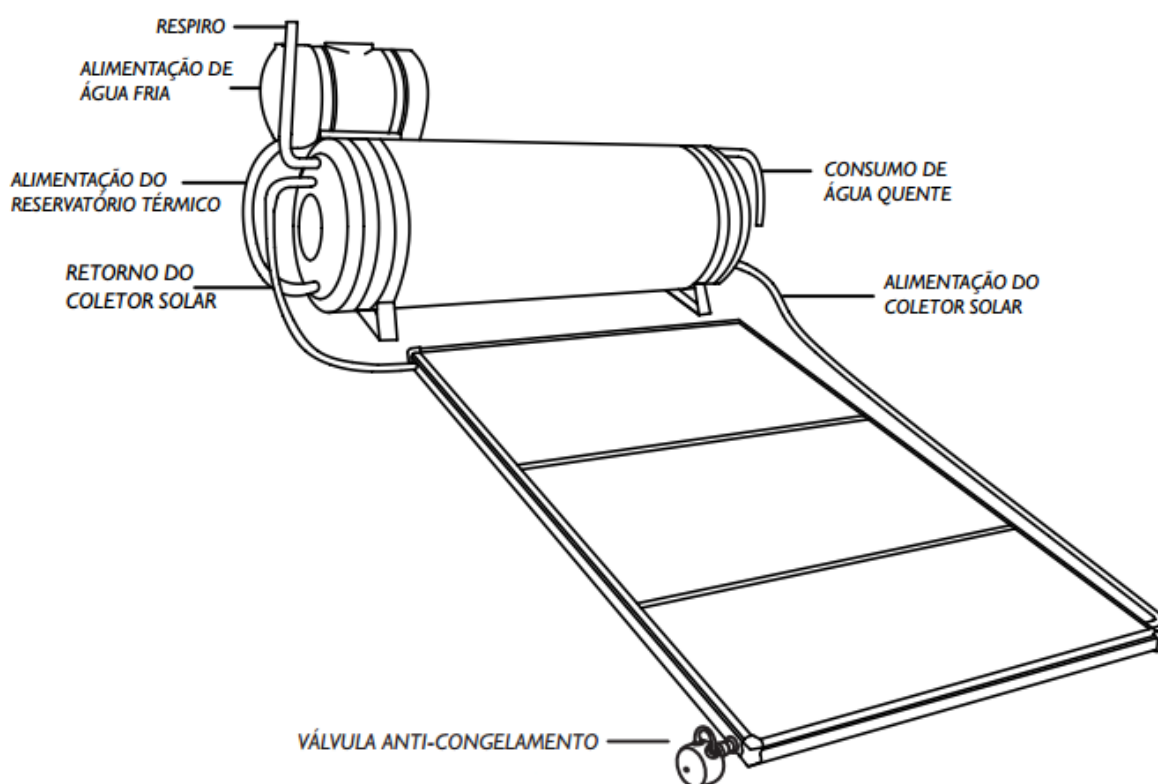
<sup>6</sup> Dados fornecidos pela empresa fabricante do aquecedor.

<sup>7</sup> Idem à anterior.

<sup>8</sup> Idem à anterior.

sistema é do tipo plana, com produção média de energia mensal de 161,2 kWh/mês. A placa ainda carrega consigo o selo Procel de eficiência, conferido aos equipamentos com melhores índices de eficiência energética do mercado (trabalho não publicado<sup>9</sup>). A figura 18 mostra um esquema ilustrativo do aparelho utilizado.

Figura 18 – Esquema ilustrativo do aquecedor solar utilizado



(fonte: trabalho não publicado<sup>10</sup>)

Os coletores solares foram instalados diretamente sobre a cobertura das casas, de tal forma que o ângulo de inclinação das placas com relação ao plano horizontal resultou no mesmo ângulo de inclinação das águas do telhado, cerca de 19°. As fachadas tem orientação geográfica tanto para o norte quanto para o sul. Por tal razão, os coletores solares foram instalados na água frontal das habitações com fachada orientada para o norte, e na água dos fundos das habitações com fachada orientada para o sul, de tal maneira que as placas coletoras fiquem direcionadas sempre para o norte. Quanto ao ângulo de orientação em relação ao norte geográfico, estima-se que seu valor seja em torno de 15°.

<sup>9</sup> Dados fornecidos pela empresa fabricante do aquecedor.



Como se pode observar, a área da placa coletora e o volume do reservatório de água quente utilizados correspondem respectivamente aos valores de 2 m<sup>2</sup> e 200 L. O fabricante recomenda a utilização deste modelo de aquecedor para residências com áreas de até 80 m<sup>2</sup>. De acordo com o cálculo de dimensionamento de aquecedores solares da NBR 15569 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), apresentado na parte teórica do trabalho, a área das placas coletoras está dimensionada para um número médio de 6 banhos diários. Ao se ultrapassar esta quantidade, a área do coletor solar não se mostra mais adequada. Quanto ao volume de armazenamento do reservatório de água quente, o mesmo se mostra bem dimensionado para uma quantidade de até 8 banhos diários. A tabela 3 apresenta os valores calculados para o projeto das unidades habitacionais em estudo, levando-se em consideração os dados técnicos de especificação do coletor em estudo, e, e os mesmos ângulos de inclinação da placa com o plano horizontal e de orientação dos coletores em relação ao norte geográfico.

Tabela 3 – Dimensionamento dos aquecedores

VARIÁVEL DE PROJETO	Nº DE BANHOS									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vazão da ducha (L/min)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Tempo médio de banho (min)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Volume de consumo (m <sup>3</sup> )	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33
Temperatura Ambiente (°C)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Temperatura de consumo (°C)	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Temperatura de armazenamento. (°C)	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Volume de armazenamento (m <sup>3</sup> )	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26
Energia útil (KW.h/dia)	1,39	2,09	2,79	3,48	4,18	4,88	5,57	6,27	6,97	7,66
Energia de perdas (KW.h/dia)	0,21	0,31	0,42	0,52	0,63	0,73	0,84	0,94	1,05	1,15
Fr $\alpha$ – Coeficiente de ganho do coletor (adimensional)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
FrUL – Coeficiente de perda do coletor (adimensional)	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65
PMDEE – Produção média diária de energia específica (KW.h/m <sup>2</sup> )	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
$\beta$ (graus)	19,18	19,18	19,18	19,18	19,18	19,18	19,18	19,18	19,18	19,18
$\gamma$ (graus)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
FC instalação – Fator de correção para inclinação e orientação do coletor (adimensional)	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Ig – Irradiação global média anual para o local de instalação (KWh/m <sup>2</sup> .dia)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80
<b>Área do coletor (m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,64</b>	<b>0,96</b>	<b>1,28</b>	<b>1,60</b>	<b>1,92</b>	<b>2,24</b>	<b>2,55</b>	<b>2,87</b>	<b>3,19</b>	<b>3,51</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

A produção média de energia mensal, calculada através da multiplicação da PMDEE (2,72 kWh/m<sup>2</sup>) pela área da placa do coletor (2m<sup>2</sup>) e pela quantidade média de dias por mês (30

<sup>10</sup> Idem à anterior

dias), apresentou um valor de 163,5 kWh/mês, muito próximo ao valor especificado pelo fabricante de 161,2 kWh/mês, o que indica de alguma maneira a relação de proximidade dos valores calculados com os valores reais especificados.

## **6 LEVANTAMENTO DE CAMPO**

Neste capítulo se descreve o tipo e método de pesquisa, os instrumentos de coleta de dados, o acesso às informações e a quantificação das respostas.

### **6.1 MÉTODO DE PESQUISA**

A pesquisa é de caráter descritivo, por trabalhar com a observação dos fatos e coleta de dados. Em relação ao método de pesquisa, o trabalho apresenta três tipos diferentes: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e levantamento.

A pesquisa bibliográfica foi realizada ao longo de todo desenvolvimento do trabalho, a fim de possibilitar o embasamento teórico necessário para tal, através de materiais como trabalhos científicos, manuais, normas e livros. A pesquisa documental utilizou fontes de informação da própria empresa responsável pela construção das moradias, como por exemplo, projeto arquitetônico e memorial descritivo, da empresa fabricante dos aquecedores solares, como por exemplo, especificações do equipamento, além de fontes de informação pertinentes ao consumo de água e luz das habitações, através de suas respectivas contas.

O levantamento foi realizado através da aplicação de um formulário elaborado pelo próprio autor. A pesquisa buscou investigar as características de cada habitação, como por exemplo, número de moradores, hábitos de consumo de energia com o banho e tipos de eletrodomésticos presentes em cada habitação. Os dados coletados foram analisados quantitativamente.

### **6.2 ELABORAÇÃO DO FORMULÁRIO**

O formulário foi elaborado com o objetivo de se levantar informações referentes ao consumo energético das habitações, no intuito de se traçar um perfil de consumo das habitações. Para tal, foi necessária a obtenção dos dados de consumo das moradias através das contas de luz e de água de cada residência. Também foi realizado um levantamento dos tipos e quantidades de aparelhos eletrodomésticos presentes em cada moradia. Por fim, foram abordadas questões relativas ao banho dos usuários, em que se questionou a utilização da água quente proveniente



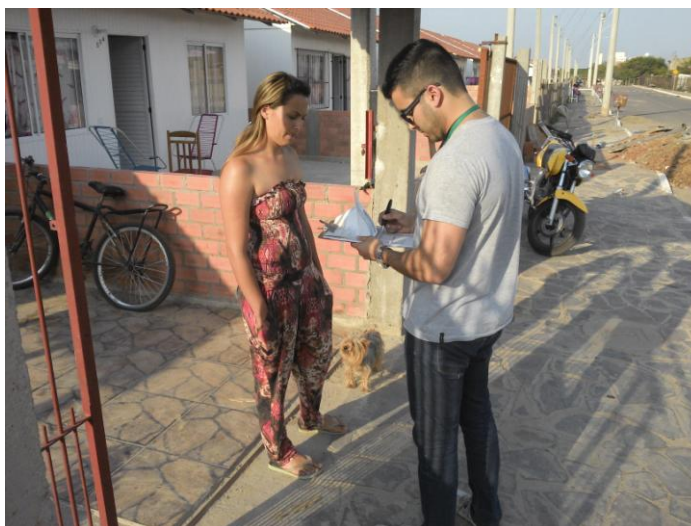
dos aquecedores solares para tal tarefa. O formulário aplicado na pesquisa pode ser encontrado no Apêndice A deste trabalho.

### 6.3 APLICAÇÃO DA PESQUISA

A fim de garantir a confiabilidade dos resultados foi aplicado inicialmente um formulário piloto em 5 residências do loteamento em estudo. Posteriormente, aplicou-se o formulário definitivo. As entrevistas foram aplicadas pelo autor do trabalho, com uma média de tempo de duração em torno de 10 minutos cada uma.

No formulário definitivo, foram retiradas questões que não se mostraram pertinentes no formulário piloto e acrescentadas as que permitiam uma melhor caracterização da realidade constatada. Apesar das perguntas possuírem conteúdos íntimos das famílias, tais como hábitos de banho, posse de eletrodomésticos, e histórico de consumo energético, através do acesso as contas de luz de cada habitação, a comunidade se mostrou bastante receptiva, possibilitando o levantamento de dados fundamentais para a pesquisa. A figura 19 ilustra imagens da realização das entrevistas.

Figura 19 –Realização das entrevistas



(fonte: foto do autor)

O formulário definitivo foi aplicado em uma amostra de 30 unidades habitacionais do Loteamento A, escolhidas aleatoriamente. As perguntas eram direcionadas a apenas um representante de cada casa, e, suas respostas preenchidas no formulário pelo próprio

entrevistador. A pesquisa foi realizada no mês de outubro, com duração total de 5 (cinco) dias.

Para fins de parâmetro de comparação, a pesquisa também foi aplicada em um outro loteamento ainda em construção, identificado neste trabalho como Loteamento B, localizado em um outro bairro da zona periférica de Canoas. Neste outro loteamento estão sendo construídas moradias idênticas as do Loteamento A. Paralelamente aos serviços de término das obras, já estão sendo distribuídas algumas habitações concluídas. As famílias beneficiadas fazem parte de outra parcela da mesma população reassentada do trecho de passagem da rodovia BR 448.

Como dito anteriormente, o projeto das habitações construídas neste Loteamento B é o mesmo do Loteamento A, e o perfil socioeconômico das famílias é muito parecido, visto que fazem parte da mesma população reassentada. A maior diferença de um loteamento para o outro é que as unidades habitacionais do Loteamento B ainda não possuem o coletor solar instalado, o que possibilita a comparação de consumo médio de energia entre as casas que possuem o sistema solar de aquecimento da água e as casas que não possuem. O loteamento em questão é uma construção mais recente, ainda inacabada, e por este motivo, ainda existem poucas famílias habitando o local. Entre as moradias já habitadas, o período de ocupação médio das casas ainda é muito curto, cerca de apenas 2 meses.

O formulário aplicado no Loteamento B foi o mesmo utilizado no Loteamento A, com exceção das questões relativas ao uso dos aquecedores por motivos evidentes. A pesquisa foi aplicada em uma amostra de 15 unidades habitacionais, escolhidas de maneira aleatória, em uma duração total de duas tardes consecutivas.

#### 6.4 PROCEDIMENTO PARA ESTIMATIVA DOS CONSUMOS

Para a obtenção dos resultados estimados de consumo energético de cada habitação, foram adotados valores médios para as variáveis de consumo, tais como:

- a) tempo médio de duração do banho;
- b) potência média dos aparelhos;
- c) tempo e frequência de utilização de cada aparelho eletrodoméstico;
- d) quantidade de dias críticos ocorridos em cada mês.

Estes valores médios estimados foram obtidos a partir de referências técnicas existentes para cada particularidade, como por exemplo, a Norma Técnica para aquecedores solares (NBR15569), o Regulamento de Instalações Consumidoras (RIC), e, os dados meteorológicos provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

#### **6.4.1 Variáveis de consumo de água quente para o banho**

O formulário piloto foi testado com 5 famílias e abordava questões relativas ao banho dos usuários, consumo de energia, e posse de eletrodomésticos. Foi observado que o tempo médio de duração dos banhos da casa não conseguia ser respondido com facilidade pelas famílias. As respostas surgiram sem muita convicção, apresentando valores muito distintos ou então condicionados a exemplos dados pelo entrevistador e acatados pelo entrevistado rapidamente. Desta forma, se decidiu pela retirada da pergunta relativa ao tempo médio de duração dos banhos, aproximando um valor médio para tal recomendado pela norma.

Assim como para a variável de tempo de duração dos banhos, para as outras variáveis também foram adotados valores estimados pela norma, de acordo com o que segue:

- a) duração de cada banho = 10 min;
- b) vazão da ducha do chuveiro = 3 litros/min (conforme especificação do fabricante);
- c) temperatura de consumo = 40°C.

A tabela 4 apresenta de forma completa os valores de projeto recomendados pela norma.

Tabela 4 –Consumo dos pontos de utilização de água quente

Peças	Consumo mínimo	Consumo máximo	Ciclo diário (minuto/pessoa)	Temperatura de consumo °C
Ducha de banho	3,0 L/min	15,0 L/min	10	39 – 40
Lavatório	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39 – 40
Ducha higiênica	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39 – 40
Banheira	80 L	440 L	banho	39 – 40
Pia de cozinha	2,4 L/min	7,2 L/min	3	39 – 40
Lava-louças (12 pessoas)	20 L	20 L	ciclo de lavagem	39 – 50
Máquina de lavar roupa	90 L	200 L	ciclo de lavagem	39 – 40

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008)

#### 6.4.2 Variáveis meteorológicas

Para as habitações que afirmaram não conseguirem utilizar de forma plena o aquecedor solar todos os dias, se questionou em que situações a temperatura da água proveniente do aquecedor se tornava insuficiente. De acordo com as respostas dos próprios moradores, foram estabelecidas condições meteorológicas críticas para o funcionamento do aquecedor de cada habitação. A fim de se estimar a ocorrência destes dias críticos em cada mês, foi realizada uma busca dos dados meteorológicos de todos os dias que compunham os meses em estudo. Os dados foram obtidos através dos registros de temperatura e radiação solar efetuados pela estação meteorológica de Porto Alegre, disponibilizados pelo Inmet (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013). A partir de então, definiu-se um padrão para identificação e contabilidade dos dias classificados como críticos.

Classificaram-se como dias nublados os que apresentaram níveis de radiação solar menor que 1.000 kJ/m<sup>2</sup>, ou seja, insuficientes para o aquecimento da água através dos coletores. Quanto à temperatura, foram classificados dias frios os que apresentaram temperatura mínima abaixo de 10° C.

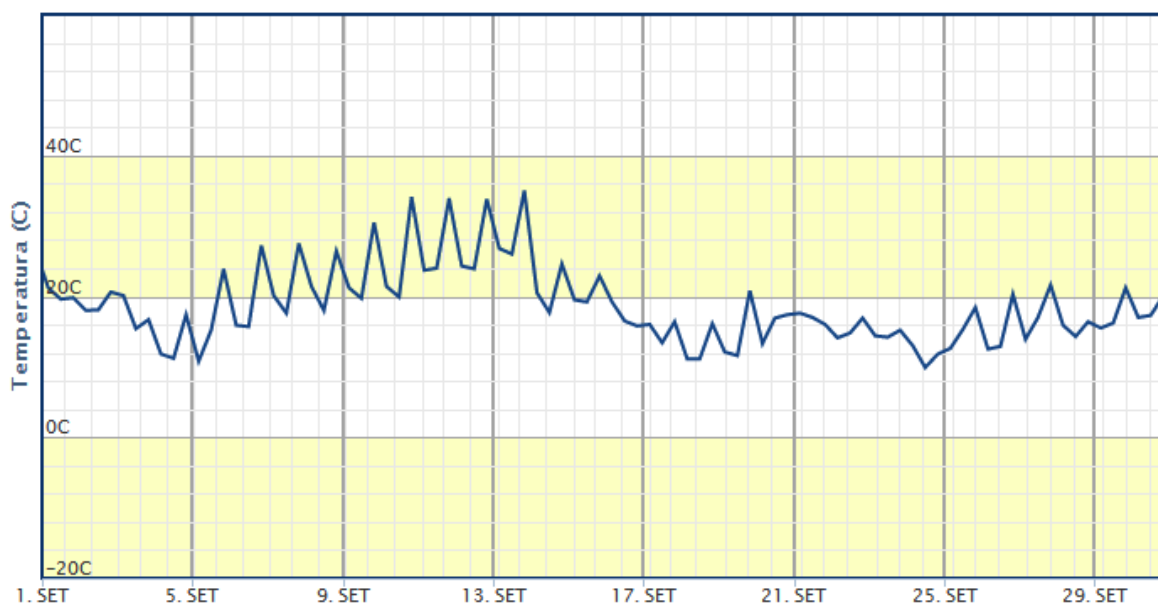
Desta forma, foram analisados os parâmetros de temperatura e radiação para todos os dias pertencentes ao período em estudo, através dos dados meteorológicos fornecidos pelo Inmet (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013). A tabela 5 apresenta os resultados da quantidade de dias críticos ocorridos em cada mês. Já as figuras 20 e 21 apresentam exemplos de gráficos de temperatura e radiação do mês de setembro, referentes à cidade de Porto Alegre.

Tabela 5 – Quantidade de dias críticos ocorridos na cidade de Porto Alegre

CONDIÇÃO	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	TOT.
DIAS FRIOS	0	0	0	6	5	15	13	4	43
DIAS NUBLADOS	0	3	1	7	13	6	11	8	49
DIAS FRIOS OU NUBLADOS	0	3	1	13	18	20	19	12	86
DIAS FRIOS E NUBLADOS	0	0	0	0	0	1	5	0	6
MAIS DE 3 DIAS NUBLADOS	0	0	0	1	2	0	4	3	10

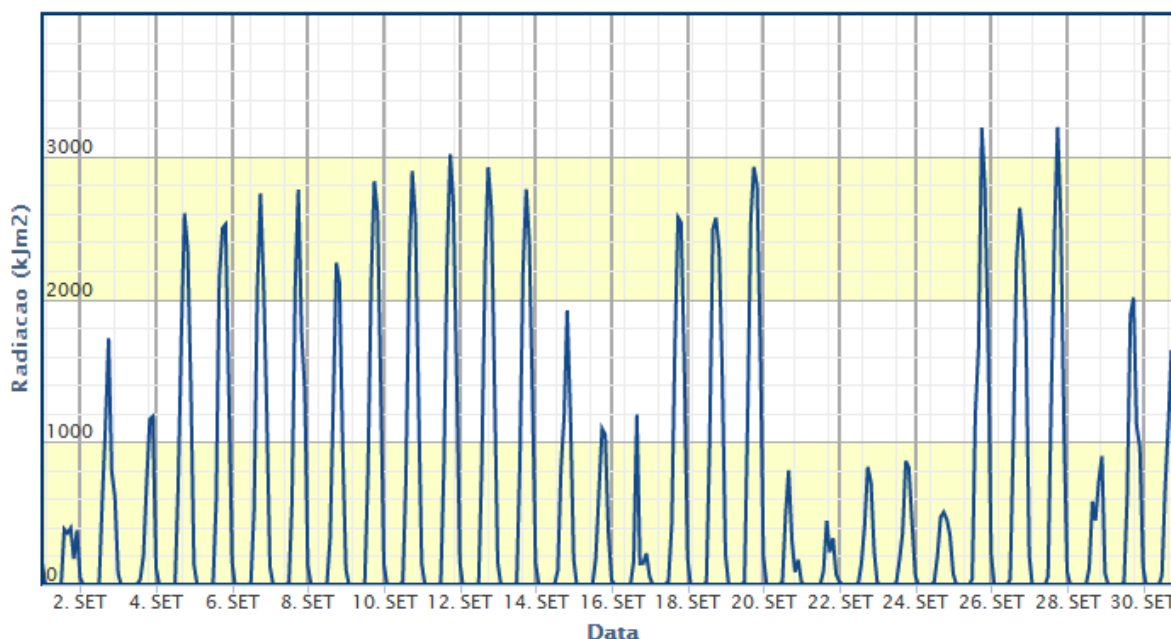
(fonte: baseado em: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013)

Figura 20 – Gráfico de temperaturas do mês de setembro em Porto Alegre



(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013)

Figura 21 – Gráfico da insolação incidente no mês de setembro em Porto Alegre



(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013)

### 6.4.3 Variáveis de consumo de energia dos eletrodomésticos

Para se determinar o consumo de energia mensal de cada eletrodoméstico foi necessária uma série de aproximações com relação as suas diversas variáveis, como por exemplo, potência média de cada aparelho, tempo de utilização diário, e a quantidade de dias de utilização. Todas estas variáveis podem ser muito distintas comparando-se casa por casa. Desta forma, atribuíram-se valores médios para cada variável, utilizando como referência informações de tabelas do RIC (COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012) e do PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ([2013]). A tabela 6 apresenta os valores adotados para o cálculo estimado de consumo energético médio de cada aparelho.

Tabela 6 – Consumo médio de energia dos aparelhos eletrodomésticos

ITEM	ELETRODOMÉSTICOS	POTÊNCIA (W)	HORAS/ DIA	DIAS/ MÊS	CONSUMO MÊS (KW.h/mês)
1	geladeira 1 porta	90	24,00	30	30,00
2	geladeira 2 portas	130	24,00	30	55,00
3	freezer	120	24,00	30	50,00
4	forno microondas	1300	0,17	30	6,50
5	liquidificador	400	0,03	4	0,05
6	batedeira	450	0,17	4	0,30
7	cafeteira	600	0,08	20	1,00
8	torradeira	1200	0,08	20	2,00
9	espremedor de frutas	65	0,17	4	0,04
10	tanquinho de lavar roupas	300	1,00	8	2,40
11	centrífuga de roupas	150	1,00	8	1,20
12	lavadora de roupas	500	1,00	8	4,00
13	ferro de passar roupas	1000	0,50	2	1,00
14	aspirador de pó	100	0,33	4	0,13
15	secador de cabelos	800	0,08	30	2,00
16	televisor	100	5,00	30	15,00
17	dvd/ blu-ray	15	2,00	8	0,24
18	aparelho de som (mini system)	150	1,00	10	1,50
19	video game	15	2,00	7	0,21
20	computador/ notebook	80	2,00	30	4,80
21	ventilador	65	3,00	10	1,95
25	lâmpadas incandescentes	100	4,00	30	12,00
24	lâmpadas fluorescentes	20	4,00	30	2,40
26	<b>chuveiro elétrico morno (consumo/banho)</b>	3200	0,17	30	16,00
27	<b>chuveiro elétrico quente (consumo/banho)</b>	5400	0,17	30	27,00

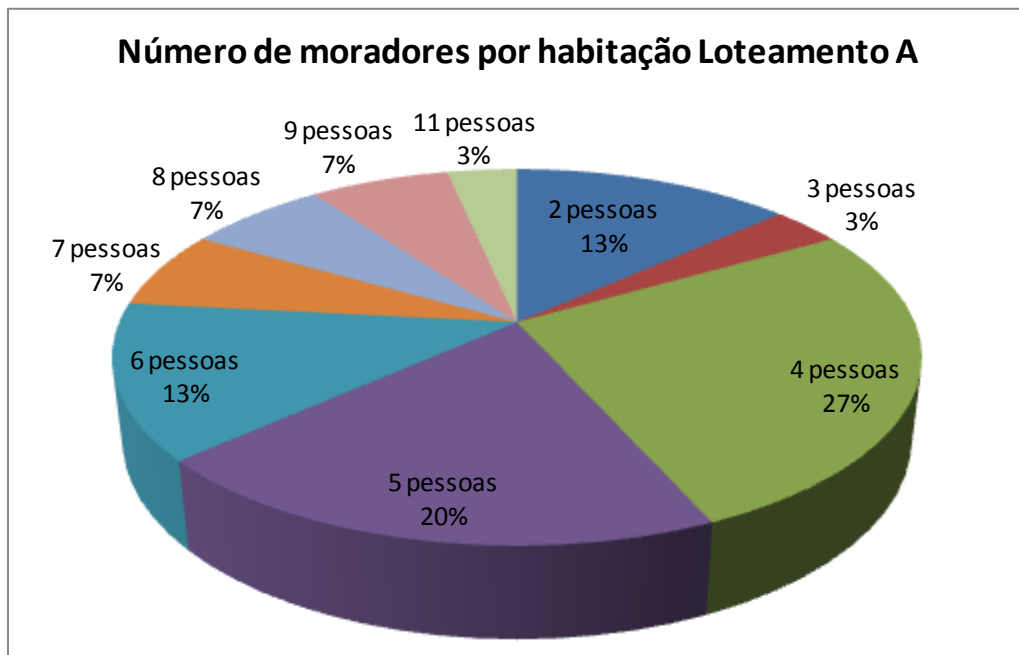
(fonte: elaborado pelo autor<sup>11</sup>)

## 6.5 RESULTADOS DA PESQUISA

O formulário aplicado nas entrevistas com as famílias começava perguntando o número de moradores de cada habitação. Nos dois loteamentos, a média de moradores por habitação, das amostras selecionadas, foi muito semelhante. Enquanto a amostra do Loteamento A apresentou uma média de 5,20 moradores por habitação, a do Loteamento B apresentou uma média de 5,29 moradores por habitação. Os resultados para os dois loteamentos podem ser vistos nas figuras 22 e 23.

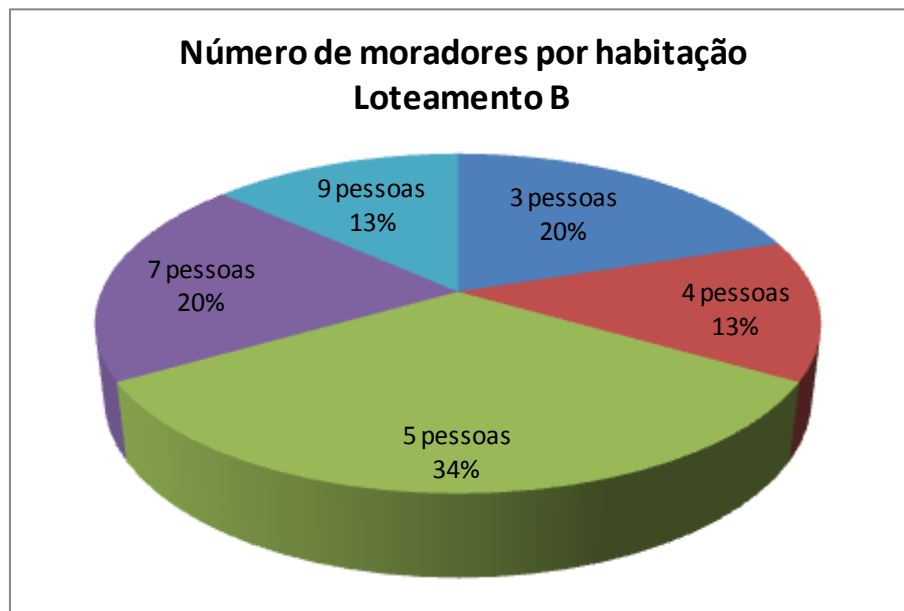
<sup>11</sup> Baseado em COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, (2012) e PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, ([2013]).

Figura 22 – Número de moradores por habitação Loteamento A



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 23 – Número de moradores por habitação Loteamento B



(fonte: elaborado pelo autor)

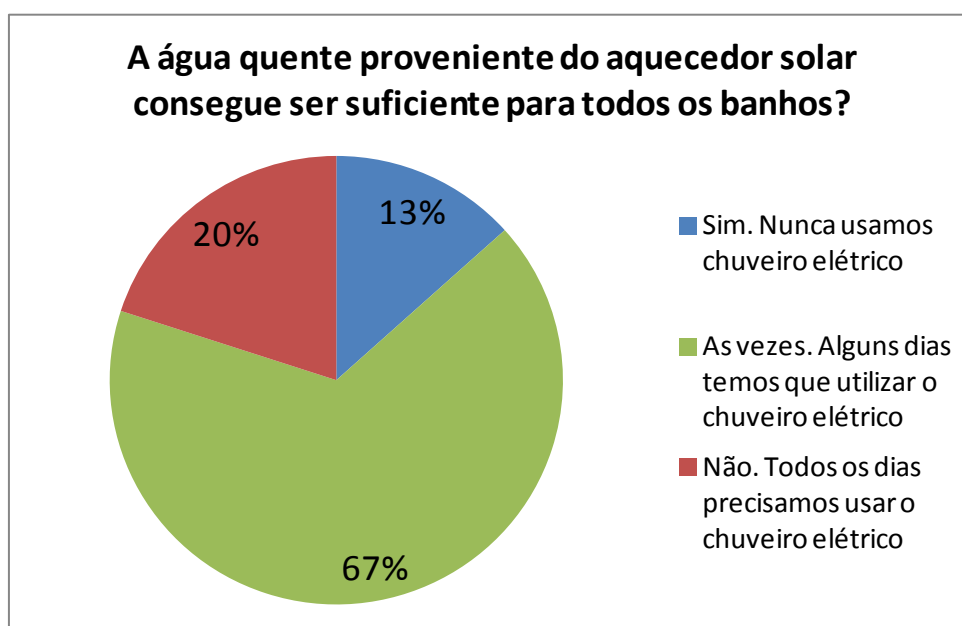
A partir de então o formulário passava para a sequência de perguntas relativas ao banho dos moradores. No Loteamento A, questionou-se aspectos relacionados à utilização do aquecedor solar e do chuveiro elétrico, a fim de se estabelecer estimativas de consumo com o



aquecimento da água em cada casa. Já no Loteamento B, as perguntas restringiram-se apenas a posição média da chave de resistência do chuveiro elétrico e a quantidade média de banhos em cada habitação.

Para se estimar a economia de energia gerada pelos coletores em cada casa do Loteamento A, foi necessário conhecer a frequência de utilização dos mesmos. Para tal, foi perguntado aos entrevistados se a água quente proveniente do aquecedor solar conseguia ser suficiente para o banho de todos da casa. A maioria dos entrevistados apresentava tendência em responder de imediato que sim, porém, quando questionados sobre a utilização do aquecedor em dias de condições meteorológicas desfavoráveis, as respostas normalmente eram outras. A figura 24 apresenta os resultados de respostas para esta questão.

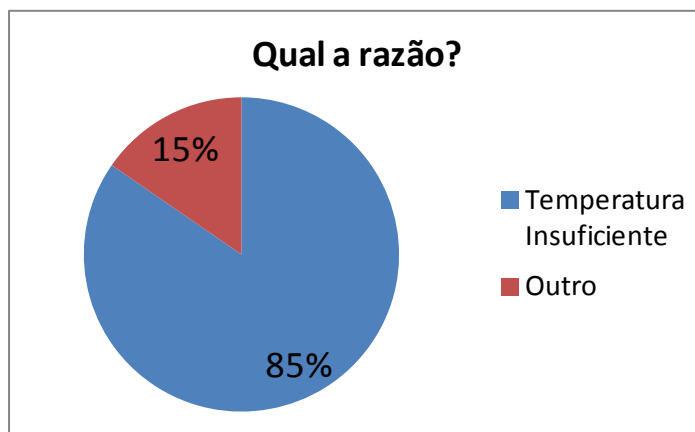
Figura 24 – Questão relativa à utilização do aquecedor



(fonte: elaborado pelo autor)

Nos casos em que as respostas dos entrevistados fossem “as vezes” ou “não”, a pergunta seguinte questionava o motivo pelo qual a água proveniente do aquecedor não conseguia ser suficiente para todos os banhos. O formulário apresentava apenas duas alternativas: “temperatura insuficiente” ou “outro”. De um total de 26 respostas, 22 justificaram a não utilização por temperatura insuficiente, enquanto outras 4 apresentaram respostas como “água muito quente”, “não funciona” e “tem problemas na instalação”. A figura 25 mostra os resultados percentuais desta questão.

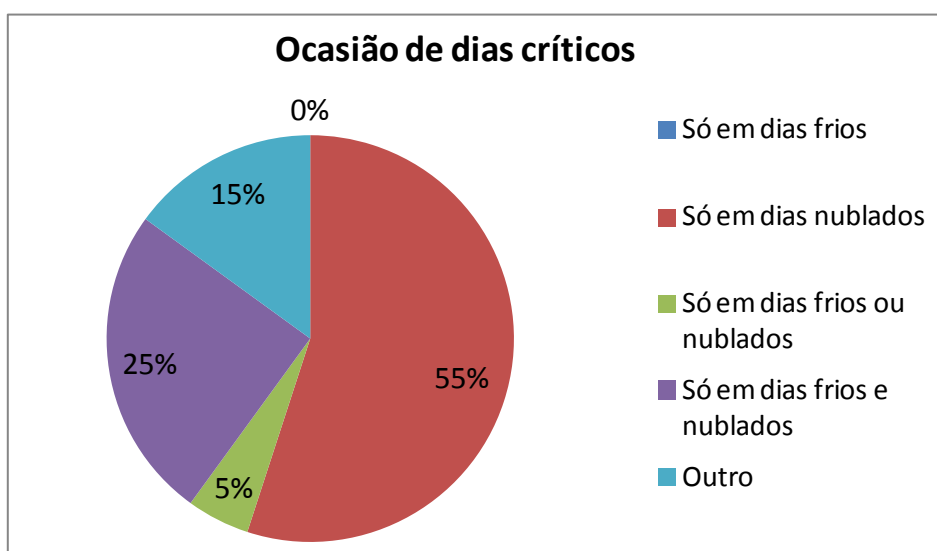
Figura 25 – Justificativa de não utilização



(fonte: elaborado pelo autor)

Para os 20 entrevistados que responderam que a água proveniente do aquecedor solar era suficiente para todos os banhos “às vezes”, ou seja, tinham que utilizar o chuveiro elétrico em alguns dias, questionou-se a ocasião de tal situação e o número médio de banhos tomados com o chuveiro elétrico nestes dias críticos. A maioria dos entrevistados respondeu que o aquecedor não funcionava apenas nos dias nublados. Nenhum entrevistado respondeu “dias frios” como empecilho para o aquecimento solar da água. Entre os que responderam “outros”, todos disseram não utilizar o aquecedor apenas depois de uma sequência de aproximadamente 3 dias sem sol. A figura 26 apresenta o resultado de respostas para a questão de ocasião dos dias críticos.

Figura 26 – Ocasião de não utilização plena da água proveniente do aquecedor



(fonte: elaborado pelo autor)

Já para os entrevistados que responderam que a água quente proveniente do aquecedor solar não era suficiente, ou seja, necessitavam utilizar o chuveiro elétrico todos os dias, perguntou-se a quantidade média de banhos tomados com a água do aquecedor nos dias normais. Em seguida perguntou-se sobre a existência de alguma ocasião em que este número médio de banhos com a água do aquecedor era alterado, e, em caso de resposta afirmativa, quantos banhos eram tomados com a água do aquecedor nestas ocasiões.

Dos 6 entrevistados que escolheram esta última opção, uma resposta diferenciou-se das demais. Tal resposta afirmou alterar o número de banhos com a água do aquecedor apenas nos dias frios, passando de zero para o número total de banhos da casa, pois em tais dias a alta temperatura da água proveniente do aquecedor solar era amenizada pelo frio do ambiente.

Para todos os entrevistados que respondiam utilizar o chuveiro elétrico em alguma circunstância, fazia-se o questionamento da posição média da chave de resistência do chuveiro elétrico em tal situação. A tabela 7 apresenta um resumo das respostas referentes ao banho, obtidas nas 30 unidades habitacionais do Loteamento A entrevistadas.

Tabela 7 – Resumo do consumo de energia com o banho das habitações

CASA	Nº MORAD.	Nº BANHOS/DIA	DIAS NORMAIS				DIAS CRÍTICOS			
			Nº BANHOS C/ CHUVEIRO	POSIÇÃO CHUVEIRO	CONSUMO (KW.h/banho)	CONSUMO DIÁRIO (KW.h/dia)	Nº BANHOS C/ CHUVEIRO	POSIÇÃO CHUVEIRO	CONSUMO (KW.h/banho)	CONSUMO DIÁRIO (KW.h/dia)
1	2	2	0	DESLIG.	-	-	0	DESLIG.	-	-
2	5	5	0	DESLIG.	-	-	0	DESLIG.	-	-
3	2	2	0	DESLIG.	-	-	2	MORNO	0,53	1,06
4	6	6	0	DESLIG.	-	-	6	QUE/MOR	0,73	4,38
5	5	7	0	DESLIG.	-	-	7	MORNO	0,53	3,71
6	5	4	4	MORNO	0,53	2,12	4	MORNO	0,53	2,12
7	4	4	0	DESLIG.	-	-	4	QUE/MOR	0,73	2,92
8	4	8	0	DESLIG.	-	-	8	MORNO	0,53	4,24
9	8	8	0	DESLIG.	-	-	8	QUE/MOR	0,73	5,84
10	4	5	0	DESLIG.	-	-	5	MORNO	0,53	2,65
11	3	4	0	DESLIG.	-	-	4	QUE/MOR	0,73	2,92
12	4	7	0	DESLIG.	-	-	7	QUENTE	0,90	6,30
13	11	11	0	DESLIG.	-	-	11	MORNO	0,53	5,83
14	7	5	5	MORNO	0,53	2,65	5	MORNO	0,53	2,65
15	6	8	0	DESLIG.	-	-	0	DESLIG.	-	-
16	7	7	7	MORNO	0,53	3,71	7	MORNO	0,53	3,71
17	5	5	0	DESLIG.	-	-	4	MORNO	0,53	2,12
18	9	9	0	DESLIG.	-	-	9	MORNO	0,53	4,77
19	9	9	9	MORNO	0,53	4,77	0	DESLIG.	-	-
20	4	4	0	DESLIG.	-	-	0	DESLIG.	-	-
21	8	8	0	DESLIG.	-	-	8	QUENTE	0,90	7,20
22	5	5	0	DESLIG.	-	-	5	MORNO	0,53	2,65
23	6	6	0	DESLIG.	-	-	6	MORNO	0,53	3,18
24	2	2	0	DESLIG.	-	-	2	MORNO	0,53	1,06
25	4	4	0	DESLIG.	-	-	4	MORNO	0,53	2,12
26	4	5	3	MORNO	0,53	1,59	3	MORNO	0,53	1,59
27	5	5	0	DESLIG.	-	-	5	MORNO	0,53	2,65
28	2	3	2	MORNO	0,53	1,06	2	MORNO	0,53	1,06
29	6	5	0	DESLIG.	-	-	5	MORNO	0,53	2,65
30	4	6	0	DESLIG.	-	-	6	MORNO	0,53	3,18

(fonte: elaborado pelo autor)

Após esta série de questões referentes à utilização do aquecedor solar, aplicadas apenas no Loteamento A, a entrevista partiu para a etapa de levantamento de dados referentes ao consumo de energia, consumo de água e posse de eletrodomésticos das moradias pertencentes aos dois loteamentos.

Para o levantamento do consumo de energia das habitações foi necessário o acesso ao histórico de consumo presente nas contas de luz de cada habitação. Em razão de o valor da conta de luz de um mês ser sempre referente ao consumo do mês anterior, as tabelas 8 e 9 tiveram de ajustar os valores coletados a seus respectivos meses de referência.

O período de registros do consumo energético das habitações varia de acordo com a data de ocupação de cada habitação. Por tal motivo as moradias apresentam o início de seu histórico de consumo em diferentes meses. No sentido de se evitar a contabilidade dos registros de meses incompletos, foram considerados apenas os valores referentes a partir do segundo mês

de ocupação das moradias. As tabelas 8 e 9 apresentam os valores mensais de consumo de água e de energia para cada residência, dos dois loteamentos.

Tabela 8 – Consumo mensal de energia e água das habitações do Loteamento A

<b>LOTEAMENTO A</b>											
CASA Nº	Nº MORAD.	CONSUMO DE ENERGIA (kW.h/mês)									MÉD. CONS. ÁGUA (m³)
		FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	MÉDIA	
1	2		66	65	67	63	42	42	46	55,86	4,00
2	5	33	32	31	30	36	34	32	32	32,50	4,00
3	2	89	76	76	67	60	65	67	84	73,00	4,00
4	6	195	156	151	173	176	182	170	219	177,75	11,00
5	5	183	141	167	132	132	154	163	198	158,75	13,00
6	5	146	180	193	160	162	166	172	165	168,00	9,00
7	4	172	157	173	160	166	171	165	182	168,25	14,00
8	4	133	104	118	88	93	115	106	130	110,88	12,00
9	8	201	181	200	169	182	209	183	180	188,13	14,00
10	4		89	84	80	80	89	81	94	85,29	8,00
11	3		258	304	259	210	148	110	75	194,86	11,00
12	4		144	145	136	230	161	144	175	162,14	16,00
13	11	204	176	202	207	196	228	240	216	208,63	16,00
14	7			50	47	67	168	157	173	110,33	9,00
15	6			110	86	60	73	96	112	89,50	9,00
16	7			182	137	120	122	154	234	158,17	10,00
17	5			107	76	66	70	78	92	81,50	8,00
18	9			319	260	226	262	272	269	268,00	15,00
19	9		137	121	122	171	196	175	145	152,43	12,00
20	4		115	108	104	112	132	129	138	119,71	10,00
21	8	127	126	128	118	138	156	158	182	141,63	14,00
22	5	131	107	99	82	86	86	77	73	92,63	9,00
23	6	116	73	79	84	91	97	91	97	91,00	13,00
24	2	103	122	110	92	96	96	50	46	89,38	5,00
25	4	117	110	111	93	92	108	98	119	106,00	12,00
26	4	159	167	190	111	105	121	116	180	143,63	11,00
27	5	132	134	155	123	117	123	135	127	130,75	11,00
28	2		99	97	75	77	79	59	58	77,71	8,00
29	6		128	123	134	116	119	106	119	120,71	9,00
30	4			144	160	226	220	187	233	195,00	10,00
<b>MÉDIA</b>	<b>5,20</b>	<b>140,06</b>	<b>128,25</b>	<b>138,07</b>	<b>121,07</b>	<b>125,07</b>	<b>133,07</b>	<b>127,10</b>	<b>139,77</b>	<b>131,74</b>	<b>10,37</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

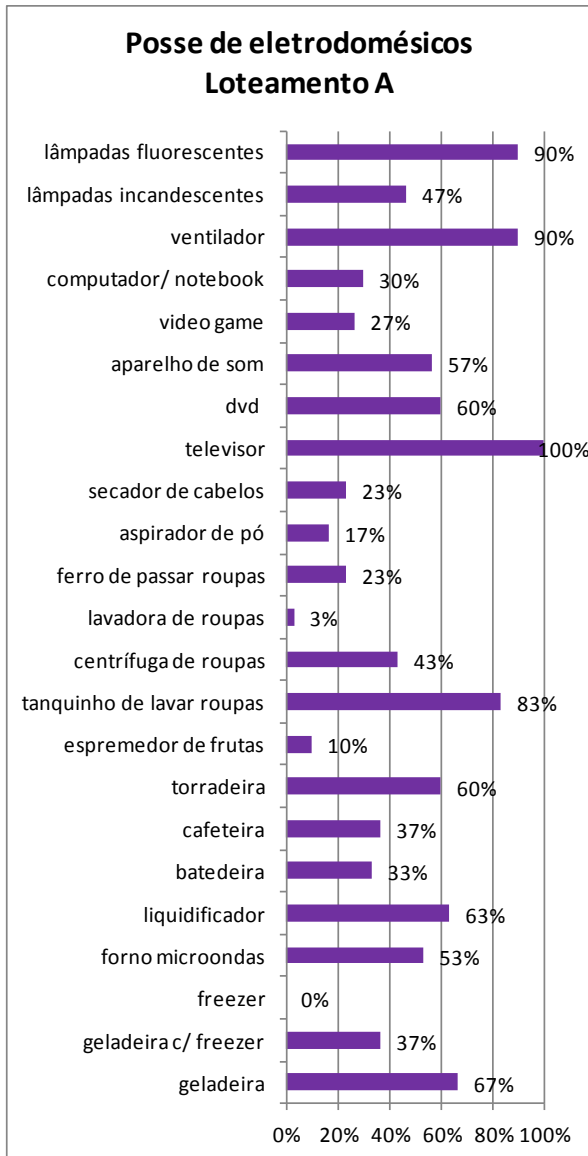
Tabela 9 – Consumo mensal de energia e água das habitações do Loteamento B

<b>LOTEAMENTO B</b>					
CASA Nº	Nº MORAD.	ENERGIA (kW.h/mês)			MÉD. ÁGUA (m³)
		AGO.	SET.	MÉDIA	
1	9	175	169	172,00	10
2	5	96	91	93,50	4
3	5	138	138	138,00	8
4	7	125	128	126,50	11
5	9	101	129	115,00	9
6	3	116	126	121,00	4
7	4	169	181	175,00	13
8	5	175	170	172,50	12
9	5	305	319	312,00	10
10	5	349	351	350,00	10
11	4	343	286	314,50	9
12	3	143	205	174,00	9
13	3	114	120	117,00	4
14	7	283	245	264,00	12
15	7	307	236	271,50	10
<b>MÉDIA</b>	<b>5,29</b>	<b>188,00</b>	<b>189,86</b>	<b>194,43</b>	<b>9,00</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

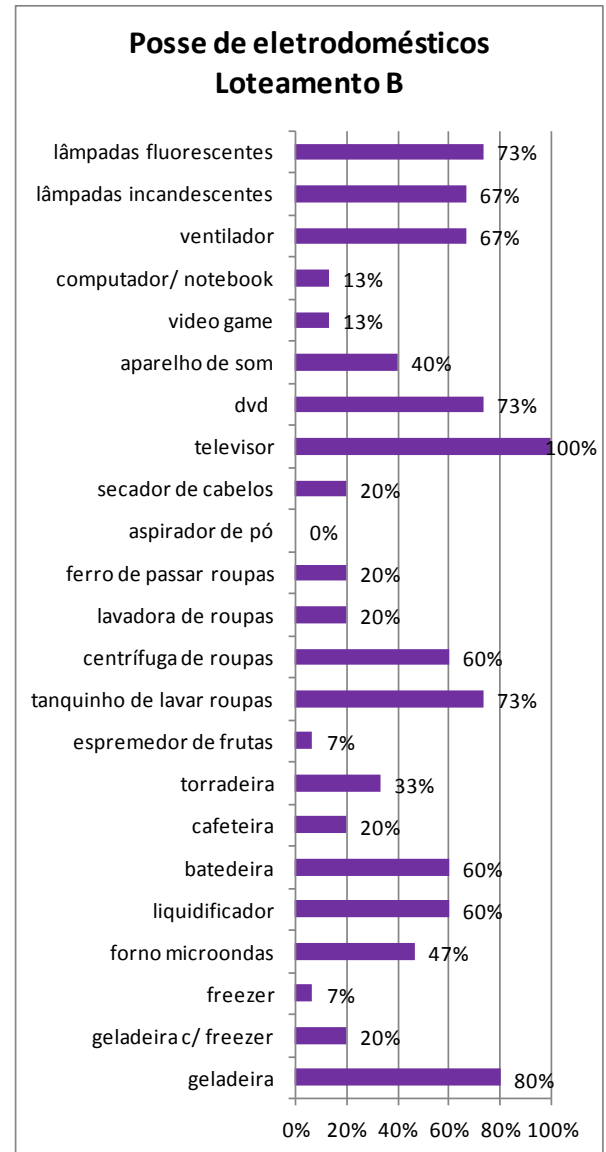
O levantamento dos tipos e quantidades de eletrodomésticos presentes em cada casa também foi realizado nos dois loteamentos, através das respostas dos próprios entrevistados e, algumas vezes, de levantamento visual do entrevistador. As figuras 27 e 28 apresentam os percentuais de frequência de cada aparelho eletrodoméstico em função de sua presença nas casas entrevistadas dos dois loteamentos.

Figura 27 – Posse de eletrodomésticos –  
Loteamento A



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 28 – Posse de eletrodomésticos –  
Loteamento B



(fonte: elaborado pelo autor)

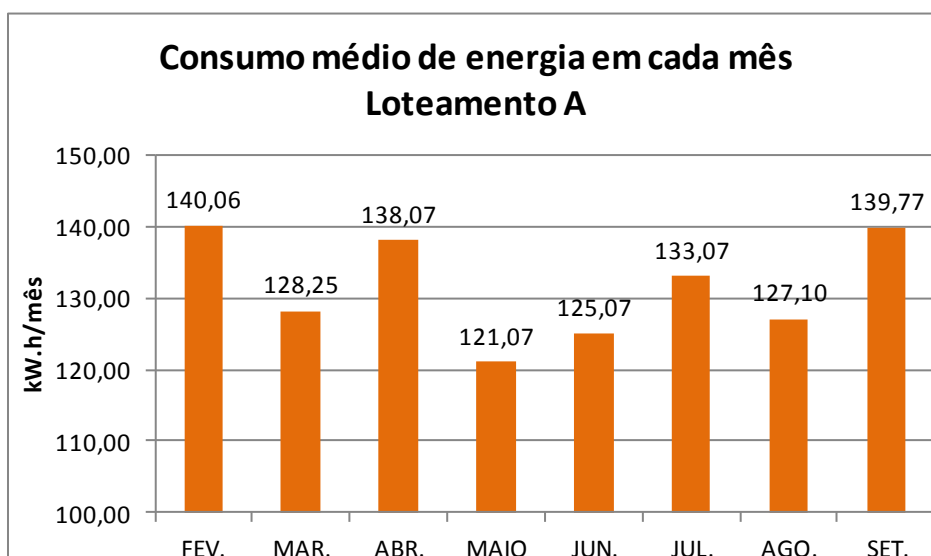
## 7 ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo visa analisar os dados coletados em pesquisa projetando-os em estimativas de consumos energéticos.

### 7.1 PERFIL DE CONSUMO DAS HABITAÇÕES

De acordo com os dados de consumo energético das casas, obtidos pelo acesso as contas de energia dos usuários, nota-se que os valores médios de consumo não apresentam grande variabilidade no decorrer dos meses levantados. Conforme apresenta a figura 29, o consumo médio máximo no Loteamento A apresenta valor de 140,06 kWh/mês enquanto o consumo médio mínimo de 121,07 kWh/mês. Já no Loteamento B a variabilidade é ainda menor, apresentando consumo médio máximo de 189,86 kWh/mês e mínimo de 188 kWh/mês, como mostra a figura 30. Cabe salientar que tal redução de variabilidade do Loteamento A em comparação com o B pode ter relação com a menor quantidade de meses analisados e pelo menor tamanho de amostra.

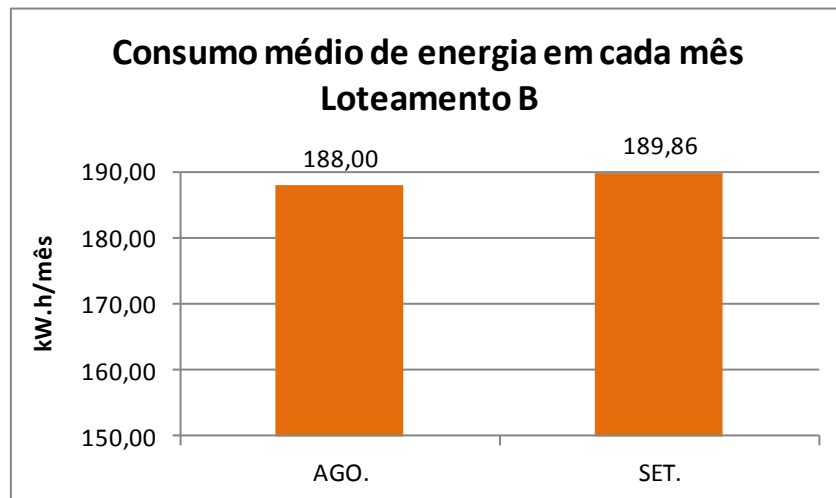
Figura 29 – Consumo médio de energia em cada mês – Loteamento A



(fonte: elaborado pelo autor)



Figura 30 – Consumo médio de energia em cada mês – Loteamento B



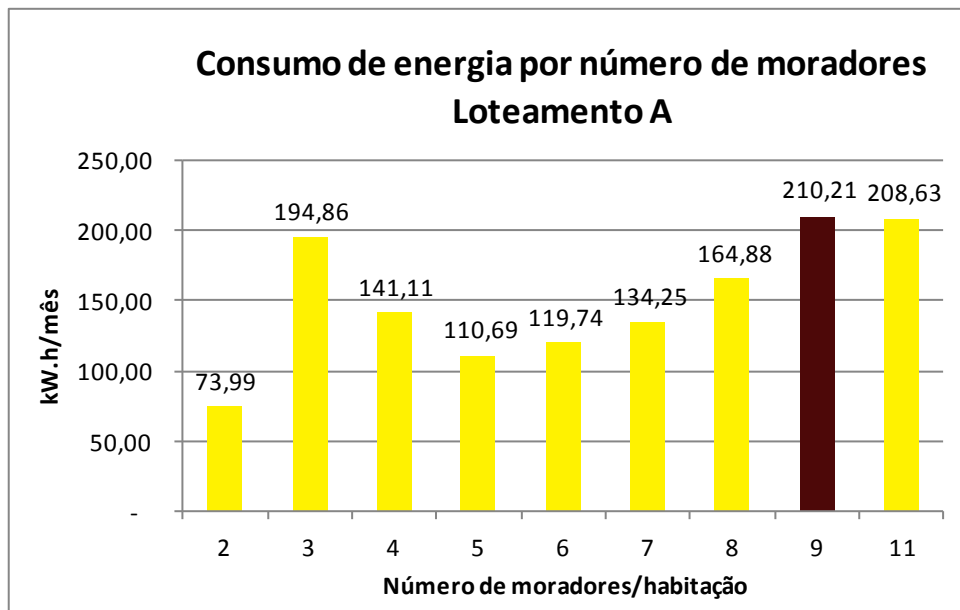
(fonte: elaborado pelo autor)

Segundo Hansen (2000), a média de consumo energético das habitações populares estudadas em Porto Alegre ficou estabelecida em um valor de 156,62 kWh/mês. As médias de consumo energético das habitações do Loteamento A e B se apresentaram aproximadamente 16% abaixo e 20% acima deste valor, respectivamente.

Deve-se salientar que no estudo de Hansen, os valores de consumo apresentados fazem referência aos anos de 1997 e 1998. Para os dias de hoje, os valores encontrados poderiam ser outros, já que com o passar dos anos houve uma mudança considerável da própria concepção de população de baixa renda, dos seus hábitos de consumo, e, principalmente, dos equipamentos eletrodomésticos presentes nestas habitações populares. Também há de se ressaltar que os valores foram obtidos a partir de um levantamento de dados relativos a um período total de aproximadamente 2 anos, diferentemente do período estudado por este trabalho que não ultrapassou 8 meses.

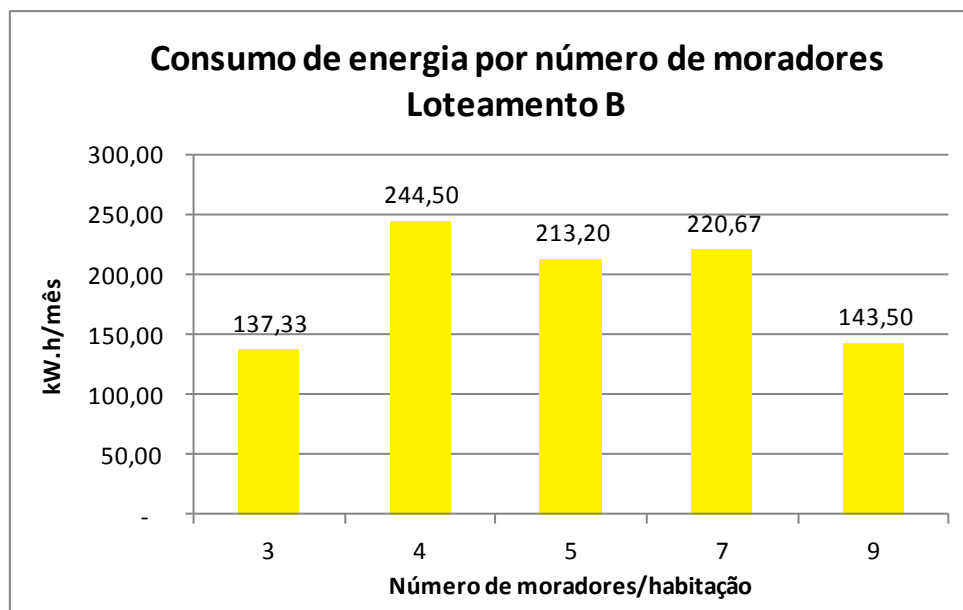
Com relação ao perfil de consumo das habitações, pode-se observar através dos valores indicados nas contas de luz e de água que não houve uma tendência lógica de tais valores. A pesquisa apresentou habitações com maior número de moradores gastando mais em energia e água que habitações com menor número. Ou então, habitações que possuíam o aquecedor solar gastando mais energia que as que não possuíam. Tais resultados demonstram que o consumo de energia, está fortemente associado aos hábitos familiares de consumo. As figuras 31 e 32 ilustram esta grande variabilidade no consumo médio de energia das habitações, de acordo com o número de moradores das mesmas.

Figura 31 – Consumo médio de energia por número de moradores do Loteamento A



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 32 – Consumo médio de energia por número de moradores do Loteamento B

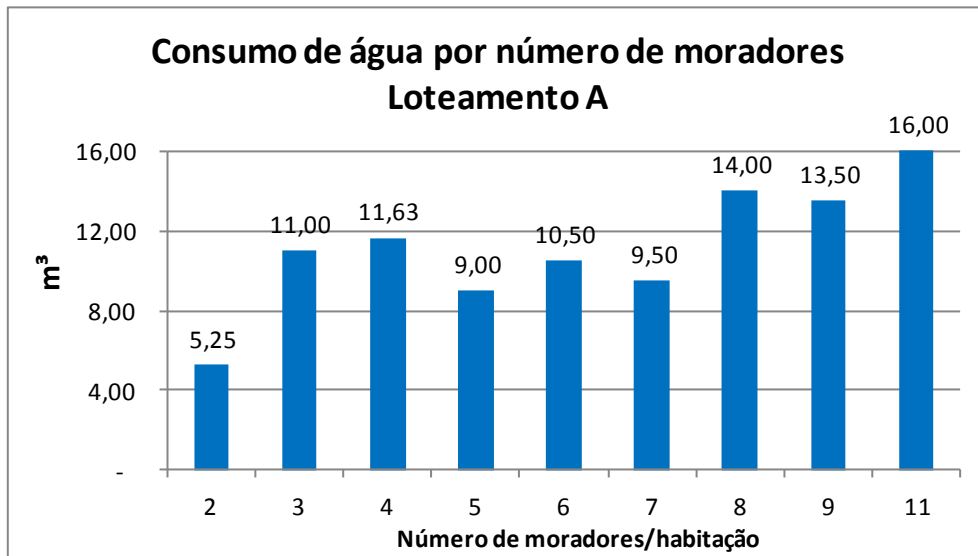


(fonte: elaborado pelo autor)

Também é possível visualizar através dos gráficos que existe uma certa tendência lógica de o consumo médio da água acompanhar o consumo médio de energia, mesmo não existindo uma relação de proporcionalidade exata. Esta tendência pode ser melhor visualizada no gráfico relativo ao Loteamento B. Tal tendência pode indicar uma relação do consumo de energia

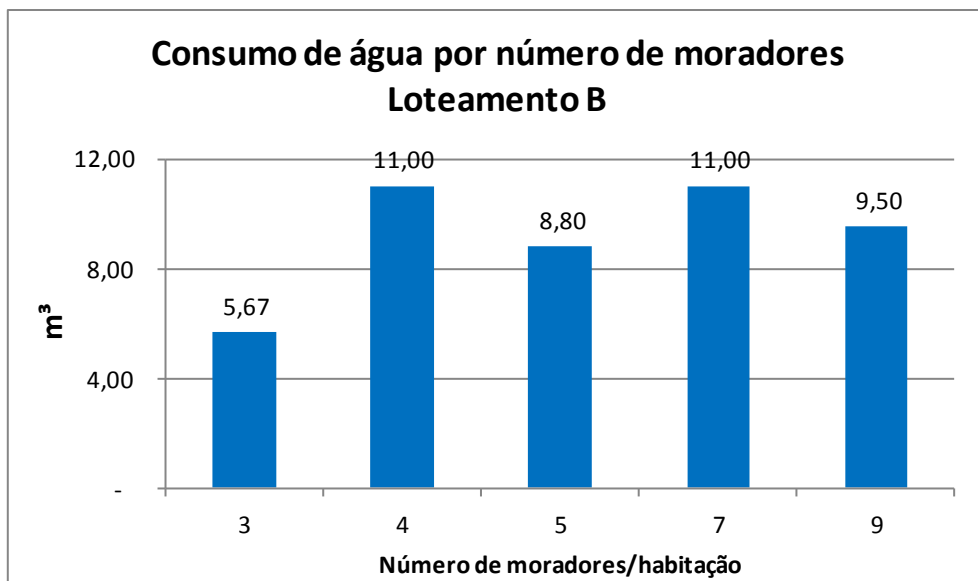
com a quantidade, maior ou menor, de banhos tomados pelos moradores das habitações. As figuras 33 e 34 ilustram a variabilidade do consumo da água nas habitações, de acordo com o número de moradores das mesmas.

Figura 33 – Consumo médio de água por número de moradores do Loteamento A



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 34 – Consumo médio de água por número de moradores do Loteamento B



(fonte: elaborado pelo autor)

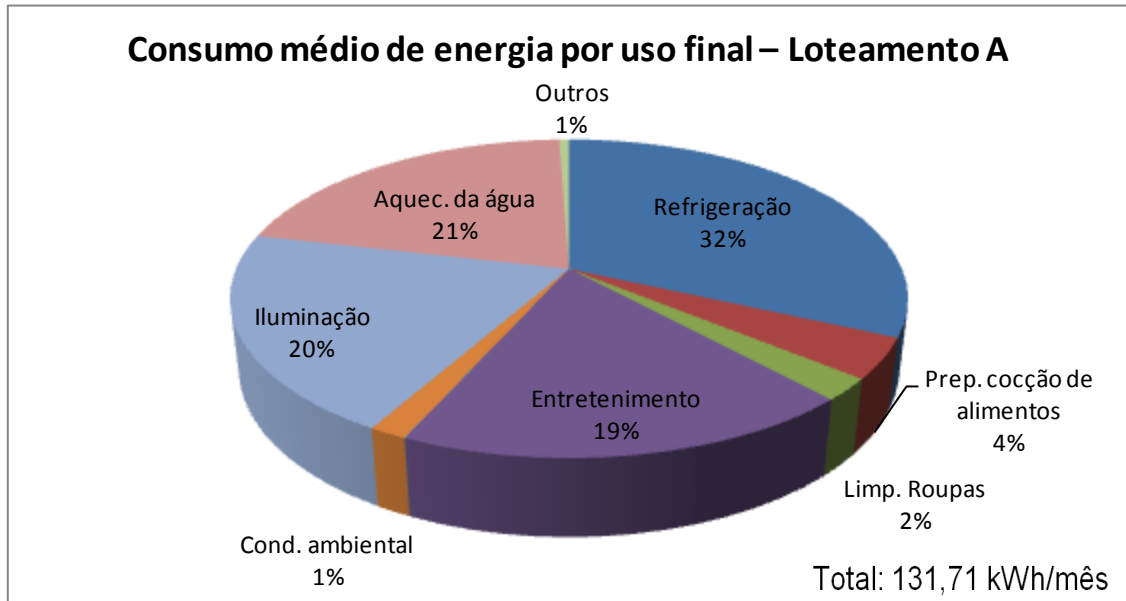
Com relação ao consumo de energia destinado ao aquecimento da água para o banho, os valores puderam ser estimados através das informações coletadas nas entrevistas com os usuários. Tal estimativa foi calculada para as habitações do Loteamento A, em função do número de banhos, número de dias críticos de cada mês e posição da chave de resistência do chuveiro elétrico. No caso das moradias do Loteamento B, o cálculo tornou-se mais simples, pois as únicas variáveis adotadas foram o número de banhos e a posição da chave de resistência do chuveiro elétrico.

Para o cálculo de consumo energético com os outros itens, foram cruzados os dados já calculados de consumo médio mensal de cada eletrodoméstico com suas respectivas quantidades presentes em cada casa. A partir do levantamento de eletrodomésticos presentes nas habitações foi possível a obtenção da última variável necessária para este cálculo. Por fim, os resultados encontrados foram corrigidos de acordo com o consumo real de energia de cada habitação. No Apêndice B pode ser encontrada a planilha que detalha os valores do cálculo do consumo de energia com o aquecimento da água para o banho estimado para cada habitação, mês a mês. E nos Apêndices C e D, encontram-se, respectivamente, as planilhas em que constam a posse de eletrodomésticos de cada casa, e, o consumo médio de energia por uso final estimado para cada habitação.

Os usos finais mais utilizados em ordem decrescente pelas habitações do Loteamento A são: refrigeração (41,85 kWh/mês), aquecimento da água (27,47 kWh/mês), iluminação (27,01 kWh/mês), entretenimento (24,47 kWh/mês), preparação e cocção de alimentos (5,39 kWh/mês), limpeza de roupas (2,76 kWh/mês), condicionamento ambiental (2,03 kWh/mês) e outros (0,75 kWh/mês).

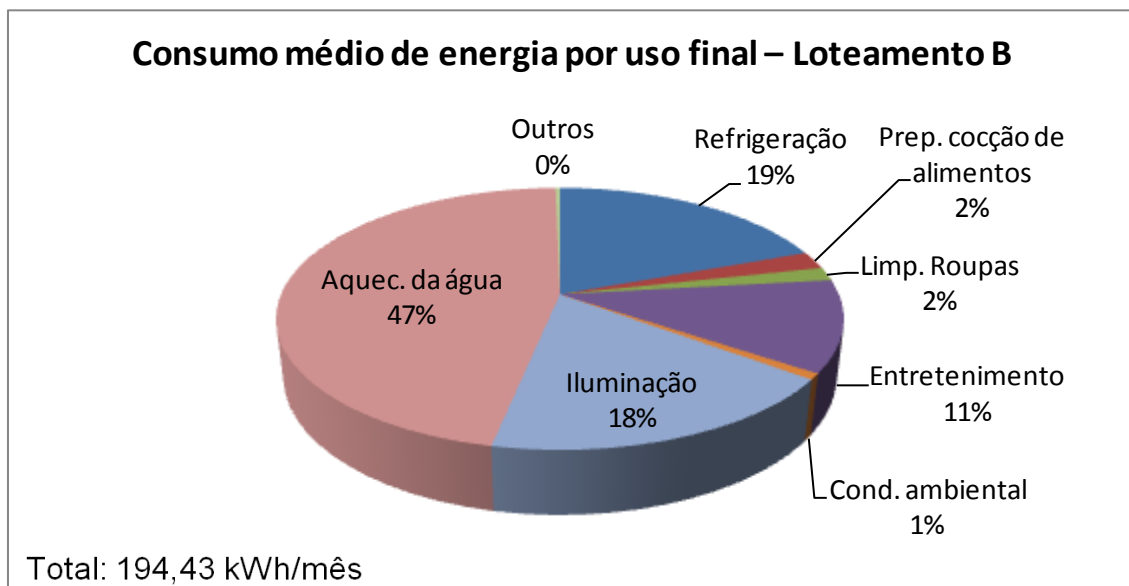
No Loteamento B a ordem se modifica um pouco. Os usos finais mais utilizados em ordem decrescente são: aquecimento da água (90,37 kWh/mês), refrigeração (37,60 kWh/mês), iluminação (35,00 kWh/mês), entretenimento (22,01 kWh/mês), preparação e cocção de alimentos (4,23 kWh/mês), limpeza de roupas (3,22 kWh/mês), condicionamento ambiental (1,40 kWh/mês) e outros (0,60 kWh/mês). Através das figuras 35 e 36 podemos visualizar o perfil de consumo médio das habitações pesquisadas nos dois loteamentos.

Figura 35 – Consumo médio de energia por uso final – Loteamento A



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 36 – Consumo médio de energia por uso final – Loteamento B



(fonte: elaborado pelo autor)

Pode-se observar que a diferença mais drástica entre os dois loteamentos se dá justamente com relação ao item esperado. O gasto com o aquecimento da água no Loteamento A aparece como item de segundo maior consumo final, com um consumo médio de apenas 27,47 kWh/mês, enquanto que no Loteamento B o mesmo item representa o maior consumo final, com consumo médio de 90,37 kWh/mês, cerca de 3 vezes mais que no Loteamento A.

## 7.2 ECONOMIA DE ENERGIA ESTIMADA

A economia de energia gerada pela utilização dos coletores foi analisada através de dois procedimentos distintos. O primeiro baseia-se em valores estimados, de acordo com as respostas obtidas dos próprios moradores quanto à utilização dos aquecedores solares para o banho. O segundo compara os valores médios de consumo de energia real das moradias do Loteamento A com as do Loteamento B. Os próximos itens tratam sobre a análise dos dois procedimentos descritos.

### 7.2.1 Análise sobre valores estimados

Com a obtenção de informações dos usuários quanto a utilização dos aquecedores em suas casas, foi possível estimar o consumo médio mensal de cada habitação com o aquecimento da água. A tabela 10 apresenta, em seu lado esquerdo, os gastos estimados apenas com o aquecimento da água, para cada habitação entrevistada “com uso” e “sem uso” de aquecedores solares para tal fim. Na parte direita, os valores são projetados para o consumo de energia total estimado das casas. Para as duas projeções a tabela apresenta a economia estimada em cada habitação.

Quanto à convergência entre o estimado e o real, nota-se que o consumo médio de energia estimado para as habitações do Loteamento A apresentou uma diferença de valor muito pequena com relação à média do consumo real, de 126,44 kWh/mês para 131,71 kWh/mês, cerca de 4% menos. Analisando-se casa a casa, conforme disponível no Apêndice D, a maior diferença obtida entre os valores foi de 76% a mais que o real, apresentada pela habitação de número 2. O morador alegou em entrevista fazer pouco uso de sua casa, passando a maior parte do tempo na casa da filha, o que provavelmente justifique tal diferença de valores.

Tabela 10 – Economia de energia estimada – Loteamento A

<b>CONSUMO ESTIMADO LOTEAMENTO A</b>						
CASA	CONSUMO AQUECIMENTO DA ÁGUA			CONSUMO GERAL		
	CONS. MÉD. C/AQUEC. (kW.h/mês)	CONS. MÉD. S/AQUEC. (kW.h/mês)	ECONOMIA	CONS. MÉD. C/AQUEC. (kW.h/mês)	CONS. MÉD. S/AQUEC. (kW.h/mês)	ECONOMIA
1	-	43,00	100%	61,40	104,40	41,19%
2	-	107,50	100%	57,00	164,50	65,35%
3	0,80	43,00	98%	97,87	140,08	30,13%
4	26,83	129,00	79%	152,58	254,75	40,11%
5	22,72	150,50	85%	160,57	288,34	44,31%
6	64,93	86,00	25%	165,58	186,65	11,29%
7	17,89	86,00	79%	144,83	212,94	31,99%
8	25,97	172,00	85%	102,76	248,79	58,70%
9	35,77	172,00	79%	155,51	291,74	46,70%
10	16,23	107,50	85%	86,83	178,10	51,25%
11	17,89	86,00	79%	158,53	226,64	30,05%
12	38,59	150,50	74%	133,28	245,19	45,64%
13	4,37	236,50	98%	135,82	367,94	63,09%
14	81,16	107,50	25%	161,31	187,65	14,04%
15	-	172,00	100%	82,50	254,50	67,58%
16	113,62	150,50	25%	183,32	220,20	16,75%
17	12,99	107,50	88%	89,99	184,50	51,23%
18	3,58	193,50	98%	144,62	334,54	56,77%
19	120,44	193,50	38%	181,79	254,85	28,67%
20	-	86,00	100%	137,09	223,09	38,55%
21	44,10	172,00	74%	132,05	259,95	49,20%
22	3,31	107,50	97%	102,56	206,74	50,39%
23	2,39	129,00	98%	81,94	208,55	60,71%
24	1,33	43,00	97%	89,68	131,35	31,73%
25	2,65	86,00	97%	98,69	182,04	45,79%
26	48,69	107,50	55%	159,49	218,30	26,94%
27	1,99	107,50	98%	124,38	229,89	45,90%
28	32,46	64,50	50%	101,61	133,64	23,97%
29	16,23	107,50	85%	133,72	224,99	40,57%
30	34,19	129,00	74%	176,02	270,84	35,01%
<b>MÉDIA</b>	<b>26,37</b>	<b>121,12</b>	<b>79%</b>	<b>126,44</b>	<b>221,19</b>	<b>41,45%</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Outra casa que apresentou uma diferença bastante significativa foi à habitação de número 14, em que o consumo estimado se mostrou bem acima do real, cerca de 46%. Tal resultado pode ser explicado por um possível aumento no número de moradores da casa nos últimos meses, em razão de um aumento repentino no consumo energético da habitação, que nos meses anteriores vinha apresentando certa uniformidade. Outra possibilidade é a de que o grau de utilização do aquecedor solar apontado em entrevista seja consideravelmente diferente do real, já que o morador da respectiva casa revelou em entrevista não utilizar o aquecedor solar em sua residência.

Mas as diferenças entre os consumos não apresentaram apenas valores superestimados. A casa de número 18, por exemplo, apresentou um consumo estimado cerca de 46% abaixo do real. Tal diferença pode ser explicada muito provavelmente pelo mesmo motivo da habitação anterior: a utilização do aquecedor solar relatada em entrevista apresentar-se significativamente diferente da utilização real. Esta possibilidade é cabível não só a habitação de número 14 e 18, mas sim a todas as 30 habitações entrevistadas, que por ventura apresentaram grandes diferenças entre o consumo médio de energia estimado e o real.

Quanto à economia, observa-se que, para uma mesma habitação, o consumo de energia com o aquecimento da água através da utilização dos aquecedores solares representa em média quase 1/5 do mesmo consumo sem a utilização de tais aquecedores.

De acordo com a fabricante do aquecedor, “O aquecedor solar de água equivale a cerca de 2% do valor médio de uma unidade habitacional e proporciona uma economia média de 40% na conta de luz mensal das famílias beneficiadas, conforme seus hábitos de consumo.” (trabalho não publicado<sup>12</sup>). Ao se estimar o consumo de energia total destas habitações, percebe-se uma economia média de 41,45% entre a projeção de consumo com e sem a utilização do aquecedor solar, valor muito próximo do especificado pelo fabricante.

### **7.2.2 Análise sobre valores reais**

Na análise sobre os valores reais de consumo energético das habitações com o aquecedor e sem o aquecedor, simplesmente compararam-se os valores médios das contas de energia entre as casas dos loteamentos A e B. Pelo fato de o Loteamento A possuir mais meses com registros de consumo, decidiu-se pela comparação apenas dos meses em comum entre os dois loteamentos, no caso os meses de agosto e setembro. A tabela 11 apresenta um resumo dos consumos médios de energia das habitações dos dois loteamentos.

---

<sup>12</sup> Dados fornecidos pela empresa fabricante do aquecedor.



Tabela 11 – Economia de energia real entre os loteamentos A e B

<b>CONSUMO REAL LOTEAMENTO A e B</b>			
LOT. A CASA Nº	CONSUMO MÉDIO MÊS SET. e OUT. LOT. A (kW.h/mês)	LOT. B CASA Nº	CONSUMO MÉDIO MÊS SET. e OUT. LOT. B (kW.h/mês)
1	44,00	1	172,00
2	32,00	2	93,50
3	75,50	3	138,00
4	194,50	4	126,50
5	180,50	5	115,00
6	168,50	6	121,00
7	173,50	7	175,00
8	118,00	8	172,50
9	181,50	9	312,00
10	87,50	10	350,00
11	92,50	11	314,50
12	159,50	12	174,00
13	228,00	13	117,00
14	165,00	14	264,00
15	104,00	15	271,50
16	194,00	-	-
17	85,00	-	-
18	270,50	-	-
19	160,00	-	-
20	133,50	-	-
21	170,00	-	-
22	75,00	-	-
23	94,00	-	-
24	48,00	-	-
25	108,50	-	-
26	148,00	-	-
27	131,00	-	-
28	58,50	-	-
29	112,50	-	-
30	210,00	-	-
<b>MÉDIA</b>	<b>133,43</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>194,43</b>
<b>ECONOMIA MÉDIA</b>			
<b>31,37%</b>			

(fonte: elaborado pelo autor)

Nota-se através da tabela 11 que na análise de economia sobre os valores reais dos consumos médios de energia das casas, a economia gerada foi de aproximadamente 31,37%, valor consideravelmente menor que o obtido pela análise estimada.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem por objetivo apresentar considerações quanto aos resultados de pesquisa analisados. Pode-se observar que o consumo energético das moradias analisadas apresentou grande variabilidade de uma casa para outra. Tais resultados comprovam que o consumo energético de uma residência depende muito mais dos hábitos de consumo de seus moradores do que propriamente das suas características construtivas e do número de moradores da mesma.

Quanto a análise do aquecedor solar instalado nas habitações, viu-se que o modelo apresenta valores de dimensionamento acima do mínimo recomendado para habitações de 2 dormitórios. Também foi verificado que a placa coletora apresenta dimensão apropriada para uma média de até 6 banhos diários, enquanto o reservatório térmico para até 8 banhos diários. De acordo com a pesquisa realizada a média de banhos por habitação nos Loteamento A foi de aproximadamente 5,6. Tal resultado demonstra o adequado dimensionamento do sistema para o valor médio, porém, teoricamente insuficiente para uma parcela de aproximadamente 33% das habitações entrevistadas que responderam tomar uma quantidade média de banhos maior do que 6.

Em relação à economia de energia gerada pela utilização do sistema solar de aquecimento da água, observou-se que para as duas formas de análise, o sistema se mostrou eficiente, gerando economias significativas para seus usuários. No primeiro tipo de análise, em que os valores de consumo foram estimados de acordo com as respostas dos próprios moradores, a economia de energia média das habitações apresentou um valor muito parecido com o valor especificado pela fabricante do equipamento. Já no segundo tipo de análise, em que foram comparados os valores médios de consumo energético entre as habitações do Loteamento A e B, a economia de energia média verificada foi de aproximadamente 31%.

A diferença entre os dois valores de economia analisados é de aproximadamente 25%. Tal diferença pode ser decorrente simplesmente da variabilidade apresentada entre os procedimentos de análise, ou também pode ter relação com os diferentes períodos analisados nos dois procedimentos. No primeiro procedimento, foram analisados os consumos médios do mês de fevereiro até o mês de setembro. Já no segundo, os dados de consumo analisados eram

referentes apenas aos meses de agosto e setembro, período considerado teoricamente mais crítico para o funcionamento dos aquecedores solares, em função da grande quantidade de dias frios e chuvosos.

Outra possível justificativa seria em razão de que, no primeiro procedimento de análise, as estimativas de consumo foram realizadas sobre as informações procedentes dos próprios usuários, o que de certa forma não garante a veracidade completa dos fatos, uma vez que o mesmo usuário pode ter fornecido informações não condizentes com a realidade no momento da entrevista, por diversos motivos, como por exemplo, constrangimento, aproximação incorreta de valores, imprecisão dos fatos, etc.

Como parâmetro, o estudo realizado no município de Contagem pela Eletrobrás em parceria com a PUC de Minas Gerais, citado no anteriormente no desenvolvimento do trabalho, apresentou valores de até 44% de economia de energia. O estudo comparou o consumo médio de energia elétrica entre habitações de interesse social que possuíam um sistema de aquecimento solar da água e que não possuíam. O maior percentual de economia atingido pelas moradias deste estudo em Minas Gerais pode ter relação com o clima da região, mais favorável ao melhor desempenho dos aquecedores solares.

Com relação ao investimento financeiro sobre os aquecedores solares, pode-se dizer que representa uma parcela de aproximadamente 3,22% do custo total de construção das moradias. Tal parcela pôde ser estimada, visto que, segundo o orçamento disponibilizado pela empresa construtora, o custo direto total para a construção das 144 unidades habitacionais gira em torno de R\$ 6.706.359,00, cerca de R\$ 46.571 por casa, e que o custo direto total dos equipamentos de aquecimento solar da água gira em torno de R\$ 216.000,00, cerca de R\$ 1.500,00 por equipamento. O percentual obtido está acima do estimado pela fabricante do equipamento, já que a mesma informa que o preço dos aquecedores representa cerca de 2% do custo total de uma obra residencial popular.

Considerando uma tarifa média de R\$ 0,24/kWh cobrada pela concessionária, um consumo médio de 131 kWh/mês e uma economia média de energia de 40%, a economia financeira a ser gerada para estas famílias seria de R\$ 12,50/mês. Projetando estes valores para um ano, a economia gerada seria de R\$ 150,00/ano, cerca de ¼ do salário mínimo atual. Comparando estes valores com o preço do aquecedor, cerca de R\$ 1.500,00, se obtêm um período de retorno de aproximadamente 10 anos.

Fazendo a mesma projeção para uma economia média de 30%, pode ser alcançada uma economia financeira de R\$ 9,50/mês e R\$ 114,00/ano. Comparando estes valores com o preço do aquecedor, se obtêm um período de retorno de aproximadamente 13 anos e 2 meses.

Analisando-se os períodos de retorno obtidos, constata-se que o abatimento do investimento financeiro inicial deverá acontecer em longo prazo, o que pode de alguma maneira inibir ou desestimular a decisão pela utilização destes sistemas de aquecimento. Uma alternativa de solução a este problema poderia ser a adoção de medidas governamentais em incentivos fiscais nos processos de fabricação e venda destes equipamentos, viabilizando desta forma a obtenção de períodos de retorno mais imediatos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15569**: sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n. 10.295**, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/L10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/L10295.htm)>. Acesso em: 17 jun. 2013. Acesso em: 28 out. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. **Consumo sustentável**: manual de educação. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/og/pog/arqs/consumo\\_sustentavel.pdf](http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/og/pog/arqs/consumo_sustentavel.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2013.

COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (Rio Grande do Sul). **Regulamento de instalações consumidoras**. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <[http://www.cee.com.br/pportal/cee/Archives/Upload/RIC\\_BT\\_2012\\_Vers%C3%A3o\\_1.4%20\\_J\\_correto\\_27355.pdf](http://www.cee.com.br/pportal/cee/Archives/Upload/RIC_BT_2012_Vers%C3%A3o_1.4%20_J_correto_27355.pdf)>. Acesso em: 28 out. 2013.

CUNHA, E. G. (Org.). **Elementos de arquitetura de climatização natural**. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006.

GOOGLE MAPS. 2013. Disponível em: <[https://maps.google.com.br/maps?q=canoas&ie=UTF-8&ei=F5-cUsndF-qwsATr14GoBA&ved=0CAgQ\\_AUoAg](https://maps.google.com.br/maps?q=canoas&ie=UTF-8&ei=F5-cUsndF-qwsATr14GoBA&ved=0CAgQ_AUoAg)>. Acesso em: 28 out. 2013.

HANSEN, A. M. D. **Padrões de consumo de energia elétrica em diferentes tipologias de edificações residenciais, em Porto Alegre**. 2000. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações automáticas**: gráficos. [Brasília], 2013. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf)>, <Estação: Porto Alegre>. Acesso em: 30 out. 2013.

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. (Coord.). **Selo casa azul**: boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: Caixa Econômica Federal, 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 2. ed. rev. São Paulo: Prolivros, 2004.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O (Ed.). **Casa eficiente**: consumo e geração de energia. Florianópolis: UFSC/LABEEE, 2010. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente\\_vol\\_II\\_WEB.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_II_WEB.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2013.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A. **Levantamento do estado da arte: energia**. São Paulo: [s. n.], 2007. Disponível em: <[http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-\\_energia.pdf](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-_energia.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2013.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tabela de estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos de acordo com um uso hipotético**. [Brasília], [2013]. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/main.asp?TeamID=%7B32B00ABC-E2F7-46E6-A325-1C929B14269F%7D>>. Acesso em: 28 out. 2013.

REDE BRASIL DE CAPACITAÇÃO EM AQUECIMENTO SOLAR. **Noções iniciais sobre o aquecimento solar**. [São Paulo], [2006]. Disponível em: <<http://www.mesasolar.org.uy/archivos/Noco.es.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2013.

REPPENSE CONSULTORIA ORGANIZACIONAL. **Trabalho técnico social: reassentamento das famílias atingidas pela BR 448**. Canoas, 2013.

ROMÉRO, M. A.; REIS, L. B. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri/SP: Manole, 2012. Série sustentabilidade.

## **APÊNDICE A – Formulário de pesquisa aplicado nas entrevistas**

## QUESTÕES DE PESQUISA

### CASA Nº

#### IDENTIFICAÇÃO

- 2 Sexo da pessoa entrevistada  
 Masc.  Femin.
- 3 Quantas pessoas moram na casa?
- 4 Quantas crianças?

#### AQUECEDOR SOLAR

- 6 Quantos banhos, em média, são tomados em sua casa por dia?
- 7 A água quente proveniente do aquecedor solar consegue ser suficiente para o banho de todos?
- a  Sim, nunca usamos chuveiro elétrico
- b  As vezes, alguns dias temos que utilizar o chuveiro elétrico
- c  Não, todos os dias precisamos usar o chuveiro elétrico
- 8 Se b ou c, porque?
- Temper. insuficiente  Outro
- b.1 Em que ocasião a água do aquecedor solar não é suficiente para todos os banhos?
- Só em dias nublados  Só em dias frios  Só em dias frios ou dias nublados
- Só em dias frios e nublados  Outro
- b.2 Quantos banhos, em média, são tomados com a utilização do chuveiro elétrico nestas ocasiões (dias críticos)?
- b.2 Qual posição média da chave de resistência do chuveiro elétrico, utilizado nestas ocasiões ?
- Quente  Morno  Outro
- c.1 Quantos banhos, em média, são tomados com a utilização do chuveiro elétrico nos dias normais?
- c.2 Qual posição média da chave de resistência do chuveiro elétrico?
- Quente  Morno  Outro
- c.2 Existe alguma ocasião em que ocorra alteração no número de banhos com a utilização do aquecedor?
- Só em dias nublados  Só em dias frios  Só em dias frios ou dias nublados
- Só em dias frios e nublados  Não existe  Outro
- c.3 Quantos banhos, em média, são tomados com a utilização do chuveiro elétrico nestas ocasiões (dias críticos)?
- c.4 Qual posição média da chave de resistência do chuveiro elétrico ?
- Quente  Morno  Outro

MÊS	CONSUMO LUZ
Fevereiro	
Março	
Abril	
Maio	
Junho	
Julho	
Agosto	
Setembro	
Outubro	

MÉDIA CONSUMO ÁGUA

APARELHOS	
geladeira	
geladeira c/ freezer	
forno microondas	
liquidificador	
batedeira	
cafeteira	
torradeira	
espremedor de frutas	
tanquinho de lavar roupas	
centrifuga de roupas	
lavadora de roupas	
ferro de passar roupas	
aspirador de pó	
chuveiro elétrico	
secador de cabelos	
televisor	
dvd	
aparelho de som	
video game	
computador/ notebook	
ventilador	



## **APÊNDICE B – Consumo de energia com o aquecimento da água**

CASA Nº	OCASIÃO DE DIA CRÍTICO	CONSUMO ENERGIA BANHO (kW.h/mês)												CONSUMO MÉDIO (kW.h/mês)												
		FEVEREIRO			MARÇO			ABRIL			MAIO				JUNHO			JULHO			AGOSTO			SETEMBRO		
		Nº DIAS CRÍTICOS	Nº DIAS NORMAIS	CONSUMO TOTAL	Nº DIAS CRÍTICOS	Nº DIAS NORMAIS	CONSUMO TOTAL	Nº DIAS CRÍTICOS	Nº DIAS NORMAIS	CONSUMO TOTAL	Nº DIAS CRÍTICOS	Nº DIAS NORMAIS	CONSUMO TOTAL		Nº DIAS CRÍTICOS	Nº DIAS NORMAIS	CONSUMO TOTAL	Nº DIAS CRÍTICOS	Nº DIAS NORMAIS	CONSUMO TOTAL	Nº DIAS CRÍTICOS	Nº DIAS NORMAIS	CONSUMO TOTAL	Nº DIAS CRÍTICOS	Nº DIAS NORMAIS	CONSUMO TOTAL
1		31	-	31	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	31	0	0	31	0	0	0,00	
2		31	-	31	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	31	0	0	31	0	0	0,00	
3	FeN	0	31	-	0	31	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	1,06	5	26	5,3	0	30	0,80	
4	N	0	31	-	3	28	13,14	1	29	4,38	7	24	30,66	13	17	56,94	6	25	26,28	11	20	48,18	8	22	35,04	
5	N	0	31	-	3	28	11,13	1	29	3,71	7	24	25,97	13	17	48,23	6	25	22,26	11	20	40,81	8	22	29,68	
6		31	65,72	31	65,72	30	63,6	30	63,6	30	63,6	30	63,6	30	63,6	30	63,6	31	65,72	31	65,72	30	63,6	64,93		
7	N	0	31	-	3	28	8,76	1	29	2,92	7	24	20,44	13	17	37,96	6	25	17,52	11	20	32,12	8	22	23,36	
8	N	0	31	-	3	28	12,72	1	29	4,24	7	24	29,68	13	17	55,12	6	25	25,44	11	20	46,64	8	22	33,92	
9	N	0	31	-	3	28	17,52	1	29	5,84	7	24	40,88	13	17	75,92	6	25	35,04	11	20	64,24	8	22	46,72	
10	N	0	31	-	3	28	7,95	1	29	2,65	7	24	18,55	13	17	34,45	6	25	15,9	11	20	29,15	8	22	21,20	
11	N	0	31	-	3	28	8,76	1	29	2,92	7	24	20,44	13	17	37,96	6	25	17,52	11	20	32,12	8	22	23,36	
12	N	0	31	-	3	28	18,9	1	29	6,3	7	24	44,1	13	17	81,9	6	25	37,8	11	20	69,3	8	22	50,40	
13	FeN	0	31	-	0	31	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	5,83	5	26	29,15	0	30	4,37	
14		31	82,15	31	82,15	30	79,5	30	79,5	31	82,15	30	79,5	30	79,5	30	79,5	31	82,15	31	82,15	30	79,5	81,16		
15		31	-	31	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0,00	
16		31	115,01	31	115,01	30	111,3	30	111,3	31	115,01	30	111,3	30	111,3	30	111,3	31	115,01	31	115,01	30	111,30	113,62		
17	N	0	31	-	3	28	6,36	1	29	2,12	7	24	14,84	13	17	27,56	6	25	12,72	11	20	23,32	8	22	16,96	
18	FeN	0	31	-	0	31	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	4,77	5	26	23,85	0	30	3,58	
19	F	0	31	147,87	0	31	147,87	0	30	143,1	6	25	119,25	5	25	119,25	15	16	76,32	13	18	85,86	4	26	124,02	
20		31	-	31	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0,00	
21	N	0	31	-	3	28	21,6	1	29	7,2	7	24	50,4	13	17	93,6	6	25	43,2	11	20	79,2	8	22	57,60	
22	3N	0	31	-	0	31	0	0	0	0	1	30	2,65	2	28	5,3	0	30	0	4	27	10,6	3	27	7,95	
23	FeN	0	31	-	0	31	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	3,18	5	26	15,9	0	30	2,39	
24	3N	0	31	-	0	31	0	0	0	0	1	30	1,06	2	28	2,12	0	30	0	4	27	4,24	3	27	3,18	
25	3N	0	31	-	0	31	0	0	0	0	1	30	2,12	2	28	4,24	0	30	0	4	27	8,48	3	27	6,36	
26		31	49,29	31	49,29	30	47,7	30	47,7	30	47,7	30	47,7	30	47,7	30	47,7	31	49,29	31	49,29	30	47,70	48,69		
27	FeN	0	31	-	0	31	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	2,65	5	26	13,25	0	30	1,99	
28		31	32,86	31	32,86	30	31,8	30	31,8	31	32,86	30	31,8	30	31,8	30	31,8	31	32,86	31	32,86	30	31,80	32,46		
29	N	0	31	-	3	28	7,95	1	29	2,65	7	24	18,55	13	17	34,45	6	25	15,9	11	20	29,15	8	22	21,20	
30	FouN	0	31	-	3	28	9,54	1	29	3,18	13	18	41,34	18	12	57,24	18	11	63,6	19	12	60,42	12	18	34,19	

**CONSUMO DE ENERGIA COM AQUECIMENTO DA  
ÁGUA – LOTEAMENTO B**

CASA	Nº MORAD.	Nº BANHOS/DIA	CONSUMO BANHO (kWh/banho)	CONSUMO DIÁRIO (KWh/dia)	CONSUMO MENSAL (KWh/mês)
1	9	7	0,53	3,71	111,30
2	5	3	0,53	1,59	47,70
3	5	5	0,53	2,65	79,50
4	7	5	0,53	2,65	79,50
5	9	9	0,53	4,77	143,10
6	3	3	0,53	1,59	47,70
7	4	4	0,53	2,12	63,60
8	5	5	0,53	2,65	79,50
9	5	5	0,73	3,65	109,50
10	5	7	0,73	5,11	153,30
11	4	6	0,73	4,38	131,40
12	3	3	0,73	2,19	65,70
13	3	3	0,53	1,59	47,70
14	7	7	0,53	3,71	111,30
15	7	7	0,53	3,71	111,30

**APÊNDICE C – Posse de eletrodomésticos por habitação  
(Loteamentos A e B)**

**POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS DAS MORADIAS DO LOTEAMENTO A**

ITEM	POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS	MORADIA																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	geladeira	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	geladeira c/ freezer																															
3	freezer																															
4	forno microondas																															
5	liquidificador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	batedeira	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	cafeteira																															
8	torradeira	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	espremedor de frutas																															
10	tanquinho de lavar roupas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
11	centrifuga de roupas																															
12	lavadora de roupas																															
13	ferro de passar roupas																															
14	aspirador de pó	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
15	secador de cabelos																															
16	televisor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
17	dvd	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
18	aparelho de som	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
19	video game																															
20	computador/ notebook																															
21	ventilador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
24	lâmpadas incandescentes																															
24	lâmpadas fluorescentes	5	5	5	1	3	6	2	5	3	5	4	2	4	1	3	5	5	1	5	1	5	3	5	5	5	5	4	4	2	2	

POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS DAS MORADIAS DO LOTEAMENTO B																
ITEM	POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS	MORADIA														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	geladeira	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	
2	geladeira c/ freezer						1					1				1
3	freezer									1						
4	forno microondas					1					1	1	1	1	1	1
5	liquidificador	1	1	1		1		1		1	1			1		1
6	batedeira	1		1		1		1	1	1	1				1	1
7	cafeteira					1				1	1			1		
8	torradeira	1		1		1		1		1	1					
9	espremedor de frutas	1								1						
10	tanquinho de lavar roupas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1
11	centrífuga de roupas	1	1	1	1	1	1			1				1		1
12	lavadora de roupas											1	1		1	
13	ferro de passar roupas	1								1	1					
14	aspirador de pó									1						
15	secador de cabelos			1				1		1						
16	televisor	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	3
17	dvd	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1		1
18	aparelho de som	1		1		1	1			1					1	
19	video game		1	1												
20	computador/ notebook	1						1								
21	ventilador	1	1	1		1			1	2	1			1	1	1
24	lâmpadas incandescentes					1		4	5	5	5	3	4	2	4	4
24	lâmpadas fluorescentes	6	4	3	6	4	4	2				2		3	2	2

**APÊNDICE D – Planilhas de estimativa do consumo energético das  
habitações por uso final**

**CONSUMO DE ENERGIA POR USO FINAL LOTEAMENTO A (Kw.h/mês)**

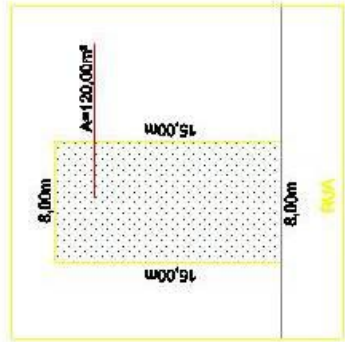
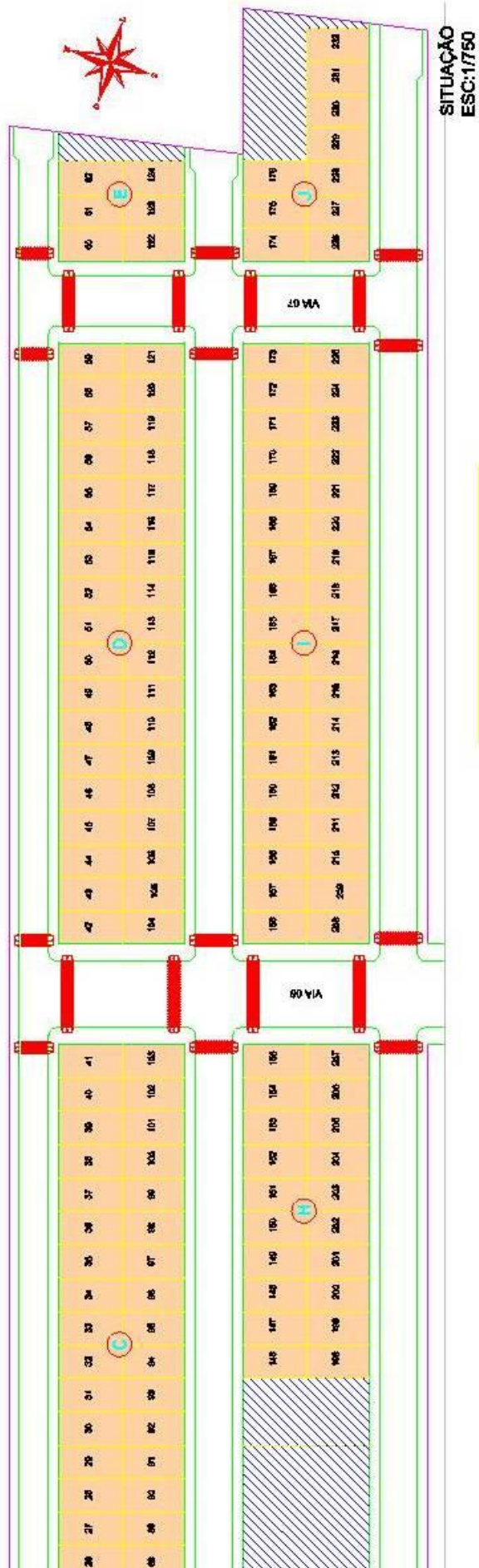
ITEM	ELETRODOMÉSTICOS	CONSUMO MÉDIO MENSAL POR CASA (ESTIMADO)																														MÉDIA	PESO ITEM	MÉDIA CORRIG.		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
1	geladeira	30,00	30,00	-	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	20,00	15,82%	20,84		
2	geladeira c/freezer	-	-	55,00	-	-	-	-	55,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55,00	-	55,00	-	55,00	-	55,00	-	55,00	-	55,00	20,17	15,95%	21,01		
3	freezer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00%	-		
4	forno microondas	-	-	6,50	-	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	3,47	2,74%	3,61			
5	liquidificador	0,05	-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03%	0,04			
6	batedeira	-	-	0,30	-	0,30	-	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,10	0,08%	0,10				
8	cafeteira	-	-	-	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,37	0,29%	0,38				
9	torradeira	-	-	2,00	-	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,20	0,95%	1,25			
7	espremedor de frutas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00%	0,00		
8	tanquinho de lavar roupas	2,40	-	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,00	1,58%	2,08		
9	centrifuga de roupas	-	-	-	-	1,20	-	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	0,52	0,41%	0,54			
10	lavadora de roupas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	0,11%	0,14	
11	ferro de passar roupas	-	-	-	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,23	0,18%	0,24			
12	aspirador de pó	-	-	0,13	-	-	-	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,02	0,02%	0,02			
13	secador de cabelos	-	-	-	-	2,00	-	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,47	0,37%	0,49			
14	televisor	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	21,00	16,61%	21,88		
15	dvd	-	-	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,14	0,11%	0,15			
16	aparelho de som	-	-	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,85	0,67%	0,89			
17	video game	-	-	-	-	0,21	-	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,06	0,04%	0,06				
18	computador/ notebook	-	-	-	-	4,80	-	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	1,44	1,14%	1,50			
19	ventilador	1,95	-	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,54%	2,03	
23	lâmpadas incandescentes	-	-	-	-	48,00	-	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	17,20	13,60%	17,92			
22	lâmpadas fluorescentes	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	9,60	7,90%	9,09
24	chuveiro elétrico	0,00	0,00	0,80	26,83	22,72	64,93	17,89	25,97	35,77	16,23	17,89	38,59	4,37	81,16	0,00	113,62	12,99	3,58	120,44	0,00	44,10	3,31	2,39	1,33	2,65	48,69	1,99	32,46	16,23	34,19	26,37	20,85%	27,47		
TOTAL ESTIMADO		61,40	57,00	97,87	152,58	160,57	165,58	144,83	102,76	155,51	86,83	158,53	133,28	135,82	161,31	82,50	183,32	89,99	144,62	181,79	137,09	132,05	102,56	81,94	89,68	98,69	159,49	124,38	101,61	133,72	176,02	126,44	100%	131,74		
TOTAL REAL		55,86	32,50	73,00	177,75	158,75	168,00	168,25	110,88	188,13	85,29	194,86	162,14	208,63	110,33	89,50	158,17	81,50	268,00	152,43	119,71	144,63	92,63	91,00	89,38	106,00	143,63	130,75	77,71	120,71	195,00	131,74				
DIFERENÇA PERCENTUAL		10%	75%	34%	-14%	1%	-1%	-14%	-7%	-17%	2%	-19%	-18%	-35%	46%	-8%	16%	10%	-46%	19%	15%	-7%	11%	-10%	0%	-7%	11%	-5%	31%	11%	-10%	-4%				



**CONSUMO DE ENERGIA POR USO FINAL LOTEAMENTO B (Kw.h/mês)**

ITEM	ELETRODOMÉSTICOS	CONSUMO MÉDIO MENSAL POR CASA															MÉDIA	PESO ITEM	MÉDIA CORRIG.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	geladeira	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	-	24,00	12,11%	23,54
2	geladeira c/ freezer	-	-	-	-	55,00	-	-	-	-	55,00	-	-	-	-	-	55,00	5,55%	10,79
3	freezer	-	-	-	-	-	-	-	50,00	-	-	-	-	-	-	-	3,33	1,68%	3,27
4	forno microondas	-	-	-	-	6,50	-	-	-	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	3,03	1,53%	2,98
5	liquidificador	0,05	0,05	0,05	-	0,05	-	0,05	-	0,05	0,05	-	0,05	-	0,05	-	0,03	0,02%	0,03
6	batedeira	0,30	-	0,30	-	0,30	-	0,30	0,30	0,30	0,30	-	-	0,30	0,30	0,18	0,09%	0,18	
7	cafeteira	-	-	-	-	1,00	-	-	1,00	1,00	-	-	1,00	-	-	-	0,27	0,13%	0,26
8	torradeira	2,00	-	2,00	-	2,00	-	2,00	-	2,00	2,00	-	-	-	-	-	0,80	0,40%	0,78
9	espremedor de frutas	0,04	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,00%	0,01
10	tanquinho de lavar roupas	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	-	-	-	2,40	1,76	0,89%	1,73	
11	centrifuga de roupas	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	-	-	1,20	-	-	-	1,20	-	-	1,20	0,72	0,36%	0,71
12	lavadora de roupas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,00	4,00	-	-	4,00	-	0,80	0,40%	0,78
13	ferro de passar roupas	1,00	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	0,20	0,10%	0,20
14	aspirador de pó	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,00%	0,01
15	secador de cabelos	-	-	2,00	-	-	-	2,00	-	2,00	-	-	-	-	-	-	0,40	0,20%	0,39
16	televisor	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	21,00	10,59%	20,60
17	dvd	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	-	0,24	0,24	0,24	-	0,24	-	0,24	-	0,18	0,09%	0,17
18	aparelho de som	1,50	-	1,50	-	1,50	-	-	1,50	-	-	-	-	1,50	-	-	0,60	0,30%	0,59
19	video game	-	0,21	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,01%	0,03
20	computador/ notebook	4,80	-	-	-	-	-	4,80	-	-	-	-	-	-	-	-	0,64	0,32%	0,63
21	ventilador	1,95	1,95	1,95	-	1,95	-	-	1,95	3,90	1,95	-	-	1,95	1,95	1,95	1,43	0,72%	1,40
24	lâmpadas incandescentes	-	-	-	-	12,00	-	48,00	60,00	60,00	60,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	29,60	14,93%	29,03
24	lâmpadas fluorescentes	14,40	9,60	7,20	14,40	9,60	9,60	4,80	-	-	-	-	7,20	4,80	4,80	4,80	6,08	3,07%	5,96
25	chuveiro elétrico	111,30	47,70	79,50	79,50	143,10	47,70	63,60	79,50	109,50	153,30	131,40	65,70	47,70	111,30	111,30	92,14	46,48%	90,37
	<b>TOTAL ESTIMADO</b>	<b>186,19</b>	<b>108,35</b>	<b>143,55</b>	<b>142,74</b>	<b>226,84</b>	<b>147,64</b>	<b>173,19</b>	<b>189,15</b>	<b>295,27</b>	<b>288,74</b>	<b>252,70</b>	<b>169,20</b>	<b>134,84</b>	<b>238,35</b>	<b>276,74</b>	<b>198,23</b>	<b>100%</b>	<b>194,43</b>
	<b>TOTAL REAL</b>	<b>172,00</b>	<b>93,50</b>	<b>138,00</b>	<b>126,50</b>	<b>115,00</b>	<b>121,00</b>	<b>175,00</b>	<b>172,50</b>	<b>312,00</b>	<b>350,00</b>	<b>314,50</b>	<b>174,00</b>	<b>117,00</b>	<b>264,00</b>	<b>271,50</b>	<b>194,43</b>		
	<b>DIFERENÇA PERCENTUAL</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>	<b>4%</b>	<b>13%</b>	<b>97%</b>	<b>22%</b>	<b>-1%</b>	<b>10%</b>	<b>-5%</b>	<b>-18%</b>	<b>-20%</b>	<b>-3%</b>	<b>15%</b>	<b>-10%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>		

**APÊNDICE E – Planta de locação das unidades habitacionais no terreno**



LEGENDA:  
ALINHAMENTO PARA TODOS OS  
LOTES INDICADOS NA COR

DIMENSÃO PARA TODOS LOTES  
ESC:1/250

