

PREFÁCIO

A população de baixa renda no Brasil teve nos últimos dez anos sua renda elevada, havendo assim uma melhoria nos níveis de equidade social e econômica no país. Apesar dos benefícios trazidos à população, estes avanços têm repercutido em um impacto ambiental de grandes dimensões decorrentes da adoção de estilos de vida com padrões de consumo mais elevados. De fato, o provimento de sistemas de tratamento de esgoto, a produção e distribuição de energia, o provimento de água potável e a própria construção da habitação, têm impactos ambientais elevados que podem ser mitigados mas dificilmente eliminados. Neste contexto, o desafio que se coloca aos pesquisadores é o desenvolvimento de soluções que melhorem a qualidade de vida da população de baixa renda, sem que haja o correspondente impacto ambiental observado nos produtos e serviços convencionais. Em outras palavras, necessita-se de inovação que possibilite um consumo sustentável por parte do consumidor emergente.

Para que tal objetivo possa ser atingido, não basta meramente o provimento de uma nova tecnologia, desprovida de conexão com a efetiva realidade e cultura presente entre os moradores da habitação de interesse social. É preciso o profundo entendimento da dinâmica dos hábitos de consumo atuais para determinar soluções com maior probabilidade de integração no dia-a-dia desta população.

Desta forma, o trabalho “Uso Racional de Água e Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social”, convênio Nº 01.10.0507.00 firmado entre a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e a Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina (FEESC), teve por objetivo geral formar uma rede de pesquisa para desenvolver tecnologias inovadoras para uso racional de água, geração de energia renovável e aumento da eficiência energética em habitações de interesse social. A rede foi coordenada pelo Prof. Enedir Ghisi, da USFC, e o trabalho foi executado pelas seguintes instituições:

- Universidade Federal de Santa Catarina, Depto de Engenharia Civil – UFSC;
- Universidade Federal de Santa Catarina, Depto de Engenharia Mecânica – UFSC;
- Universidade Federal do Espírito Santo, Depto de Engenharia Ambiental – UFES;
- Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Depto de Hidráulica e Transportes – UFMS;
- Universidade Federal de Sergipe, Depto de Engenharia Química – UFS;
- Universidade Federal do Paraná, Depto de Design – UFPR;
- Universidade Federal da Bahia, Depto de Engenharia Ambiental – UFBA;
- Universidade Federal de Pelotas, Depto de Engenharia Civil – UFPEL;
- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Depto de Engenharia Mecânica – UNISINOS.

Os estudos realizados pelo Departamento de Engenharia Civil da Univeridade Federal de Santa Catarina foram divididos em três volumes:

- Volume 1: Hábitos e indicadores de consumo de água e energia;
- Volume 2: Uso de fontes alternativas de água;
- Volume 3: Eficiência energética.

SUMÁRIO

Resumo.....	1
1. Levantamentos de dados em campo.....	2
1.1. Introdução.....	2
1.2. Objetivo.....	2
1.3. Método.....	2
1.3.1. Delimitação do objeto de estudo.....	3
1.3.2. Levantamento dos dados socioeconômicos.....	4
1.3.3. Levantamento dos dados referentes à forma das habitações.....	4
1.3.4. Levantamento dos materiais construtivos das habitações.....	5
1.3.5. Levantamento da potência instalada em iluminação e equipamentos.....	7
1.3.6. Levantamento do padrão de ocupação, operação de aberturas e uso de equipamentos.....	9
1.4. Resultados.....	10
1.4.1. Delimitação do objeto de estudo.....	10
1.4.2. Dados socioeconômicos.....	10
1.4.3. Dados referentes à forma das edificações.....	13
1.4.4. Dados dos materiais que compõem as edificações.....	19
2. Rotinas de ocupação e operação de aberturas.....	25
2.1. Introdução.....	25
2.2. Objetivo.....	25
2.3. Método.....	25
2.3.1. Tratamento das rotinas de ocupação, operação de aberturas.....	26
2.3.2. Rotinas anuais.....	28
2.4. Resultados.....	28
2.4.1. Rotinas de ocupação.....	28
2.4.2. Rotinas de operação de aberturas.....	32
3. Usos finais de energia.....	35
3.1. Introdução.....	35
3.2. Objetivo.....	36
3.3. Método.....	36
3.3.1. Coleta de dados.....	36
3.3.2. Tratamento de dados.....	38
3.3.3. Análise de dados.....	40
3.4. Resultados.....	41
3.4.1. Rotinas de uso dos equipamentos.....	41

3.4.2. Usos finais de eletricidade	46
3.5. Considerações finais sobre usos finais de eletricidade	48
4. Usos finais de água	49
4.1. Introdução	49
4.2. Objetivo	50
4.3. Método	50
4.3.1. Análise socioeconômica.....	50
4.3.2. Caracterização dos usos finais de água por questionários	51
4.3.3. Caracterização dos usos finais de água por <i>data loggers</i>	52
4.4. Resultados.....	53
4.4.1. Características socioeconômicas das famílias	53
4.4.2. Aparelhos sanitários existentes	54
4.4.3. Padrão de consumo de água	55
4.4.4. Usos finais de água por questionários.....	56
4.4.5. Usos finais de água por <i>data loggers</i>	59
4.5. Considerações finais sobre usos finais de água	61
Referências	63
Apêndice A	66
Apêndice B.....	74
Apêndice C.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de referência da refletância do papel <i>Ripax</i> para cada faixa de cor.	7
Tabela 2 - Medidas estatísticas das áreas.....	19
Tabela 3 – Fração de uso e consumo de energia elétrica para os equipamentos para cada ambiente das habitações e para cada horário do dia.	45
Tabela 4 – Fração de uso e consumo de energia elétrica para a iluminação para cada ambiente das habitações e para cada horário do dia.	46
Tabela 5 - Usos finais de eletricidade com intervalo de confiança de 90% para a mediana.	47
Tabela 6 – Densidade de potência média instalada com equipamentos e iluminação por ambiente, com intervalos de 90% de confiabilidade.	48
Tabela 7 – Vazão de água dos aparelhos sanitários.	56
Tabela 8 – Consumo de água por ciclo em aparelhos sanitários.	57
Tabela 9 – Consumo médio de água per capita, limite inferior e superior por uso final.	57
Tabela 10 – Consumo médio diário de água por habitação, limite inferior e superior por uso final.	58
Tabela 11 – Usos finais de água médios, limites inferiores e superiores com 90% de confiabilidade.	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Equipamentos utilizados para medição de energia.	9
Quadro 2 – Rotinas anuais de cargas internas e uso e ocupação.	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização de Florianópolis.	3
Figura 2 – Regiões onde foram realizados os levantamentos: (a) Norte da ilha. (b) Foz do Rio. (c) Centro. (d) Jardim El Dourado. (e) Jardim Aquárius.....	4
Figura 3 - Espectrômetro ALTA II.	6
Figura 4 - Quantidade de habitações levantadas por região.....	10
Figura 5 - Frequência da quantidade de habitações conforme a quantidade de habitantes.	11
Figura 6 - Quantidade de habitações para cada perfil familiar.	11
Figura 7 - Fonte de renda para construção e apropriação do imóvel.	12
Figura 8 - Porcentagem de casos em que o morador realiza trabalho remunerado em casa.....	12
Figura 9 - Porcentagem de habitações por faixa de renda familiar.....	13
Figura 10 - Porcentagem de habitações por faixa de renda per capita.....	13
Figura 11 - Porcentagem da existência de ambientes.	14
Figura 12 - Porcentagem de habitações conforme a quantidade de dormitórios existentes.	14
Figura 13 - Porcentagem de habitações conforme a quantidade de banheiros existentes.....	14
Figura 14 - Porcentagem de ocorrência referente à orientação da fachada frontal.....	15
Figura 15 - Porcentagem de habitações por quantidade de pavimentos.	15
Figura 16 - Proporção entre as dimensões das fachadas.....	16
Figura 17 - Porcentagem de ocorrência das dimensões de cada fachada de todas as habitações por orientação.....	16
Figura 18 - Frequência de ocorrência da área total da edificação.....	17
Figura 19 - Frequência de ocorrência das áreas da sala e cozinha da habitação.....	17
Figura 20 - Frequência de ocorrência da soma das áreas dos dormitórios da habitação.	18
Figura 21 - Frequência de ocorrência das médias das áreas dos dormitórios da habitação.....	18
Figura 22 - Áreas dos dormitórios principal e secundário em cada habitação.	18
Figura 23 - Composição das paredes.	20
Figura 24 - Composição dos pisos.	20
Figura 25 - Composição da cobertura.	21
Figura 26 - Porcentagem de ocorrência das composições das cobertura da amostra.	21
Figura 27 - Materiais das esquadrias.....	22
Figura 28 - Cores encontradas na pintura externa das paredes.	22
Figura 29 - Valores de absorvância encontrados para cada cor.....	23
Figura 30 - Variação nas tonalidades de azul encontrada na amostra.	23
Figura 31 - Absortância média de cada cor.....	24

Figura 32 – Método aplicado aos dados coletados.	26
Figura 33 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação na cozinha no verão, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.....	29
Figura 34 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação na sala no verão, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.....	29
Figura 35 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação nos dormitórios no verão, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.	30
Figura 36 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação na cozinha no inverno, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.	30
Figura 37 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação na sala no inverno, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.....	31
Figura 38 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação nos dormitórios no inverno, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.	31
Figura 39 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas na cozinha no verão, com 80% de confiabilidade.....	32
Figura 40 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas na sala no verão, com 80% de confiabilidade.	32
Figura 41 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas nos dormitórios no verão, com 80% de confiabilidade.....	33
Figura 42 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas na cozinha no inverno, com 80% de confiabilidade.....	33
Figura 43 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas na sala no inverno, com 80% de confiabilidade.	33
Figura 44 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas nos dormitórios no inverno, com 80% de confiabilidade.....	34
Figura 45 - Área construída e número de moradores da amostra de habitações.....	37
Figura 46 - Rotinas médias de uso de equipamentos eletroeletrônicos.	42
Figura 47 – Densidade de potência instalada com equipamentos.....	42
Figura 48 – Rotinas de uso de iluminação com intervalos de 80% de confiabilidade e potências médias, separados por ambiente.....	43
Figura 49 - Rotinas de uso e potência média do chuveiro elétrico, com 80% de confiabilidade.	44
Figura 50 – Rotina de uso dos equipamentos na cozinha para o ano todo.	44
Figura 51 – Rotina de uso dos equipamentos na sala para o ano todo.....	44
Figura 52 – Rotina de uso dos equipamentos no dormitório para o ano todo.....	44

Figura 53 – Frequência de ocorrência dos consumos de eletricidade na amostra em kWh/mês (a) e em kWh/dia (b).	47
Figura 54 – Localização das habitações avaliadas.....	51
Figura 55 - Kit Smart Meter FTS com data logger (a), sensor de pulso instalado em chuveiro (b) e sensor de tempo instalado em bacia sanitária com válvula de descarga (c).	52
Figura 56 - Características socioeconômicas da amostra.....	54
Figura 57 – Quantidade de aparelhos sanitários por faixa de renda na amostra de habitações.	55
Figura 58 – Padrões de consumo de água e classificação de renda nas habitações.....	55
Figura 59 – Correlação entre o consumo médio de água <i>per capita</i> e renda das famílias.....	56
Figura 60 – Usos finais médios de água na amostra de habitações.	58
Figura 61 - Usos finais de água, consumo de água, renda familiar em salários mínimos (SM) e número de habitantes em dez habitações de interesse social (HIS) em Florianópolis.....	60
Figura 62 - Usos finais de água médios em duas amostras distintas de habitações de baixa renda na região metropolitana de Florianópolis-SC.	62

RESUMO

Este volume apresenta métodos, resultados e discussões referentes aos levantamentos de dados em campo do Projeto FINEP Nº 01.10.0507.00, bem como a determinação de rotinas de ocupação, operação de aberturas, e de usos finais de energia elétrica e água.

O levantamento de dados em campo compreendeu as características socioeconômicas, a geometria e materiais das edificações, as características de equipamentos e iluminação instalados, e as rotinas de uso e ocupação das mesmas. O método abrangeu visitas em campo, aplicação de questionários qualitativos e quantitativos, medições de distâncias, tamanhos e propriedades de materiais, bem como medições do consumo de energia elétrica em determinados períodos.

A determinação das rotinas de ocupação e operação de aberturas compreende informações úteis para as análises de simulação computacional do Volume 2 deste relatório. A etapa da análise de usos finais de energia foi responsável por tratar e reunir todos os dados referentes aos equipamentos eletroeletrônicos em cada habitação de forma a se encontrar, principalmente, dados de potência instalada e frações de uso e demanda. A análise permitiu determinar os usos finais de energia da amostra e das rotinas de uso representativas dos equipamentos.

Em relação à análise de usos finais de água, foram levantadas as características de cada aparelho sanitário de cada edificação, consumos de água médios e, principalmente, os usos finais de água da amostra de habitações.

1. LEVANTAMENTOS DE DADOS EM CAMPO

1.1. Introdução

Esta atividade se caracteriza pelo levantamento de dados em habitações unifamiliares de interesse social da região da Grande Florianópolis. O levantamento em campo foi uma etapa essencial para o desenvolvimento desta pesquisa, visto que todas as atividades subsequentes baseiam-se nestes dados. Os dados foram referentes à situação socioeconômica dos habitantes; à forma e aos materiais componentes das habitações; aos equipamentos eletroeletrônicos encontrados; ao padrão de uso dos equipamentos; ocupação dos ambientes das habitações; e à rotina de abertura de portas e janelas. Como defendido por Dascalaki et al. (2011), as estratégias de eficiência energética devem ser consideradas baseando-se no estoque edificado existente, e para isso o levantamento e organização dos dados em campo é fundamental.

Com base nos resultados, foi possível caracterizar as habitações populares unifamiliares de Florianópolis a partir da sua geometria e sistemas construtivos, dos equipamentos consumidores de energia instalados e também da operação da habitação pelos moradores.

Para realização desta atividade, foram utilizados questionários semi-estruturados, trena, bússola e equipamentos medidores de energia.

1.2. Objetivo

O objetivo da atividade foi levantar em campo as características físicas das habitações populares, estejam elas relacionadas à forma da edificação, aos materiais e sistemas construtivos utilizados, aos equipamentos consumidores de energia elétrica instalados e às rotinas de uso da habitação pelos seus usuários.

1.3. Método

A etapa de levantamento compreendeu a aquisição dos dados em campo com o uso de questionários semiestruturados. A determinação de quais variáveis seriam levantadas foi baseada em uma revisão de literatura, na qual pode-se verificar quais são as variáveis com maior possibilidade de exercerem efeito sobre o desempenho termoenergético de edificações. Também foram levantadas as características socioeconômicas de cada habitação.

Foram visitadas habitações populares unifamiliares em zonas previamente selecionadas, onde foram realizadas medições e entrevistas através da aplicação de questionários semiestruturados (Os questionários podem ser vistos no Apêndice A):

- Questionário 1 – Inicial: refere-se às características socioeconômicas dos moradores;
- Questionário 2 – Forma e materiais: levantamento das características físicas da edificação, tais como geometria e sistema construtivo;
- Questionário 3 – Operação: levantamento das rotinas de ocupação, utilização dos equipamentos consumidores de energia e iluminação e rotinas de abertura de portas e janelas;
- Questionário 4 – Consumo de água: levantamento dos equipamentos hidrossanitários;
- Questionário 5 – Potência instalada: levantamento dos equipamentos e lâmpadas existentes.

As informações obtidas com os questionários, após a coleta de dados, foram compiladas em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel para intuito de registro e tratamento de dados.

1.3.1. Delimitação do objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho são as habitações de interesse social unifamiliares localizadas na Grande Florianópolis. Foram, portanto, passíveis de participar desta pesquisa as habitações que atenderam a um dos seguintes critérios:

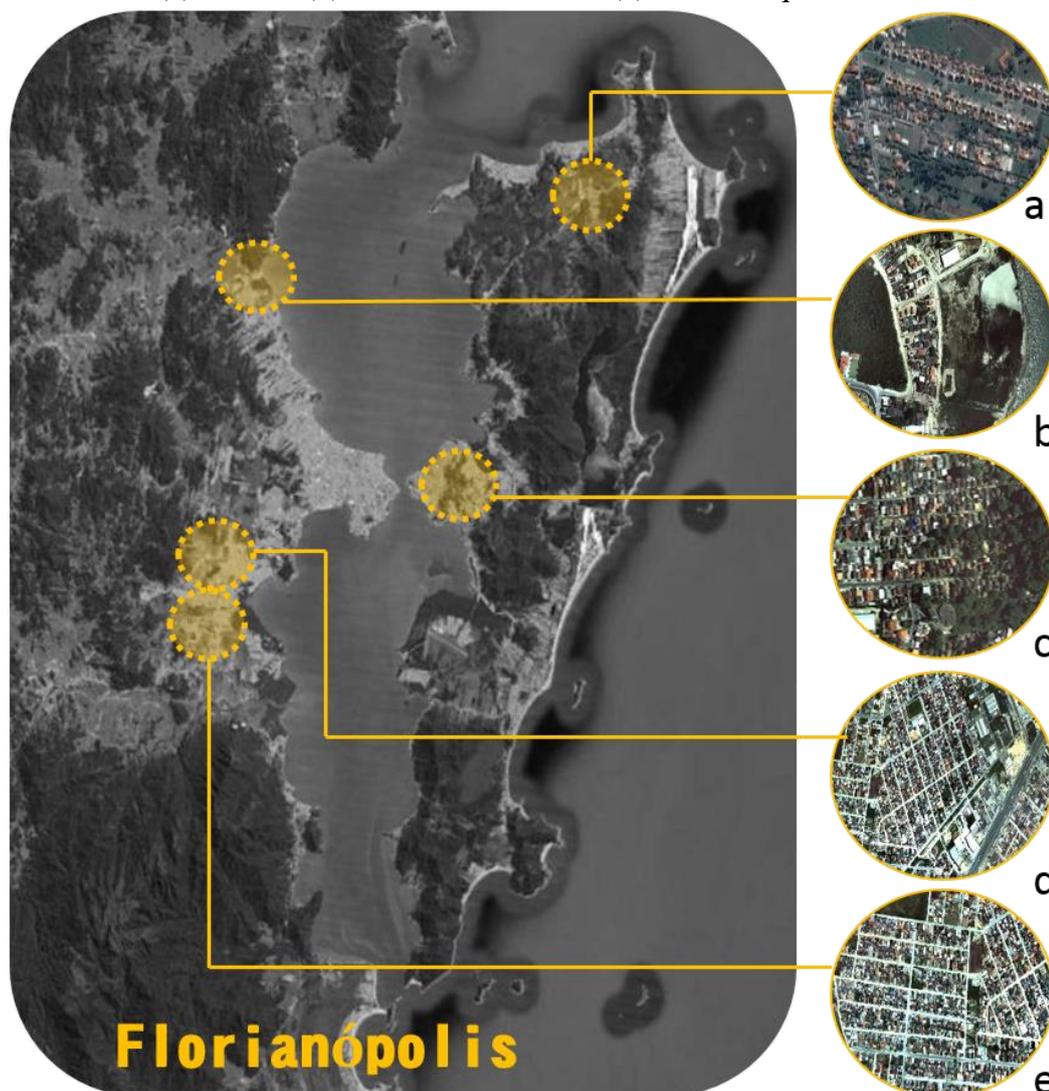
- Possuir renda familiar igual ou inferior a três salários mínimos (referência abril/2012: salário mínimo = R\$ 622,00);
- Possuir habitação financiada pelo programa Minha Casa Minha Vida ou outro programa habitacional público para famílias de baixa renda;
- Estar inserida em uma área destinada a interesse social, localizada dentro dos limites da Grande Florianópolis (inclui os municípios de Biguaçu, São José e Palhoça), desde que não seja ultrapassado o valor de R\$ 5.000,00 para renda familiar (baseado no limite máximo aceito pelo Programa Minha Casa Minha Vida em abril/ 2012).

As habitações foram levantadas em cinco regiões: Norte da ilha, Centro, Jardim Aquários, Jardim El Dourado e Foz do Rio. O Norte da ilha compreende as habitações situadas nos bairros Vargem Grande e Canasvieiras, de Florianópolis. O Centro engloba as habitações situadas no Morro da Cruz, no centro de Florianópolis. O bairro Foz do Rio pertence ao município de Biguaçu, ao norte de Florianópolis. Os bairros Jardim Aquários e Jardim El Dourado localizam-se na cidade de Palhoça, ao sul de Florianópolis. A Figura 1 mostra a localização da Grande Florianópolis no país e a Figura 2 as regiões onde foram realizados os levantamentos.

Figura 1 – Localização de Florianópolis.



Figura 2 – Regiões onde foram realizados os levantamentos: (a) Norte da ilha. (b) Foz do Rio. (c) Centro. (d) Jardim El Dourado. (e) Jardim Aquários.



1.3.2. Levantamento dos dados socioeconômicos

Os principais dados socioeconômicos levantados foram: quantidade de moradores por habitação, estrutura familiar (casal ou adulto, com ou sem filhos), renda familiar e *per capita* e a forma de aquisição da habitação (alugada ou própria, recursos privados ou do governo).

Para a realização dos levantamentos utilizou-se apenas o Questionário 1. O questionário foi preenchido pelo pesquisador conforme as informações fornecidas pelo morador que recebeu a equipe de pesquisa.

1.3.3. Levantamento dos dados referentes à forma das habitações

Os dados referentes à forma dizem respeito à geometria das habitações. Em cada habitação foram levantadas suas dimensões internas e externas, distribuição espacial dos ambientes, referência da rua e orientação solar da fachada frontal. Também foram levantados os dados referentes às portas e janelas quanto a sua manobra de abertura, dimensões, áreas de iluminação e ventilação e existência de proteção solar (sombreamento).

Para a realização dos levantamentos utilizou-se o Questionário 2, trena de aço flexível de 10m, com precisão em cm e trava (várias marcas), bússola em plástico ABS com visada (várias marcas) e GPS (aplicativo de celular).

Os dados referentes à distribuição espacial da edificação foram registrados no questionário em forma de croqui, onde foram anotadas as dimensões externas, obtidas através de medição com a trena. As demais dimensões (dos ambientes e das aberturas) também foram levantadas com auxílio da trena e anotadas em tabelas específicas no mesmo questionário, assim como todos os demais dados.

A orientação solar da fachada frontal foi anotada no croqui e levantada com uso da bússola ou do GPS. A bússola indica a orientação do norte magnético, sendo necessária posteriormente sua correção para o norte verdadeiro. Este cálculo foi feito utilizando o programa “Cálculo do norte verdadeiro”, disponibilizado para *download* pela empresa A Mira Agrimensura e Cartografia (<http://www.amiranet.com.br>). O levantamento da orientação solar com o GPS não necessita correção pois sua determinação é obtida por satélite. O GPS foi utilizado nas ocasiões em que os pesquisadores em campo não estavam em posse da bússola.

1.3.4. Levantamento dos materiais construtivos das habitações

Os dados referentes a este item dizem respeito aos materiais que compõem as paredes, cobertura e piso, materiais das esquadrias e também à cor e absorvância solar das superfícies externas de cada habitação.

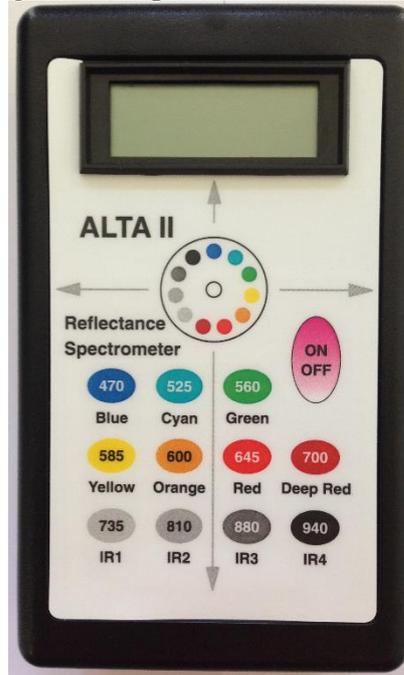
A maior parte dos moradores não possuía o projeto executivo das edificações, portanto não foi possível coletar os dados referentes aos materiais utilizados na edificação desta forma, embora fosse a mais conveniente. Assim sendo, a coleta destas informações se deu por entrevista com o morador, que em muitos casos participou da construção da habitação e sabia indicar os materiais utilizados. Quando não era possível o fornecimento desta informação pelo morador, o pesquisador deduzia sua composição através de observação visual. Este procedimento foi adotado para coleta de dados das camadas de materiais das paredes, piso e cobertura em cada ambiente, sendo que a ordem adotada para anotação das camadas deveria ser do material mais externo ao mais interno de cada componente em cada ambiente. Os dados coletados foram:

- Paredes: espessura e materiais que compõem a parede, como pintura (indicando a cor), reboco, argamassa, bloco cerâmico ou de concreto, madeira, etc.;
- Piso: acabamento, estrutura e contato ou não com o solo;
- Cobertura: tipo da telha, existência ou não de laje e material do forro (se existente)
- Esquadrias: material do caixilho.

As composições foram anotadas no Questionário 2. É preciso salientar que os dados apresentam baixo nível de detalhamento em função da forma como foram coletados. Desta forma, os dados apresentam certa imprecisão e devem ser utilizados cautelosamente em função da finalidade dos mesmos.

Além das camadas de materiais, foi medida também a refletância solar das superfícies das paredes externas. Utilizou-se, para essa medição, o espectrômetro ALTA II (Figura 3), do fabricante *Vernier Software & Technology*.

Figura 3 - Espectrômetro ALTA II.



O procedimento de medição consistiu em obter as refletâncias para cada comprimento de onda (referente a onze faixas de cores), primeiramente para uma amostra de referência (no caso, papel branco comum *Ripax* 75g/m²) e, posteriormente, para a mostra a ser analisada. A sugestão do fabricante é de que sejam feitas três medições para cada caso (papel *Ripax* e amostra), e adote-se o valor de referência igual à média aritmética dos dados das três medições. A determinação da refletância adotada para cada faixa de cor é calculada por meio da Equação 1.

$$\rho_{cor} = \frac{\rho_{branco} \cdot V_{cor}}{(V_{branco})} \quad (1)$$

Onde:

ρ_{cor} é a refletância da amostra (%);

ρ_{branco} é a refletância do papel *Ripax* (%);

V_{cor} é o valor obtido na medição da amostra com o espectrômetro;

V_{branco} é o valor obtido na medição do papel *Ripax* com o espectrômetro.

O valor de ρ_{branco} é um valor padronizado para cada folha, obtido a partir de análises com um espectrofotômetro da marca Varian modelo CARY 5G (Dornelles, 2008). Os valores de referência utilizados nesta pesquisa estão apresentados na Tabela 1. Na primeira linha estão apresentados os nomes escritos em cada tecla do ALTA II, referente a cada faixa de cor (comprimento de onda) e, na linha abaixo, o valor correspondente de refletância obtido para o papel *Ripax*.

Tabela 1 - Valores de referência da refletância do papel *Ripax* para cada faixa de cor.

Cor		Refletância do papel (%)
Blue	470	87,8
Cyan	525	84,2
Green	560	80,7
Yellow	585	79,8
Orange	600	79,7
Red	645	87,7
Deep Red	700	95,1
IR 1	735	96,6
IR 2	810	96,8
IR 3	880	97,3
IR 4	940	95,8

Fonte: Dornelles (2008)

A refletância final da amostra é dada pela média aritmética das refletâncias de todas as onze cores. Os valores das refletâncias de cada amostra foram corrigidos para a irradiação solar padrão conforme valores da ASTM G173-03 (2003) por meio do método descrito em Santos, Marinoski e Lamberts (2009). A partir dos dados de refletância corrigidos, obtém-se a absorptância solar utilizando-se a Equação 2.

$$\alpha = 100 - \rho \quad (2)$$

Onde:

ρ é a refletância obtida (%);

α é a absorptância da amostra (%).

Não foi possível medir a refletância da cobertura. Adotou-se, portanto, este valor de acordo com dados encontrados na literatura.

1.3.5. Levantamento da potência instalada em iluminação e equipamentos

Neste item foram levantados todos os equipamentos eletroeletrônicos existentes em cada habitação, incluindo o cômodo onde estão instalados, nome, marca e modelo, potência nominal e monitoramento dos consumos de energia elétrica. Também foram levantadas as características de todas as lâmpadas existentes, incluindo o cômodo onde estão instaladas, tipo e potência nominal. Por fim, o consumo mensal faturado (da concessionária CELESC) foi levantado.

O processo de levantamento dos dados dos equipamentos foi feito em duas visitas, separadas pelo período de uma semana (em média), e foi dividido em duas partes: caracterização das lâmpadas e equipamentos, e monitoramento dos equipamentos.

Na primeira visita foram identificados todos os equipamentos e lâmpadas existentes na habitação, e caracterizados quanto à sua potência nominal, modelo e marca. Também foi identificado em qual ambiente da casa estão localizados.

Solicitou-se ao morador as faturas da CELESC referentes aos últimos doze meses, com as quais foi possível obter o consumo mensal de energia de cada mês. Estes dados foram utilizados como

referência para comparação com o consumo obtido por meio das medições e operação indicada pelos usuários.

Na sequência, deu-se início ao processo de monitoramento dos equipamentos.

Utilizou-se o aparelho CEM 1000 (fabricante Ciber do Brasil) para medição dos parâmetros instantâneos. Foram levantados a tensão (V), corrente (A), potência instantânea (kW), potência reativa (kVAr) e fator de potência. Para medição das lâmpadas, utilizou-se um bocal como adaptador, realizando as medições com o CEM 1000.

O último passo foi a instalação dos medidores de energia T8 (fabricante *Northmeter*) junto aos demais equipamentos eletrônicos. Este equipamento funciona como um adaptador de tomada e registra o consumo de energia do aparelho eletrônico enquanto conectado. Esses medidores ficaram na habitação monitorando o consumo de energia até a segunda visita (em torno de uma semana).

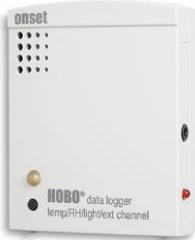
Na segunda visita, foi novamente anotado o consumo do medidor de energia, para ser comparado com o da semana anterior, e assim obter o consumo total da casa durante a última semana.

Para os equipamentos que não puderam, por algum motivo, ser medidos (por causa da potência muito alta ou falta de acesso à tomada, como por exemplo quando conectados à uma tomada atrás de um armário muito pesado), adotou-se a potência nominal da tabela de eficiência energética do site do INMETRO (2012) e o consumo foi calculado baseando-se nas horas de uso informadas pelo morador.

Do resultado da razão do consumo (kWh) pelo período de medição (h), obteve-se a potência média (kW) de cada equipamento. A soma de todas as potências instaladas resultou na potência total instalada em cada habitação. Também foi obtida a potência instalada em cada ambiente, separadamente para iluminação e equipamentos. Todos os dados levantados foram anotados no Questionário 5.

O Quadro 1 mostra os equipamentos de medição utilizados e as informações obtidas com cada um.

Quadro 1 - Equipamentos utilizados para medição de energia.

Equipamento de medição	Informação obtida	Imagem
CEM1000 (Ciber do Brasil)	Medição dos parâmetros instantâneos	 A red and black rectangular energy meter with a digital display showing '22.57' and several buttons on the top panel.
OBO U12 (Onset)	Registro do consumo de energia (chuveiro e quadro geral de energia)	 A white rectangular energy meter with a digital display and several buttons on the top panel.
Multímetro	Confirmação da interrupção da passagem de energia	 A digital multimeter with a black body and orange handles, showing a digital display.
T8 (Northmeter)	Registro do consumo de energia dos equipamentos eletrônicos	 A white rectangular energy meter with a digital display showing '0.00' and several buttons on the top panel.

1.3.6. Levantamento do padrão de ocupação, operação de aberturas e uso de equipamentos

Os dados de operação dizem respeito à forma como os usuários operam a casa e seus sistemas. Referem-se, portanto, ao padrão de uso dos equipamentos e lâmpadas, ao padrão de ocupação dos ambientes e ao padrão de abertura e fechamento de portas e janelas.

Utilizou-se o Questionário 3, que foi preenchido pelo pesquisador conforme as informações fornecidas pelo morador responsável sobre as rotinas da família dentro da habitação. O questionário possui registro em base horária da utilização dos equipamentos e lâmpadas, da ocupação dos ambientes e da abertura de portas e janelas. O questionário aplicado possui uma tabela que divide o dia em 24 horas. Para cada hora, anotou-se o valor de referência da ação.

Para o padrão de uso dos equipamentos eletroeletrônicos e iluminação, anotou-se a frequência e o período de utilização e por fim, qual horário o equipamento ou lâmpada foi utilizado e por quanto tempo, em minutos.

Alguns aparelhos não possuem variação do tempo médio de uso (exemplo: máquina de lavar roupas), sendo anotado então, em vez do tempo de utilização, a quantidade de ciclos de utilização (exemplo: uma vez ao dia, às 09h00, etc.).

Para o padrão de ocupação dos ambientes, anotou-se em cada linha os ambientes existentes (foram considerados apenas os ambientes de longa permanência e também a cozinha, por se caracterizar como ambiente de longa permanência nestas habitações). Ao lado de cada ambiente, identificou-se o número máximo de moradores que ocupam aquele ambiente e, a seguir, quantas pessoas ocupam aquele ambiente a cada hora do dia.

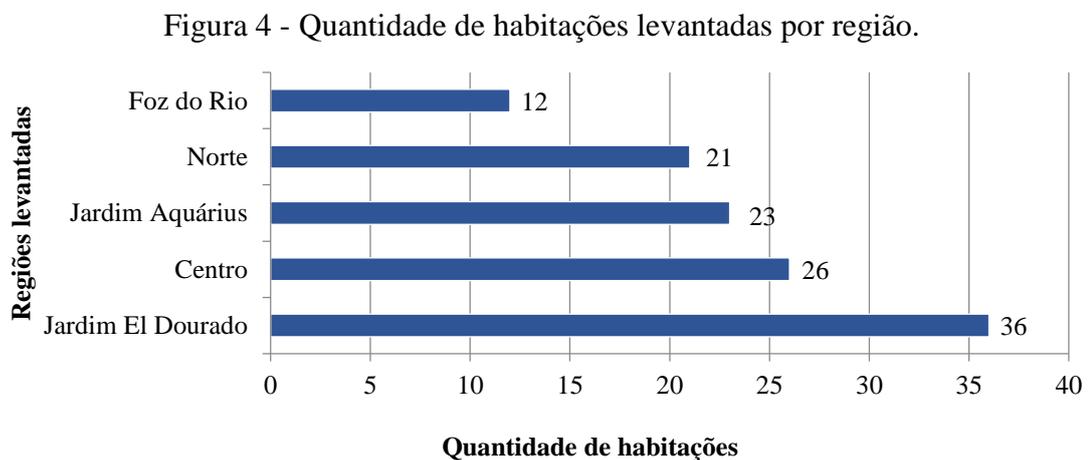
Por fim, em relação ao padrão de operação de portas e janelas, foi anotado, para cada abertura, o ambiente ao qual pertencia e as horas em que se manteve aberta ou fechada. Quando a abertura não permanecia aberta durante toda a hora, anotava-se no quadro os minutos correspondentes.

1.4. Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir dos levantamentos em campo. Conforme proposto no método, os dados referentes a cada bloco de informação são apresentados separadamente.

1.4.1. Delimitação do objeto de estudo

Foram realizados levantamentos em 120 unidades habitacionais ao longo de aproximadamente um ano. Nem todos os questionários foram completamente preenchidos para todas as casas, sendo algumas desprezadas dependendo da quantidade e relevância da informação não obtida. A Figura 4 mostra a quantidade de habitações levantadas por região.



1.4.2. Dados socioeconômicos

A Figura 5 apresenta a porcentagem de habitações conforme a quantidade de moradores por habitação. Observa-se que habitações com três moradores é o caso mais frequente, embora a porcentagem de habitações com dois moradores seja também relevante (quase 20% dos casos).

A Figura 6 mostra a porcentagem de habitações para cada perfil familiar. O perfil predominante é o de casal com crianças, representando quase metade da amostra. O perfil de casal sem crianças, no entanto, é inexpressivo, com apenas 3% dos casos.

Quanto à fonte de renda usada para a construção da habitação, predomina aquela provinda da renda da própria família. A grande maioria das habitações são ocupadas pelos seus proprietários e não construídas para acréscimo de renda com aluguel. A Figura 7 apresenta os dados referentes à fonte de renda da construção e forma de apropriação do imóvel.

Quanto à quantidade de moradores que realizam trabalho remunerado em casa, verificou-se que isso ocorre em 15% das habitações. A Figura 8 apresenta a porcentagem de habitações cujo morador realiza trabalho para produção de renda em casa.

Para todas as análises dos dados socioeconômicos, foram observados alguns casos inválidos, ou seja, casos em que as informações não puderam ser obtidas.

Figura 5 - Frequência da quantidade de habitações conforme a quantidade de habitantes.

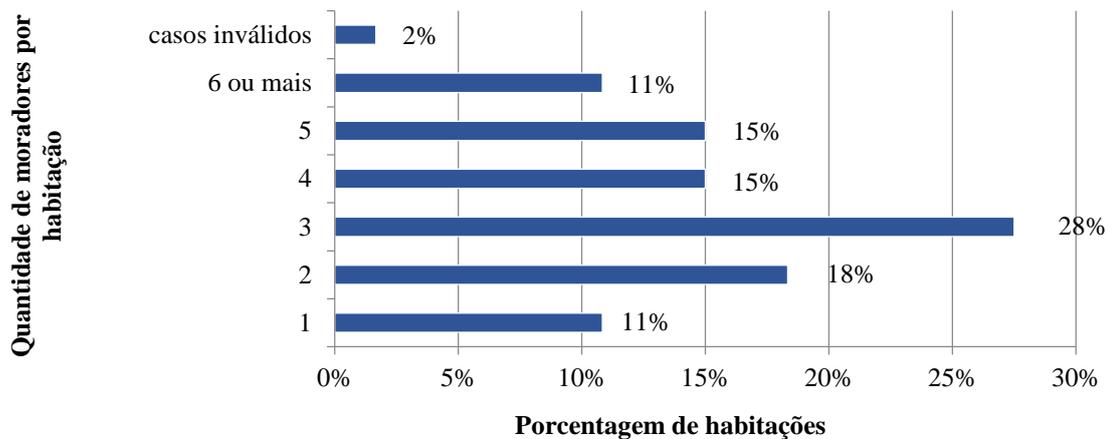


Figura 6 - Quantidade de habitações para cada perfil familiar.

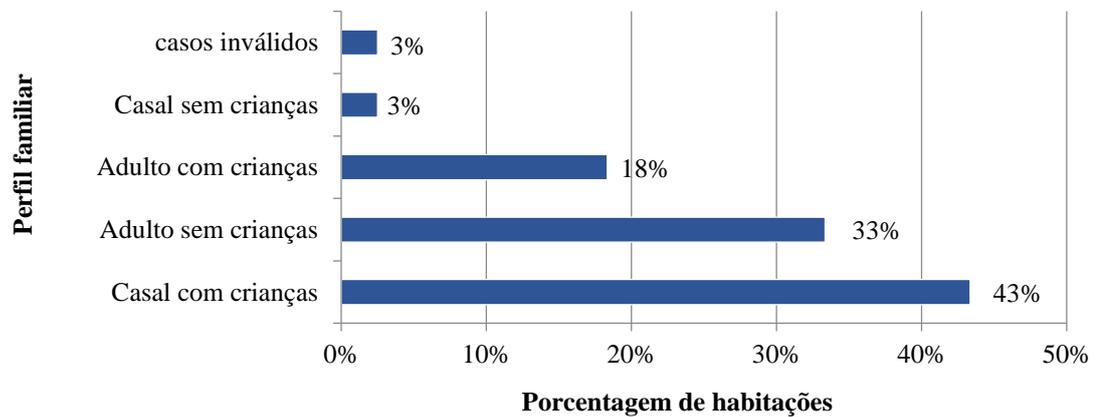


Figura 7 - Fonte de renda para construção e apropriação do imóvel.

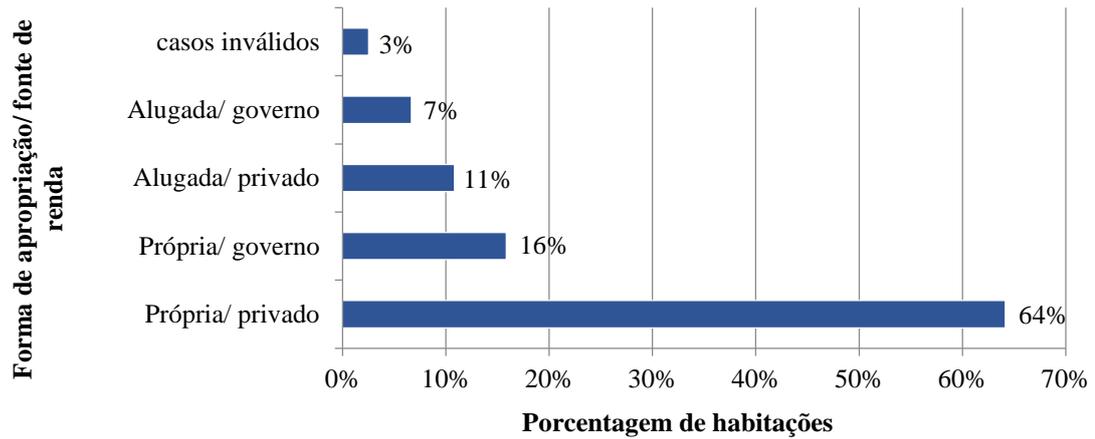
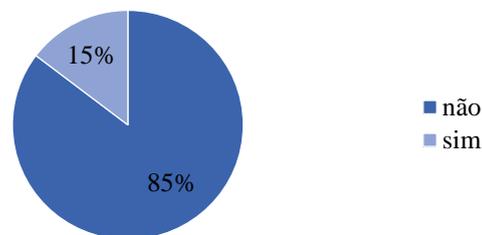


Figura 8 - Porcentagem de casos em que o morador realiza trabalho remunerado em casa.



Por fim, são apresentadas as porcentagens de casos por faixa de renda, conforme a quantidade de salários mínimos (considerando um salário mínimo igual a R\$622,00). A Figura 9 apresenta a porcentagem de casos por renda familiar e a Figura 10, a renda per capita. Observa-se que em 50% das habitações levantadas a renda familiar é inferior a três salários mínimos (caracterizando-se como habitações de interesse social), com menos de um quinto das habitações com renda familiar acima de cinco salários mínimos. Quanto à distribuição de habitações por renda per capita, em 93% dos casos a renda não ultrapassa dois salários mínimos. Este fato sugere que o aumento da renda familiar está provavelmente relacionado com o aumento de pessoas que contribuem com a renda da casa, e não necessariamente com o morador recebendo salário maior.

Figura 9 - Percentagem de habitações por faixa de renda familiar.

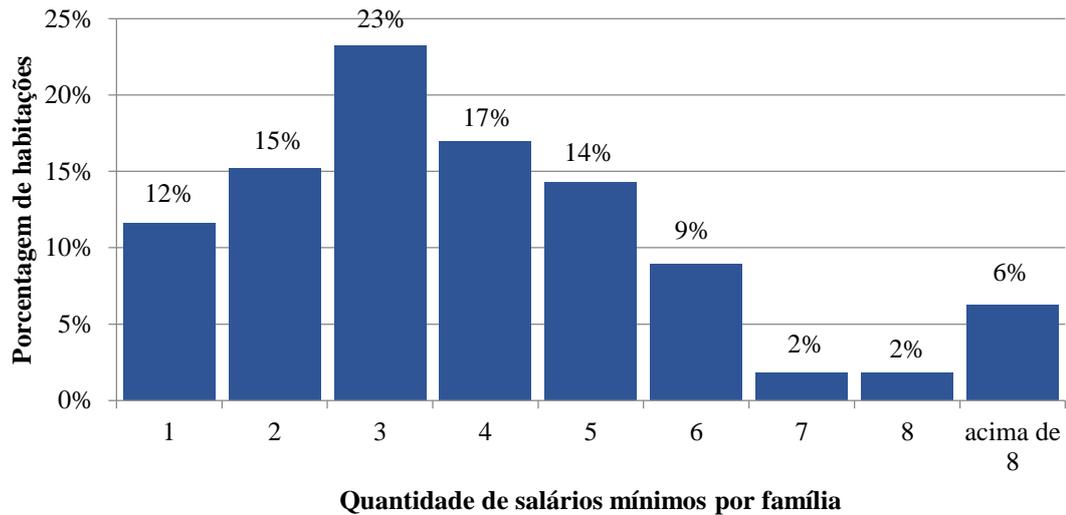
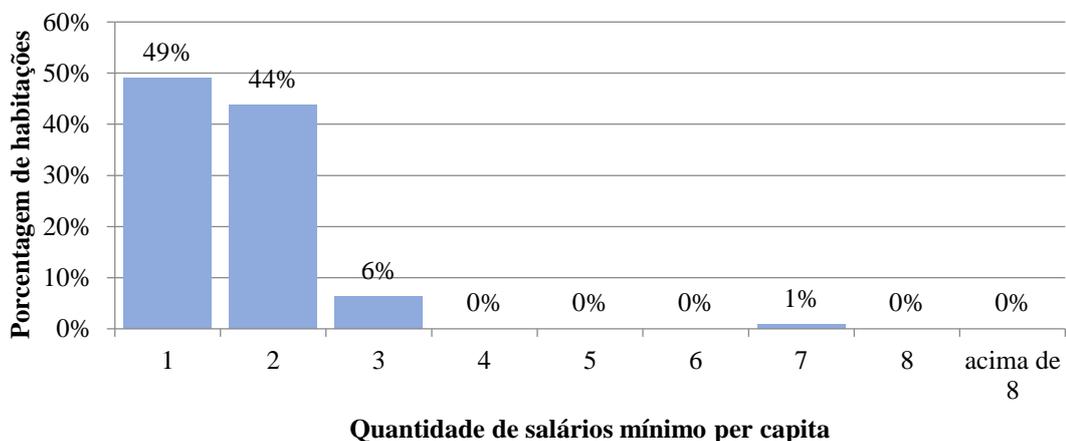


Figura 10 - Percentagem de habitações por faixa de renda per capita.

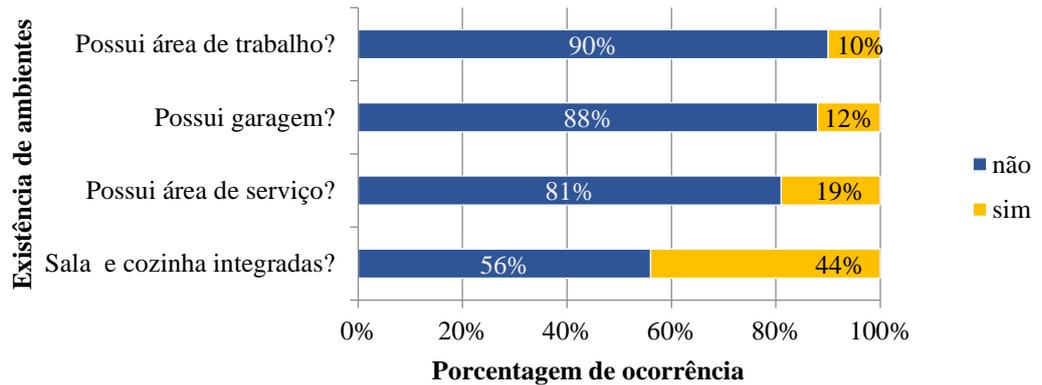


1.4.3. Dados referentes à forma das edificações

Como mencionado na descrição do método, este bloco de informações trata das disposições formais da edificação, relativas à sua geometria, dimensões e configuração espacial. Ao todo, das 120 habitações levantadas, apenas 103 foram consideradas válidas para este bloco. As plantas das habitações podem ser vistas no Apêndice B.

A Figura 11 apresenta algumas informações quanto à configuração dos espaços internos. Percebe-se que a grande maioria das habitações não possui ambientes internos específicos para trabalho, área de serviço, nem garagem. Quanto à disposição dos ambientes sala e cozinha integrados ou não, observa-se que há um equilíbrio entre os dois casos, prevalecendo ainda assim a situação em que estes dois ambientes configuram-se como espaços independentes.

Figura 11 - Porcentagem da existência de ambientes.



Com relação à quantidade de dormitórios existentes, observa-se, na Figura 12, uma predominância de habitações com dois dormitórios, seguida de habitações com três dormitórios. As habitações onde há ocorrência acima de três dormitórios correspondem a menos de 10% do total da amostra. Quanto à quantidade de banheiros 89% das habitações da amostra possuíam apenas uma unidade, sendo que em um dos casos não foi encontrada nenhuma unidade (Figura 13).

Figura 12 - Porcentagem de habitações conforme a quantidade de dormitórios existentes.

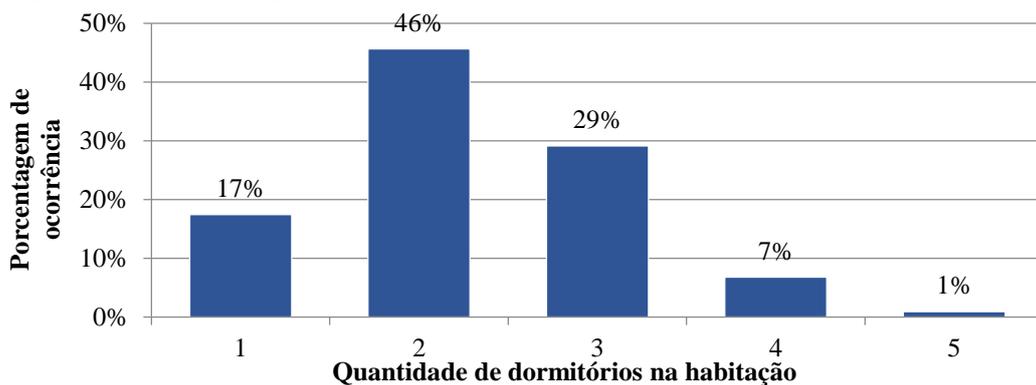
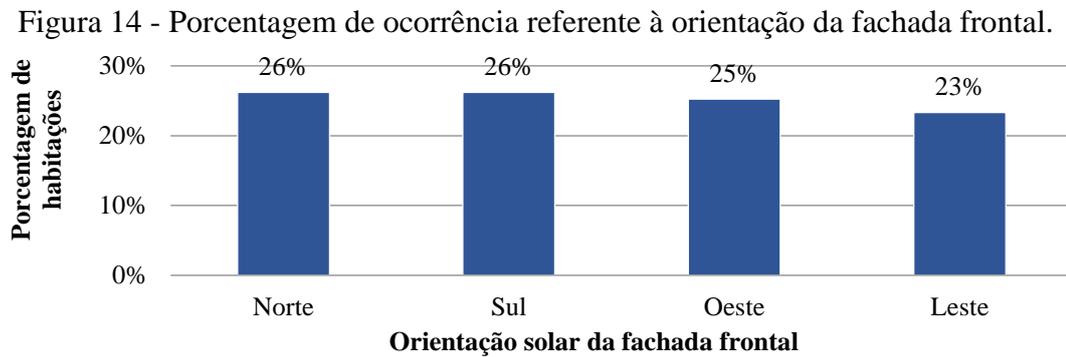


Figura 13 - Porcentagem de habitações conforme a quantidade de banheiros existentes.



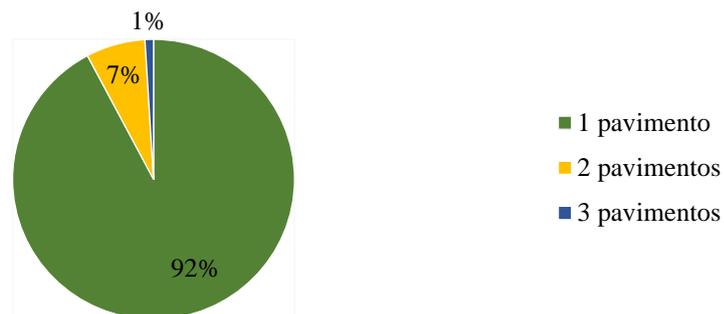
Quanto à orientação solar da fachada frontal, verificou-se uma distribuição de ocorrências similar para todos os casos, com sutil menor incidência para a orientação leste. Esta coincidência provavelmente está relacionada ao fato dos levantamentos terem sido realizados prioritariamente em

locais onde o planejamento urbanístico se deu em malha xadrez (ortogonal), configurando os lotes voltados para as mesmas orientações. A Figura 14 apresenta esses resultados.



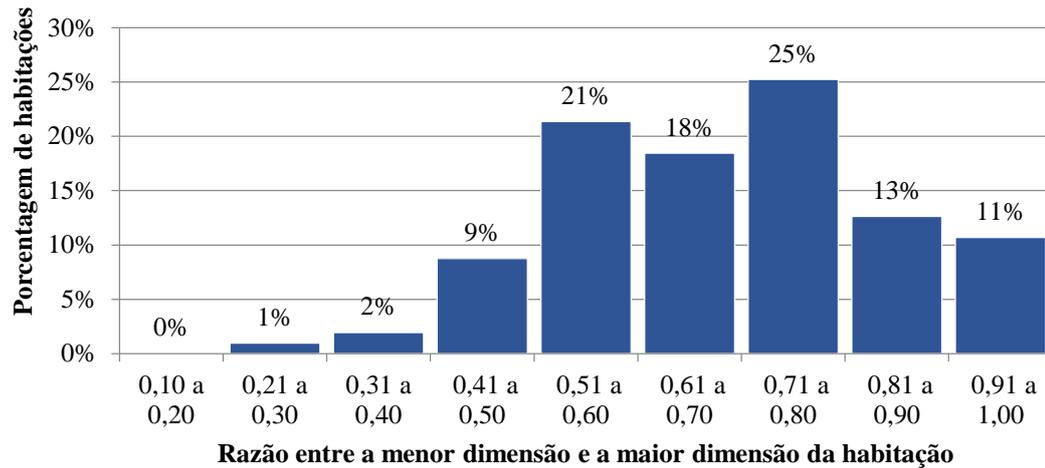
A maioria das habitações da amostra possuía apenas pavimento térreo (92%), contando com pavimento superior apenas 7% dos casos, e apenas uma ocorrência com três pavimentos. A Figura 15 apresenta os resultados referentes à quantidade de pavimentos das habitações.

Figura 15 - Porcentagem de habitações por quantidade de pavimentos.



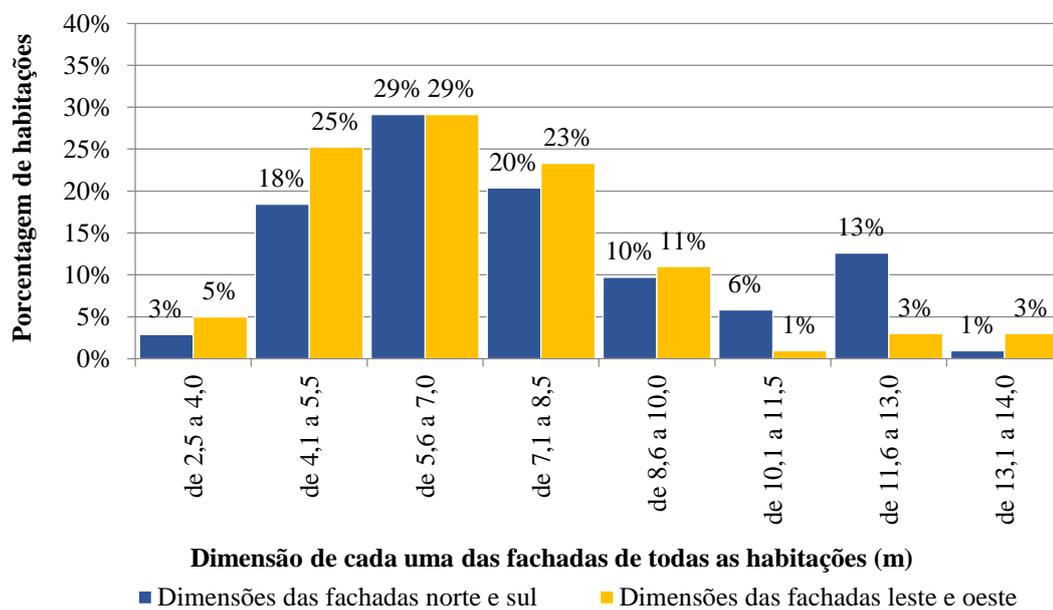
Outra característica levantada foi a relação de proporção entre as dimensões das fachadas das habitações. A Figura 16 apresenta um histograma da razão entre a dimensão da menor fachada (m) pela dimensão da maior fachada (m). Observa-se que predominam as faixas entre 0,5 e 0,8, representando edificações retangulares de proporções 1,0x1,5 até 1,0x2,0.

Figura 16 - Proporção entre as dimensões das fachadas.



A Figura 17 apresenta a frequência de ocorrência das dimensões das fachadas voltadas para o norte ou sul e leste ou oeste. Observa-se que a frequência de ocorrência para cada faixa de medida para os dois casos é bem similar. Isto indica que não há preocupação quanto à orientação solar no processo de implantação da edificação, provavelmente havendo maior relação entre a implantação e a via pública ou dimensões do terreno. A faixa com as medidas mais frequentes varia de 5,6m a 7,0m.

Figura 17 - Porcentagem de ocorrência das dimensões de cada fachada de todas as habitações por orientação.



As Figuras 18 a 22 e a Tabela 2 tratam das áreas das edificações. A Figura 18 mostra a frequência de ocorrência das áreas totais das habitações. As áreas totais concentram-se nas faixas entre 26m² e 85m² (92% dos casos), apresentando grande variação, mas mais da metade dos casos concentram-se nas faixas entre 41m² e 70m². Analisando as Figuras 19 e 20 observa-se que há uma concentração maior na faixa entre 18m² e 23m² em ambos os casos, embora para as áreas íntimas (soma das áreas dos dormitórios) perceba-se uma distribuição mais homogênea nas demais faixas. Nas áreas de convívio social (soma das áreas referentes à sala e cozinha) há uma tendência que mostra um aumento da concentração de casos até alcançar a faixa mencionada, e após ela, um declínio. Em

um primeiro momento poderia se ter a impressão de que isto se deve a uma maior quantidade de dormitórios nos casos compreendidos entre 17m^2 e 21m^2 . Entretanto, ao se analisar a Figura 21, observa-se de fato a predominância de dormitórios com áreas de $8,6\text{m}^2$ a $10,0\text{m}^2$ (35% dos casos), assim como já foi visto também na Figura 12 a predominância de habitações com dois dormitórios apenas (46% dos casos). A segunda faixa de área com maior quantidade de casos quanto à área média dos dormitórios varia de $7,1\text{m}^2$ a $8,5\text{m}^2$. Isto sugere uma tendência a haver um dormitório principal com maiores dimensões em relação aos demais dormitórios, o que é confirmado na Figura 22.

Figura 18 - Frequência de ocorrência da área total da edificação.

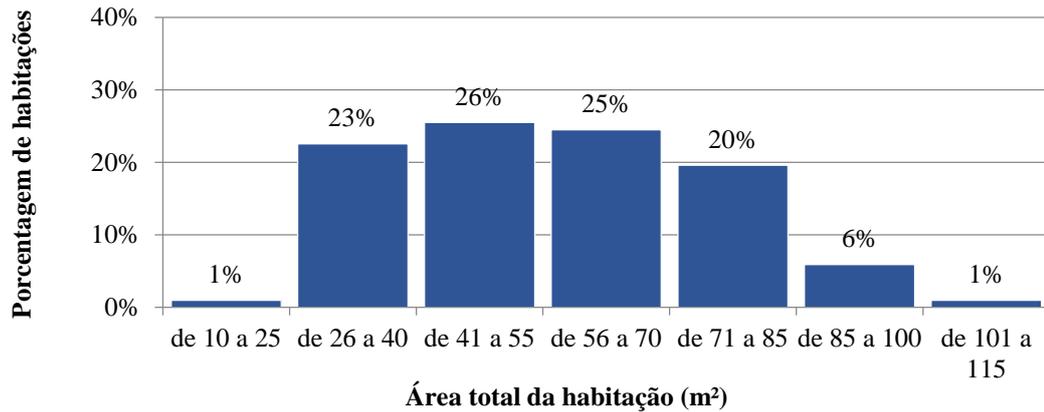


Figura 19 - Frequência de ocorrência das áreas da sala e cozinha da habitação.

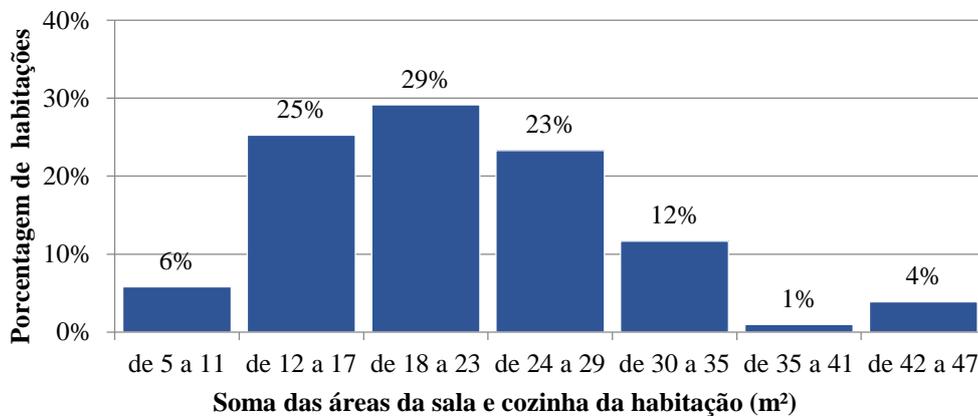


Figura 20 - Frequência de ocorrência da soma das áreas dos dormitórios da habitação.

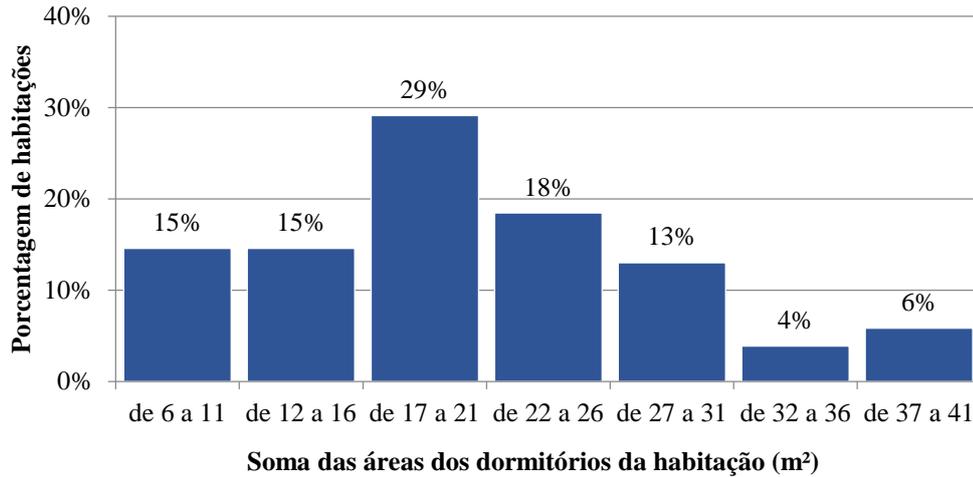


Figura 21 - Frequência de ocorrência das médias das áreas dos dormitórios da habitação.

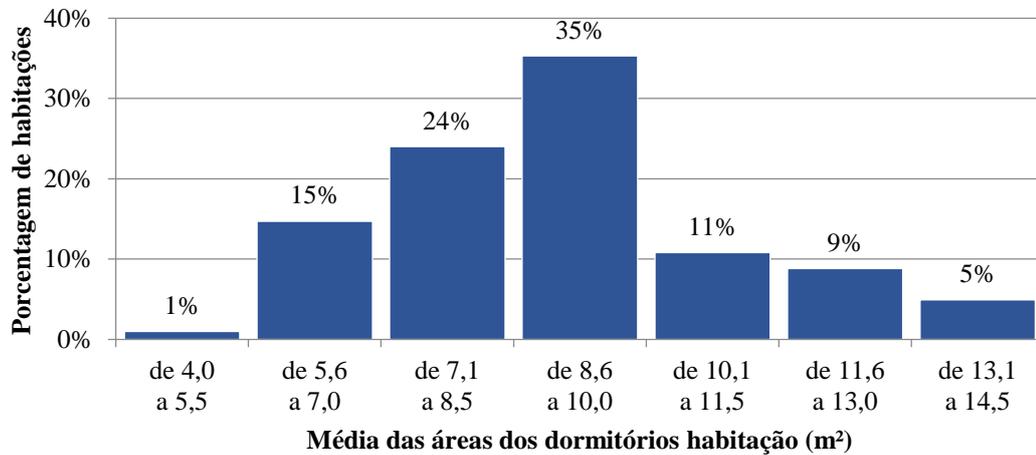
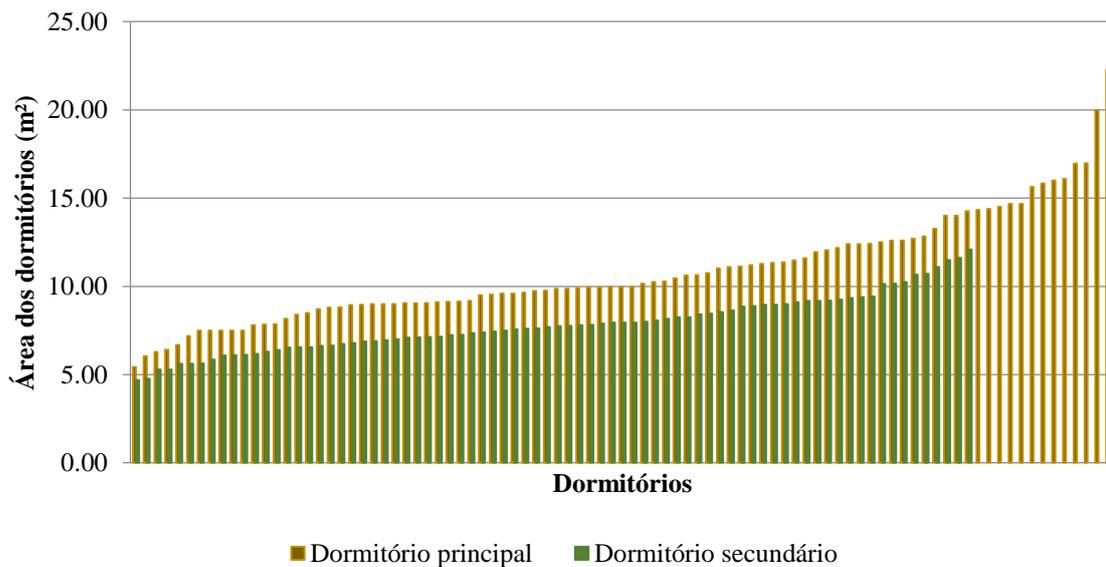


Figura 22 - Áreas dos dormitórios principal e secundário em cada habitação.



A Tabela 2 mostra um resumo das medidas estatísticas das áreas mencionadas. A média da área total é de 57m^2 , com limites inferior e superior bem próximos, de $53,14\text{m}^2$ e $61,00\text{m}^2$, respectivamente. O mesmo pode ser observado para as demais áreas, com média de $21,82\text{m}^2$, $20,28\text{m}^2$

e 9,12m² (área social, área íntima e dormitórios, respectivamente), e intervalos com menos de 3m² aproximadamente. Verifica-se também que a mediana encontrada para as áreas total e de cada ambiente é bem próxima à média, o que significa que a distribuição das áreas das habitações é homogênea para cima e abaixo da média, mesmo tendo o desvio padrão um valor alto para a área total. Também se observa que a variância da área total é elevada, enquanto a da área média dos dormitórios é baixa. Este fato é importante de ser observado, pois trata-se de um indicativo do que esperar nas futuras análises para encontrar grupos na amostra; provavelmente a distribuição das habitações em diferentes grupos será muito mais influenciada pelo valor da área total, enquanto a área dos dormitórios terá baixa influência ou até nenhuma. As áreas social e íntima, embora possuam variância muito abaixo da encontrada para área total, também possuem variância alta, podendo ser influentes na formação dos grupos.

Tabela 2 - Medidas estatísticas das áreas.

Medidas estatísticas		Área total (m ²)	Área social (m ²)	Área íntima (m ²)	Área média dos dormitórios (m ²)
Média		57,07	21,82	20,28	9,12
Intervalo de confiança (95%)	Limite inferior	53,14	20,26	18,68	8,67
	Limite Superior	61,00	23,37	21,88	9,57
Mediana		56,00	21,06	18,79	8,89
Variância		403,94	63,20	67,27	5,19
Desvio padrão		20,09	7,94	8,20	2,27
Valor mínimo		13,00	5,91	6,05	5,36
Valor máximo		140,52	46,23	41,24	19,99
Amplitude		127,52	40,32	35,19	14,63

Os dados encontrados sobre a manobra de abertura, dimensões, áreas de iluminação e ventilação das janelas e existência de proteção solar nas mesmas estão disponíveis no Apêndice C.

1.4.4. Dados dos materiais que compõem as edificações

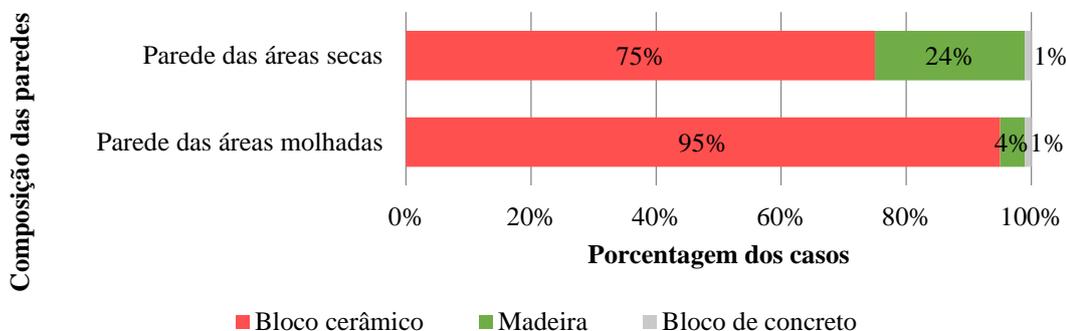
Para esta análise, 106 das 120 habitações foram consideradas válidas.

A composição dos sistemas construtivos encontrados em campo foi bastante heterogênea, inclusive em uma mesma habitação, dificultando a análise dos resultados. Em função disso, optou-se por simplificar as informações e adotar para cada caso uma generalização das composições existentes. Por exemplo, em uma edificação onde houvesse sistemas construtivos diferentes para as paredes de diferentes ambientes (por exemplo, apenas um dos dormitórios com parede de madeira e os demais ambientes em alvenaria), adotou-se como composição o sistema construtivo predominante, desprezando-se aquele que se apresenta em menor quantidade. O mesmo critério foi aplicado às variações existentes em cada sistema construtivo, como, por exemplo, a quantidade de furos dos tijolos de alvenaria.

Em algumas casas foram utilizados tijolos de seis furos, enquanto em outras, de oito furos, e ainda houve casos em que não foi possível identificar qual dos dois seria. Dessa forma, a composição das paredes foi classificada exclusivamente por seu elemento estrutural, separada então em divisórias de bloco cerâmico, de bloco de concreto ou madeira. A única distinção feita foi quanto à composição das paredes das áreas secas (ambientes sem instalação hidráulica) e das áreas molhadas (ambientes com instalação hidráulica). Este critério foi adotado porque muitas habitações que eram de madeira possuíam as divisórias das áreas molhadas em alvenaria ou bloco de concreto. A Figura 23 apresenta

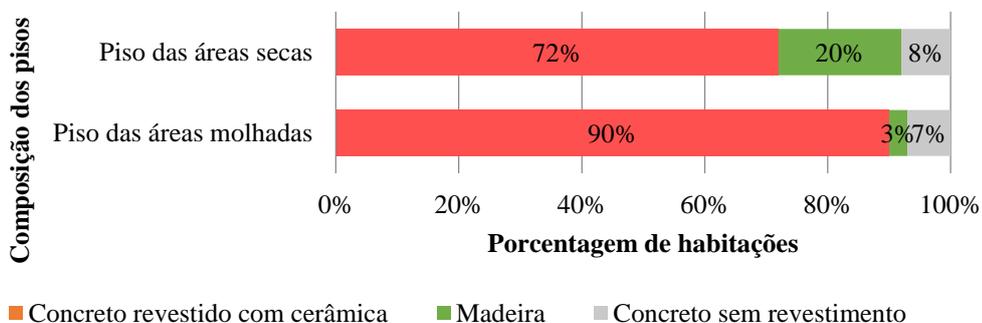
a composição das paredes encontradas no levantamento, para as áreas secas e áreas molhadas. Observa-se predominância de paredes com blocos cerâmicos (75% para áreas secas e 95% em áreas molhadas), com apenas 4% habitações com paredes de madeira nas áreas molhadas.

Figura 23 - Composição das paredes.



Os pisos também foram separados para áreas secas e áreas molhadas. Foram consideradas três composições: piso em concreto com revestimento cerâmico, piso em concreto sem revestimento cerâmico e piso de madeira. Em alguns casos foi encontrado piso de concreto com revestimento de madeira, mas este representava uma parte inexpressiva da habitação, sendo, portanto, desconsiderado nesta análise. A Figura 24 mostra a porcentagem de ocorrência de cada piso nas habitações. A composição predominante foi a de concreto revestido com cerâmica, representando 72% dos casos nas áreas secas e 90% dos casos nas áreas molhadas.

Figura 24 - Composição dos pisos.



Quanto à composição da cobertura, esta também se apresentou bem heterogênea, sendo que por consequência a mesma solução utilizada para as paredes foi adotada aqui, generalizando-se os dados. Assim, a cobertura foi classificada como sendo composta por três partes: tipo de telha, existência de laje de concreto e forro. As telhas foram separadas por telha cerâmica, telha de fibrocimento e inexistência de telha (laje impermeabilizada). Não foi encontrado nenhum caso com telha metálica. Os tipos de forro foram separados em madeira, PVC, gesso ou inexistência de forro. Ao todo, foram encontradas nove combinações diferentes de composição das coberturas, cujas porcentagens individuais da presença de cada elemento estão apresentadas na Figura 25. As telhas de cerâmica e fibrocimento foram as mais utilizadas, tendo um número de ocorrências bem similar. Na maioria das edificações verificou-se a inexistência de laje de concreto (73% dos casos), ficando a cobertura composta apenas por telha, madeiramento e forro. Este, por fim, foi encontrado

predominantemente de madeira (44% dos casos), sendo a quantidade de casos encontrados sem forro menor, mas também expressivo (31% dos casos). A Figura 26 mostra as porcentagens de ocorrência encontradas para cada composição. A composição mais frequente foi aquela com telha de fibrocimento, sem laje e com forro de madeira (25%), seguida pela cobertura com telha cerâmica, sem laje e com forro de madeira (19%).

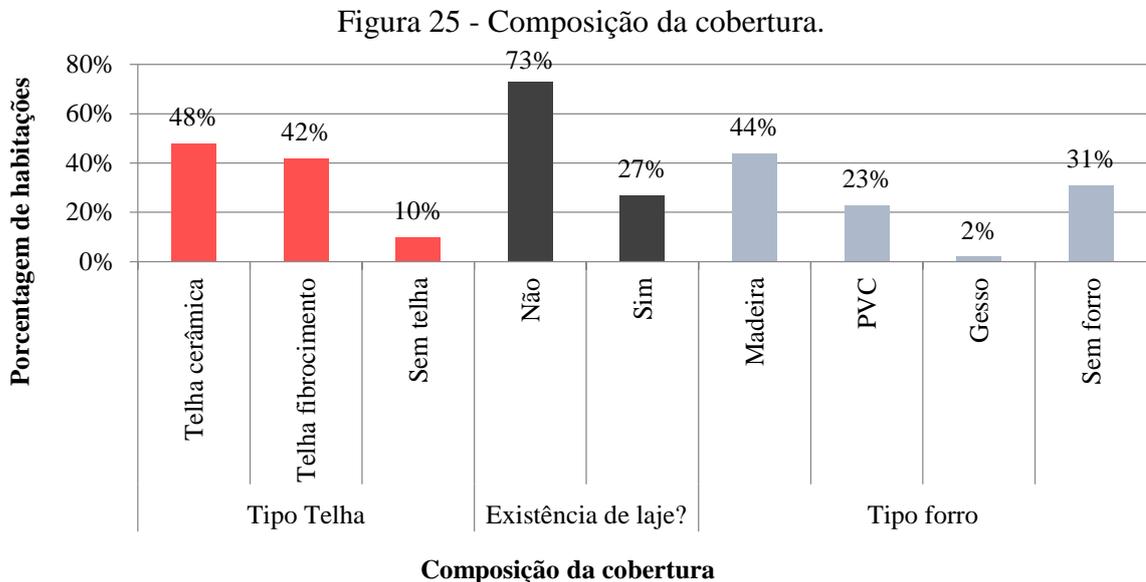
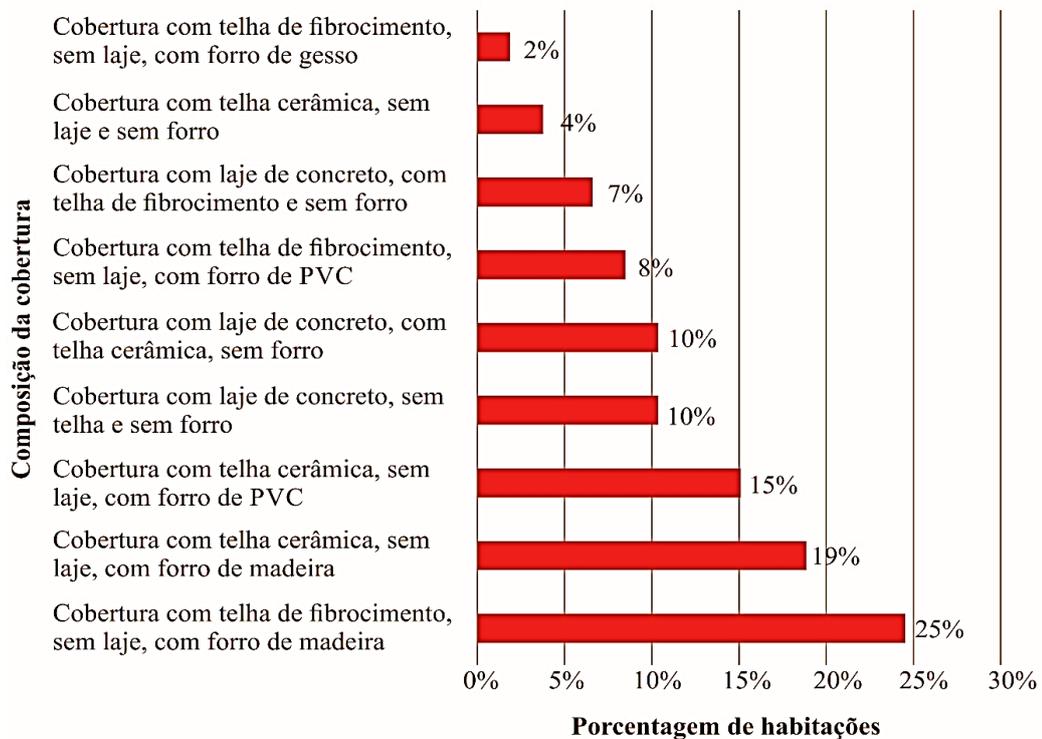
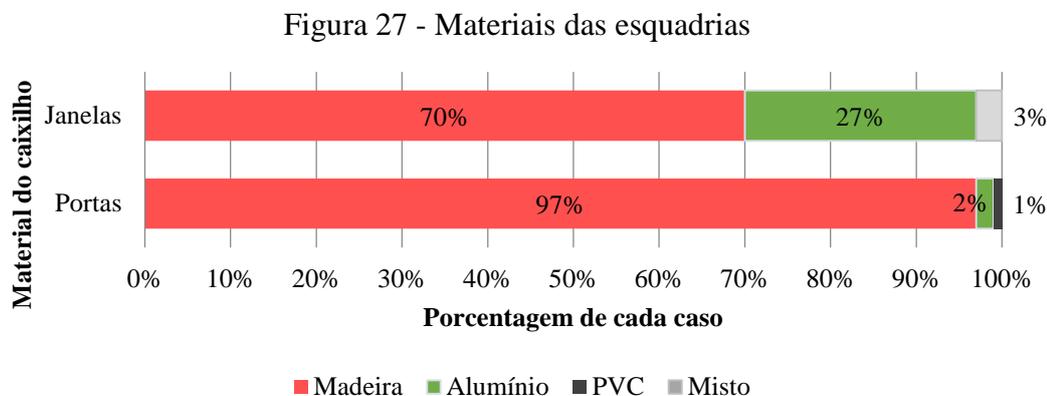


Figura 26 - Porcentagem de ocorrência das composições das coberturas da amostra.

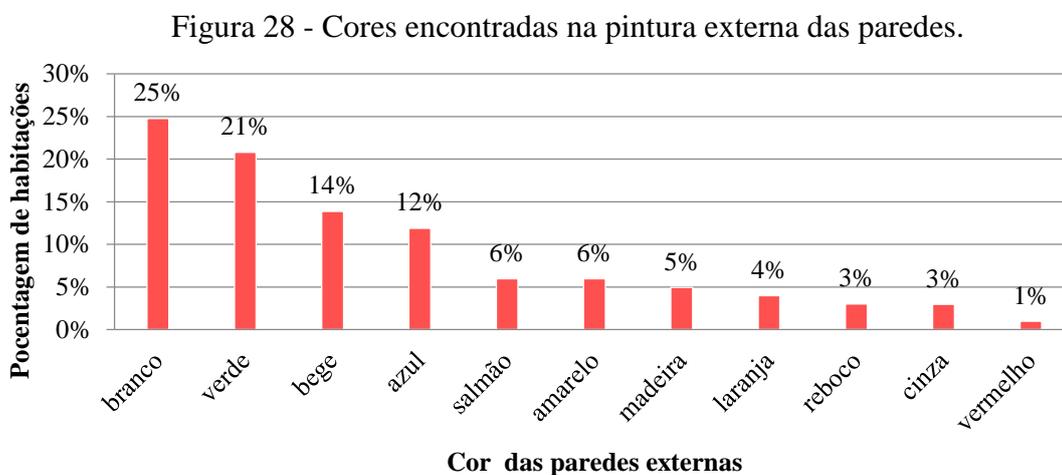


O material dos caixilhos das esquadrias de cada habitação também foi levantado. Igualmente aos casos mencionados anteriormente, adotou-se como material dos caixilhos de cada edificação aqueles que apareceram com maior frequência, desprezando quando um material aparecia em apenas

uma ou duas janelas. A Figura 27 mostra os materiais encontrados para as portas e janelas. Em ambos os casos, a madeira foi o material predominante (70% dos casos para janelas e 97% dos casos para as portas), sendo que para a janela o alumínio foi um material também muito comum, chegando a 27% dos casos.



A partir dos levantamentos, foram encontradas onze cores diferentes, com as absorções variando de 7% (cor branca) até 87% (reboco sem pintura). Os resultados mostraram uma predominância na utilização de cores mais claras na fachada, com absorção entre 10% e 20% (21% dos casos), sendo que em 40% dos casos as absorções ficaram abaixo de 30%. A Figura 28 apresenta a porcentagem de habitações para cada cor de parede externa.



A Figura 29 apresenta os diferentes valores de absorção para cada cor. Os tons de cinza, madeira natural e salmão foram os que apresentaram os menores desvios (menos de 25%). A cor cinza obteve absorção média de 47%, variando 0%. As absorções obtidas para madeira natural variaram de 51% a 71%, e para o salmão de 13% a 38%. Os tons azul e verde apresentaram os maiores desvios, chegando até 57% de diferença entre a menor medida e a maior para a cor verde e 60% para a cor azul. De fato, estas duas cores apresentam uma vasta diferença de tonalidades, influenciando os resultados de absorção, como pode ser visto na Figura 30. Os tons de branco, embora inferior aos tons de verde e azul, também apresentaram grande variação: de 8% a 48%.

Figura 29 - Valores de absorvância encontrados para cada cor.

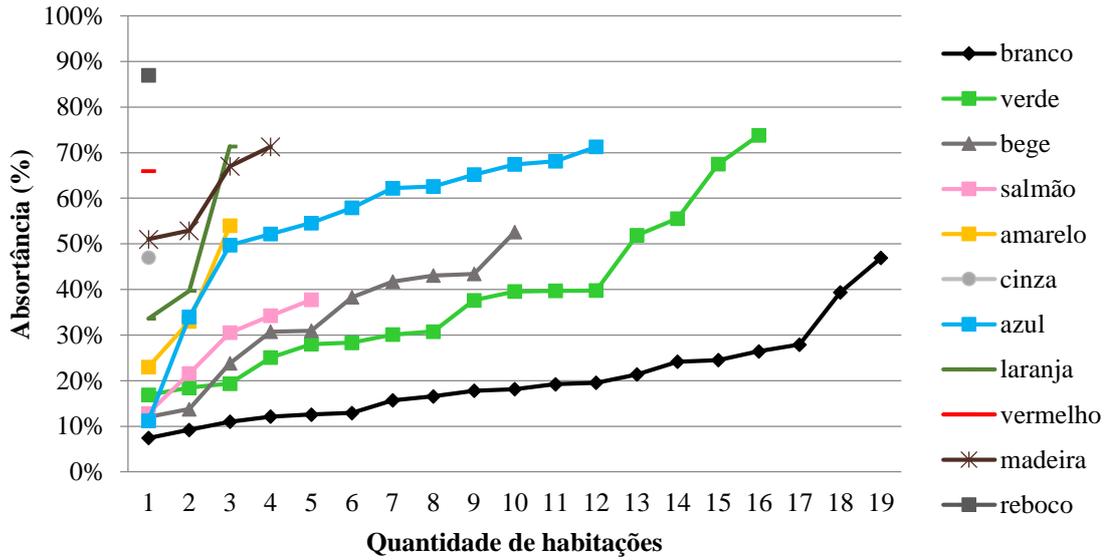
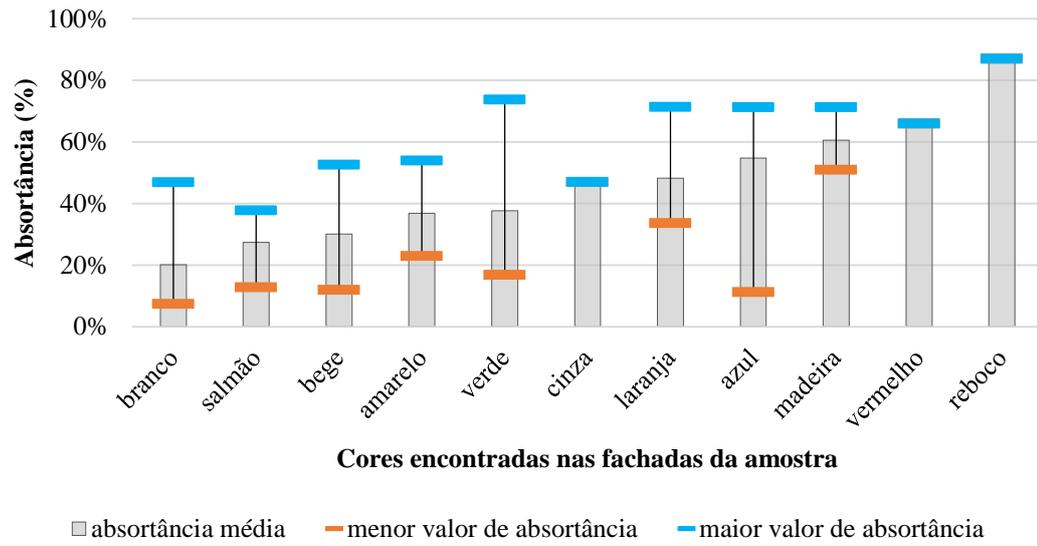


Figura 30 - Variação nas tonalidades de azul encontrada na amostra.



A Figura 31 apresenta a absorvância média por cor, determinada pela média aritmética de todas as medidas de absorvância para cada cor, além do maior e do menor valor encontrado para cada cor. O branco, como esperado, teve a menor absorvância média (20%), enquanto as cores mais escuras, como o vermelho, a madeira natural e o reboco, as maiores (61%, 66% e 87%, respectivamente). Novamente é possível observar que as cores verde e azul apresentaram os maiores desvios em relação a média.

Figura 31 - Absortância média de cada cor.



2. ROTINAS DE OCUPAÇÃO E OPERAÇÃO DE ABERTURAS

2.1. Introdução

As rotinas de ocupação e operação de aberturas, bem como os demais aspectos referentes à operação das edificações, são informações importantes para o entendimento do desempenho da habitação no âmbito térmico e energético. Sabe-se que cada ambiente de uma habitação possui um uso diferente, é ocupado em horários diferentes e por uma quantidade diferente de pessoas. Da mesma forma, o uso é irregular durante o ano, dificultando a criação de perfis simplificados que possam representar uma grande quantidade de habitações.

Na área de avaliação de desempenho térmico e energético de edificações é interessante o uso de ferramentas de simulação de desempenho, as quais necessitam de diversos tipos de informação sobre a edificação, sobre o clima e os materiais, e também sobre a operação da mesma. As rotinas de ocupação e operação de aberturas são informações importantes pois interferem no desempenho da edificação de uma forma ativa, interferem nas estratégias de desempenho e nas temperaturas internas e consumo de energia.

Para os fins desse relatório, as rotinas compreenderam informações sobre a ocupação dos ambientes de cada habitação, sobre o uso de equipamentos eletroeletrônicos e sobre a operação das aberturas (portas e janelas) para a ventilação natural dos ambientes. Essas rotinas representativas foram construídas com base no conceito de perfis de diversidade, no qual a operação é representada por uma unidade (e.g. fração de uso, potência, etc.) em uma base horária considerando sua repetição ao longo do intervalo de tempo analisado, (e.g., uma semana, um ano, etc.).

2.2. Objetivo

O objetivo deste item é determinar rotinas representativas de ocupação e operação de aberturas das habitações para serem utilizadas como dados de entrada em experimentos de simulação computacional do desempenho térmico e energético de edificações.

2.3. Método

Os procedimentos de levantamento de dados estão descritos no Item 1 deste relatório. O questionário de rotinas de ocupação continha os seguintes campos:

- a) Número total de moradores da habitação;
- b) Número de moradores que ocupa cada ambiente da habitação;
- c) Número de moradores que ocupa cada um dos cômodos da habitação em uma escala horária, correspondendo a um dia completo. Tal informação é repetida para dias de semana e finais de semana, e para as estações de verão ou inverno.

O questionário de rotinas de operação de portas e janelas continha os seguintes campos:

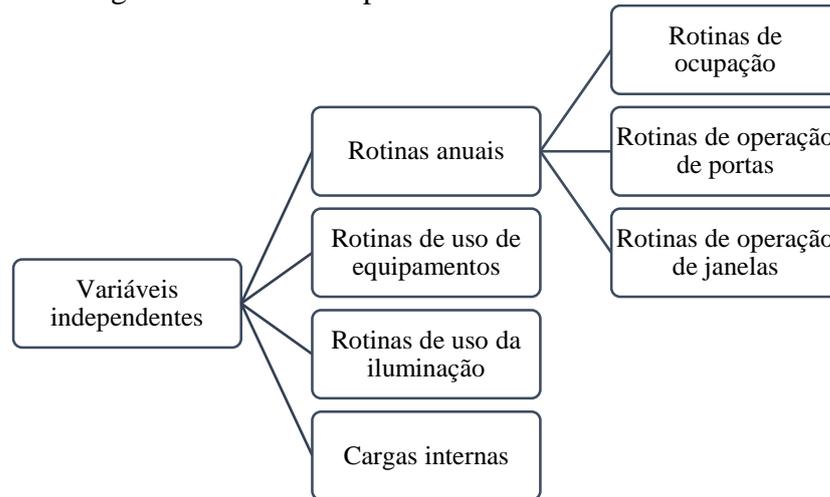
- a) Relação das portas e janelas existentes em cada cômodo;
- b) Tempo em que cada uma das portas e janelas fica totalmente aberta em cada um dos horários do dia, separado em situações de verão ou de inverno.

Sabe-se que o questionário aplicado tem limitações, pois foi elaborado com base na percepção do próprio morador quanto aos seus hábitos e costumes. No entanto, de forma a não aprofundar na

questão do hábito, o questionário indica apenas uma rotina “representativa” de cada habitação; isso possibilita a determinação de perfis de diversidade.

O tamanho da amostra para o período de verão foi de 17 habitações e o tamanho da amostra para o período de inverno foi de 34 habitações (não sendo necessariamente as mesmas habitações no verão ou inverno). A Figura 32 mostra a ordem dos dados coletados nas edificações, e os conjuntos analisados. As rotinas de ocupação, operação de portas e janelas foram convertidas em rotinas anuais, enquanto as demais foram mantidas determinísticas.

Figura 32 – Método aplicado aos dados coletados.



2.3.1. Tratamento das rotinas de ocupação, operação de aberturas

Com a pesquisa estruturada foram obtidas informações horárias de ocupação, separadas por dia da semana ou final de semana, para a ocupação de cada um dos cômodos (sala, dormitório e cozinha) de cada uma das habitações da amostra.

Para generalizar a amostra, foram determinados intervalos de confiança com o teste de *Wilcoxon* do posto pareado (SIEGEL, 2006), por meio do programa Minitab 16 (2013). O teste é um método não-paramétrico para a determinação de intervalos de confiança quando não se sabe exatamente a distribuição de probabilidades dos dados.

A variável utilizada no tratamento estatístico é a taxa de ocupação, definida pela relação entre o número de pessoas que ocupam o cômodo em cada horário do dia pelo número de pessoas total que ocupa cada cômodo, conforme a Equação 3.

$$Tocup_i = \frac{Nhab_i}{Nhab_{total}} \quad (3)$$

Onde:

$Tocup_i$ é a taxa de ocupação no horário i , para situações de dia de semana ou final de semana, inverno ou verão e para cada cômodo da habitação (adimensional);

$Nhab_i$ é o número de habitantes que ocupa cada cômodo no horário i (habitantes);

$Nhab_{total}$ é o número total de habitantes que ocupa cada cômodo (habitantes).

A taxa de ocupação pode ser interpretada como uma fração de carga interna devida à ocupação em cada horário do dia.

Em relação às informações de operação de portas e janelas, os dados também foram tratados com o teste de *Wilcoxon*.

As rotinas de operação de portas e janelas não mostraram diferença significativa entre os dias da semana, portanto foram separadas apenas por verão ou inverno e por cômodo. Para um experimento probabilístico, as rotinas podem ser interpretadas como a probabilidade de que a abertura (porta ou janela) esteja completamente aberta em cada horário no dia na amostra da região pesquisada.

Para a determinação das rotinas de ocupação e de operação de aberturas os dados foram divididos em 24 grupos, um para cada horário do dia. Em cada grupo, a variável aleatória é a taxa de ocupação horária (para a rotina de ocupação) ou a fração horária de portas/janelas totalmente abertas (para a rotina de uso das aberturas). Ressalta-se que a taxa de ocupação é a relação entre o número de pessoas presentes no ambiente no respectivo horário com o número máximo de pessoas possível no ambiente (e não o número total de pessoas da habitação).

Para os 24 grupos, para cada rotina pretendida, calculou-se o intervalo de confiança para a mediana da população com base no teste não paramétrico de *Wilcoxon* do posto sinalizado. O intervalo de confiança para as rotinas de ocupação e operação de aberturas foi de 80%, em função da heterogeneidade dos dados.

De acordo com Siegel (2006) o teste de *Wilcoxon* é extremamente útil para estudos que envolvem variáveis comportamentais. O teste utiliza a direção (sinal) e a magnitude entre as diferenças dos dados com a mediana. O intervalo de confiança é obtido a partir da determinação de todos os números Walsh averages (W_k) da amostra, sendo $n(n+1)/2$ números calculados a partir da Equação 4.

$$W_k = \frac{X_i + X_j}{2} \quad (4)$$

Onde:

W_k são os Walsh *averages*;
 X_i e X_j são os dados da amostra.

Os números Walsh *averages* são ordenados e é calculada a mediana: quando o número de dados é ímpar, a mediana é o dado intermediário; quando o número de dados é par, se utiliza o algoritmo de Johnson e Mizoguchi (1978 apud MEGIDDO et al., 1981) para determinação da mesma. O nível de confiabilidade alcançado é calculado a partir da aproximação normal de *Wilcoxon*, com a Equação 5.

$$Z_W = \frac{\left| W_k - \frac{n(n+1)}{4} \right| - 0,5}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}} \quad (5)$$

Onde:

n é o tamanho da amostra aleatória;
 Z_W é o número de desvios da aproximação normal;
 W_k são os Walsh *averages*.

2.3.2. Rotinas anuais

Para a consolidação de todas as informações das rotinas de ocupação, operação de portas e janelas foram elaboradas rotinas anuais com base na probabilidade de ocorrência de cada valor. Para isso, a taxa de ocupação ou a fração abertura de portas e janelas foram interpretadas como probabilidades de ocorrência.

Para cada horário do dia foi criada uma amostra aleatória de 365 valores com o programa *Simlab 2.0* pelo método de amostragem do Hiper cubo Latino. Com base em cada horário do dia, foram montados dias completos de 24 horas até a criação de um ano completo de 8760 horas.

Ressalta-se que, para a elaboração das rotinas anuais, os períodos de verão e inverno foram respeitados, bem como as separações por ambiente e por dia da semana.

Foram criadas, desta forma, 27 rotinas anuais conforme o Quadro 2. As rotinas anuais não são reportadas neste trabalho por questão de espaço, uma vez que cada uma delas compreende 8760 linhas de dados, e não há outra forma de mostrá-las graficamente ou analiticamente para que seja facilmente interpretável.

Quadro 2 – Rotinas anuais de cargas internas e uso e ocupação.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> a) Rotina de ocupação da cozinha, em limite inferior, mediana e superior; b) Rotina de ocupação da sala, em limite inferior, mediana e superior; c) Rotina de ocupação do dormitório, em limite inferior, mediana e superior; d) Rotina de operação de portas da cozinha, em limite inferior, mediana e superior; e) Rotina de operação de portas da sala, em limite inferior, mediana e superior; f) Rotina de operação de portas do dormitório, em limite inferior, mediana e superior; g) Rotina de operação de janelas da cozinha, em limite inferior, mediana e superior; h) Rotina de operação de janelas da sala, em limite inferior, mediana e superior; i) Rotina de operação de janelas do dormitório, em limite inferior, mediana e superior. |
|--|

2.4. Resultados

Este item mostra as rotinas de ocupação e operação de aberturas por meio de gráficos em intervalos de confiança.

2.4.1. Rotinas de ocupação

O tratamento de dados para a rotina de ocupação, operação de portas e janelas compreendeu a criação de padrões de uso com intervalo de confiança de 80% de confiabilidade. A quantidade de habitações com dados completos para cada análise foram 17 para condição de verão e 34 para condição de inverno.

As rotinas de ocupação no verão são mostradas nas Figuras 33 a 35, e as rotinas de ocupação no inverno são mostradas nas Figuras 36 a 38. A rotina é representada por uma fração de uso, ou seja, uma fração do número total de ocupantes que pode haver em cada ambiente (cozinha, sala ou dormitórios). Na cozinha percebe-se maior representatividade de ocupantes no início da manhã, no início da tarde e no final da tarde; no entanto, é bem irregular entre as habitações.

Na sala percebe-se que há maior probabilidade de ocupação no período da noite, e no restante do dia a ocupação é irregular e não bem definida. Também há a diferença entre dias de semana, com

menos probabilidade de ocupação, e fim de semana, com maior ocupação. Nos dormitórios percebe-se semelhança entre as edificações, nas quais das 0h às 6h praticamente em todos os casos há ocupação em todas as habitações; nos demais horários há certa amplitude no intervalo de confiança, mas sem perda de representatividade.

Figura 33 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação na cozinha no verão, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.

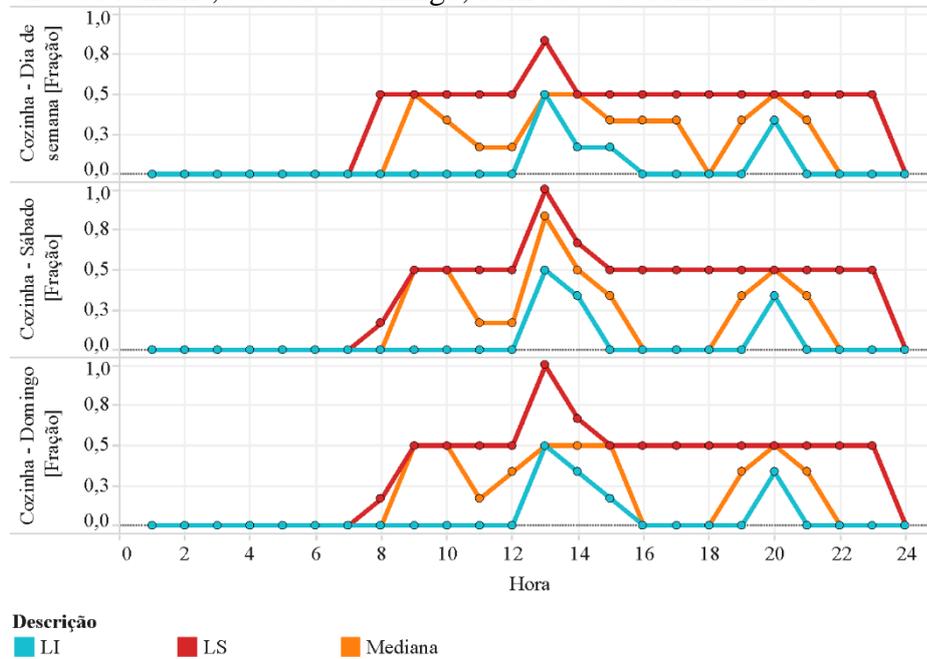


Figura 34 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação na sala no verão, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.

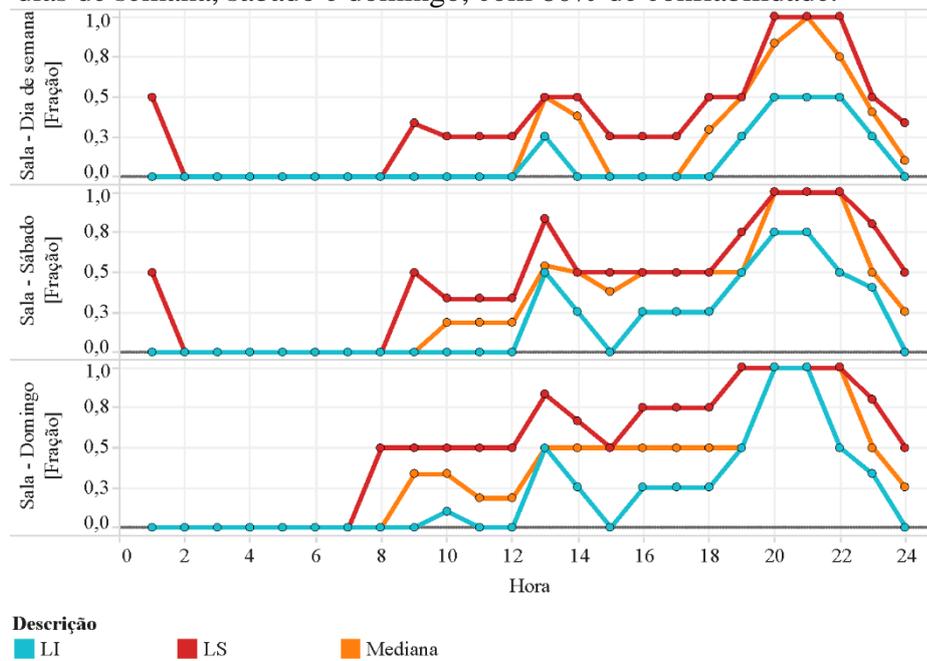


Figura 35 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação nos dormitórios no verão, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.

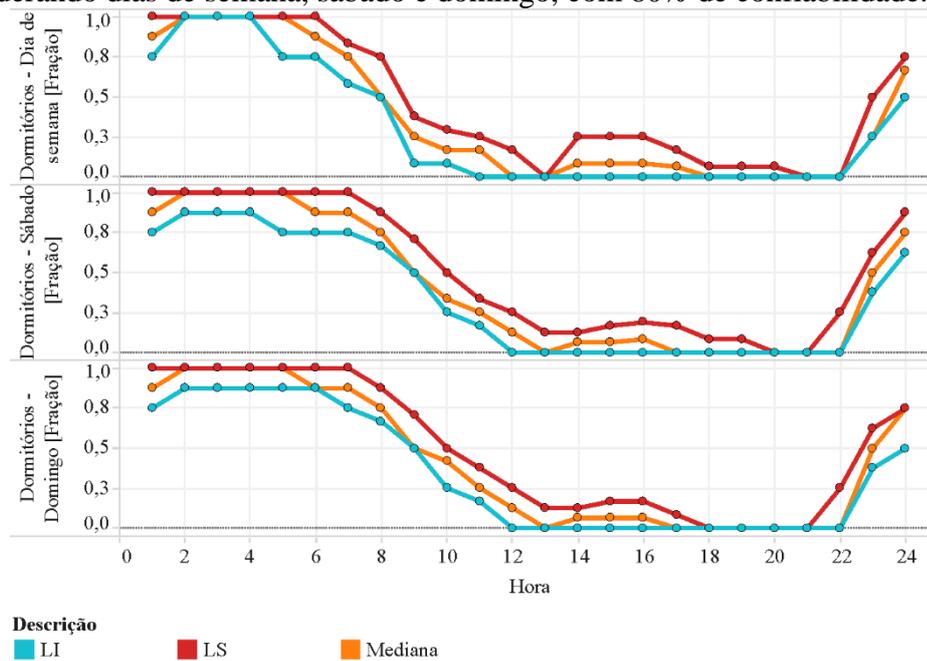


Figura 36 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação na cozinha no inverno, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.

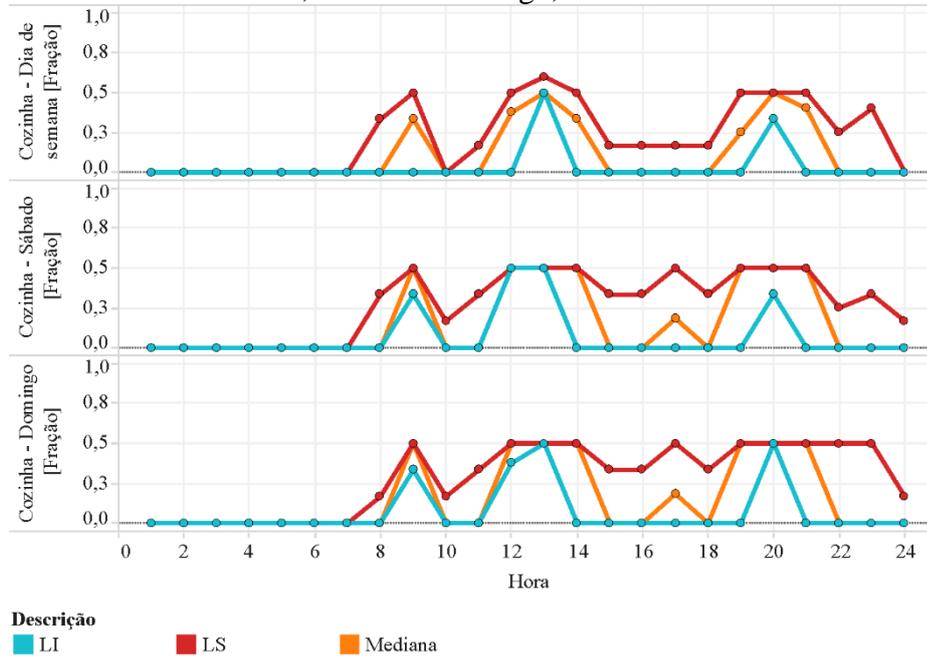


Figura 37 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação na sala no inverno, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.

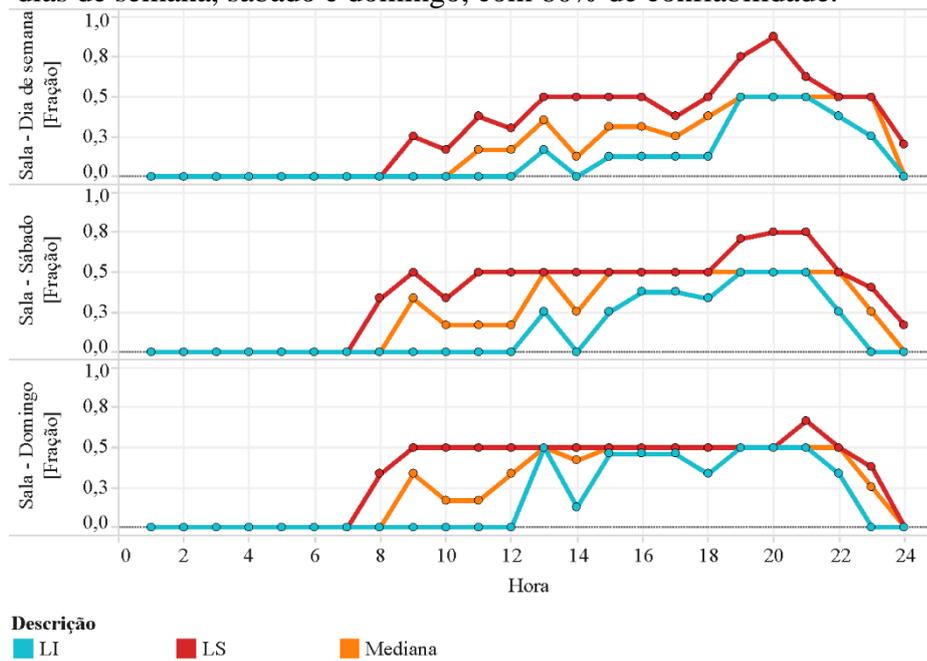
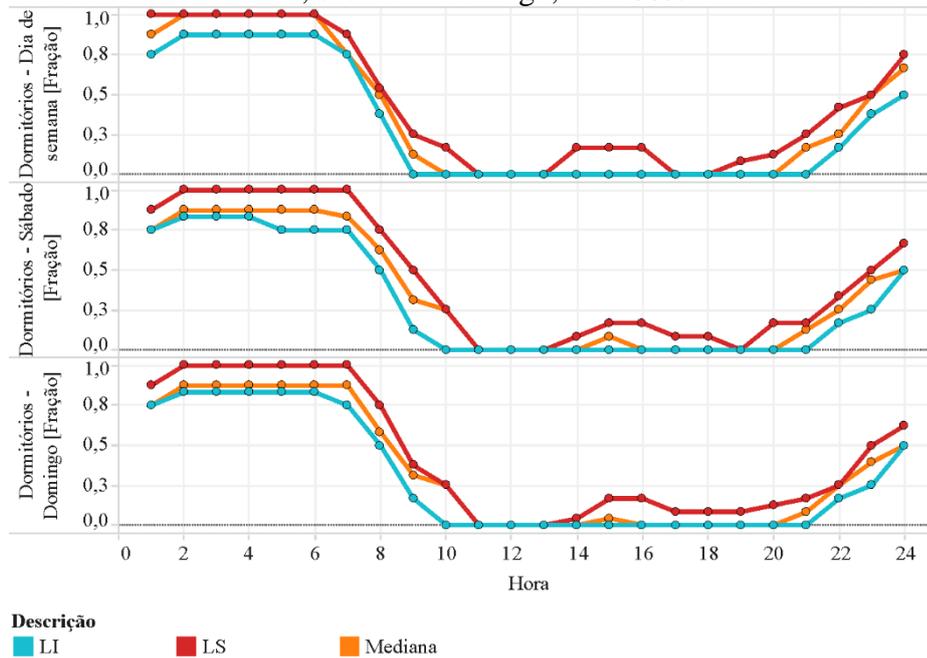


Figura 38 – Intervalo de confiança da rotina de ocupação nos dormitórios no inverno, considerando dias de semana, sábado e domingo, com 80% de confiabilidade.



2.4.2. Rotinas de operação de aberturas

As rotinas de operação de portas e janelas representam uma fração do tempo em que as mesmas estão completamente abertas em relação àquela hora do dia. As Figuras 39 a 41 mostram as rotinas em condições de verão e as Figuras 42 a 44 mostram as rotinas em condições de inverno.

Na cozinha e nos dormitórios as portas e janelas ficam abertas na maior parte do dia, no verão; no inverno o tempo é reduzido. Na sala a rotina é bem diferente entre as habitações, representada pelo maior intervalo de confiança entre o limite inferior e superior.

As rotinas anuais, calculadas conforme o Item 2.3.2, foram efetivamente utilizadas nas simulações computacionais das análises do Volume 3 deste relatório.

Figura 39 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas na cozinha no verão, com 80% de confiabilidade.

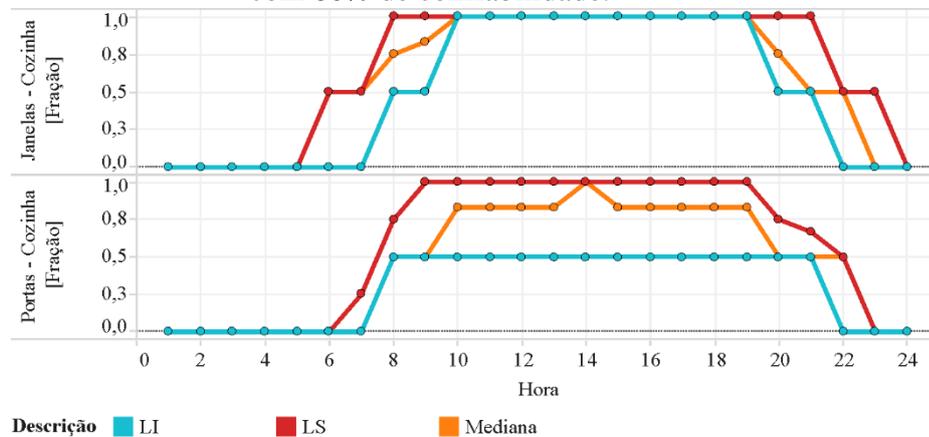


Figura 40 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas na sala no verão, com 80% de confiabilidade.

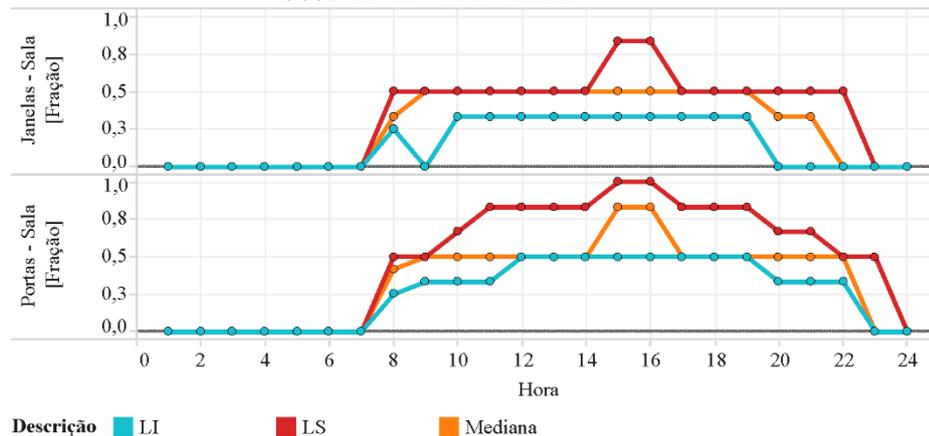


Figura 41 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas nos dormitórios no verão, com 80% de confiabilidade.

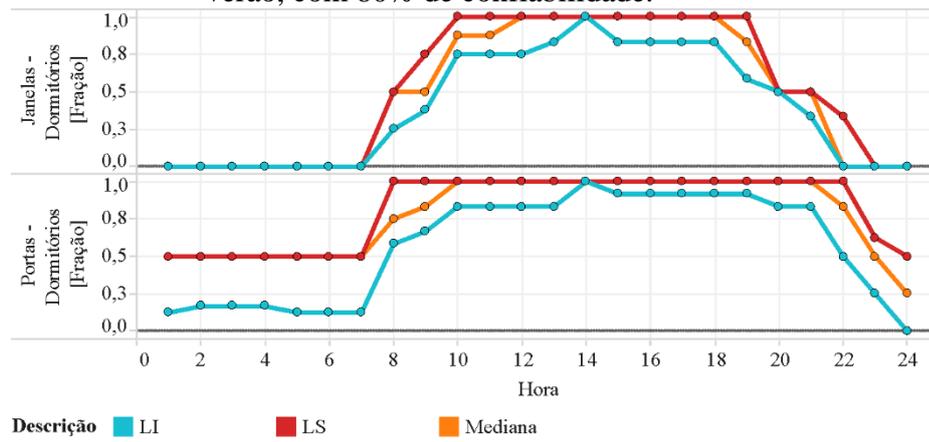


Figura 42 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas na cozinha no inverno, com 80% de confiabilidade.

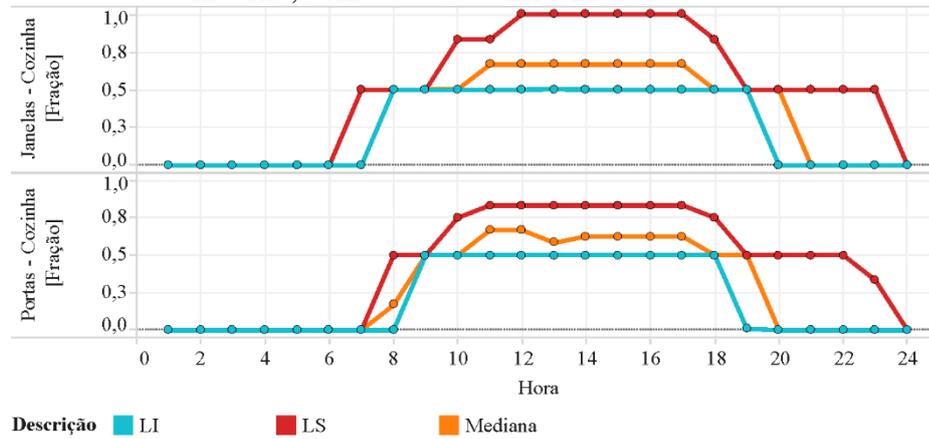


Figura 43 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas na sala no inverno, com 80% de confiabilidade.

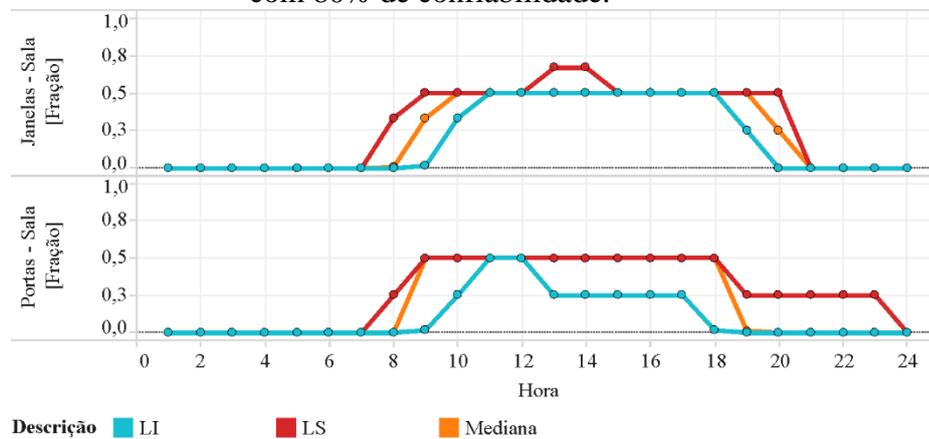
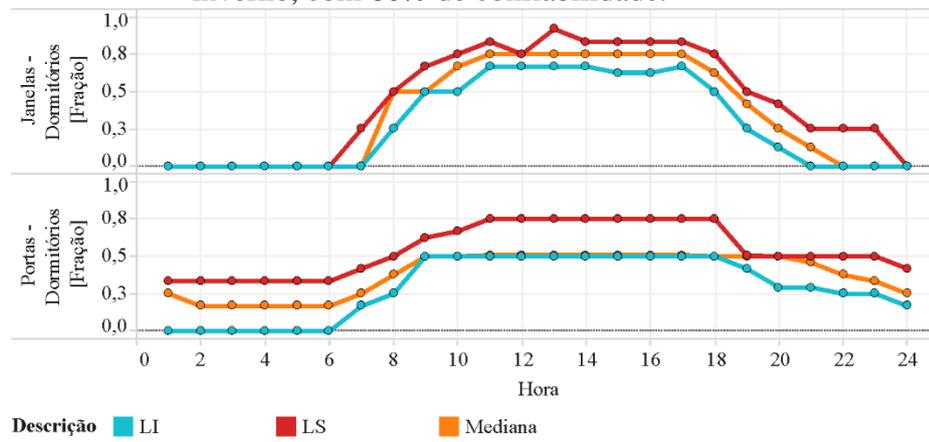


Figura 44 – Intervalo de confiança da rotina de operação das aberturas nos dormitórios no inverno, com 80% de confiabilidade.



3. USOS FINAIS DE ENERGIA

3.1. Introdução

Entender o uso da energia nas habitações é uma tarefa primordial para a elaboração de políticas públicas que visem maior eficiência energética nos segmentos de consumo e distribuição de eletricidade.

O indicador de usos finais de energia é muito utilizado mundialmente, pois possibilita entender as frações de consumo de energia atribuídas a cada equipamento consumidor, cada classe de equipamentos ou outra divisão interessante para cada objetivo.

Ao se determinar quantitativamente os usos finais de energia em habitações individuais e sua representatividade em uma amostra de habitações, o mesmo fornece informações importantes que possibilitam identificar os maiores consumidores e as oportunidades para promover eficiência ou redução do consumo e da demanda de energia elétrica.

O crescimento econômico de um país está associado ao crescimento do consumo de energia e juntamente com demais impactos associados, tendo em vista principalmente a mudança do estilo de vida das pessoas (CHUNG-SHENG; SHU-WEN; XIN, 2012).

No caso do Brasil, o consumo de eletricidade cresceu aproximadamente 56% no período de 2002 a 2011. Atualmente, o setor residencial representa 23,6% do consumo total de energia elétrica do país (BRASIL, 2012a).

O consumo de energia em habitações depende de diversos fatores e atividades dos ocupantes, que são relacionadas com os usos finais de eletricidade (BIN; DOWLATABADI, 2005). Importantes estudos foram realizados no sentido de determinar os usos finais de eletricidade no setor residencial brasileiro (e. g. JANNUZZI; SCHIPPER, 1991; ALMEIDA; SCHAEFFER; LA ROVERE, 2001; GHISI; GOSCH; LAMBERTS, 2007) que ajudam a caracterizar o perfil de consumo e auxiliam no desenvolvimento de estratégias para a eficiência energética.

A determinação dos usos finais de eletricidade é uma etapa primordial para o desenvolvimento de estratégias de eficiência energética. Por meio dela, pode-se identificar que tipo de uso prepondera no consumo final de eletricidade possibilitando maior foco no desenvolvimento de novas tecnologias e eficiência energética.

Santana e Hayashi (1997) fizeram um trabalho sobre o diagnóstico energético de habitações em Salvador, BA. Foi verificado que a eletricidade representa o maior consumo energético, em frente ao gás liquefeito de petróleo (GLP), e a maior parte do consumo de eletricidade é devido aos refrigeradores. O chuveiro elétrico mostrou uso final praticamente constante em todas as faixas de renda analisadas. Foi verificada a correlação direta entre o consumo de energia e a renda familiar.

Ghisi, Westphal e Lamberts (1997) apresentam resultados de potências médias de diversos equipamentos residenciais a partir de medições de consumo de energia e tempo de uso. Os resultados demonstram que a determinação das potências médias leva à estimativa de usos finais mais precisos do que a utilização de potências nominais.

Fedrico, Ghisi e Lamberts (2009) fizeram estimativas dos usos finais de eletricidade em edificações residenciais para cinco regiões geográficas brasileiras. Os dados foram cedidos pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica da Eletrobrás (PROCEL). A análise demonstrou que as variáveis de clima, renda familiar e aspectos culturais influenciam diretamente no consumo de energia, principalmente no caso do chuveiro elétrico.

De acordo com Druckman e Jackson (2009), um aumento do nível socioeconômico direciona para uma expansão do consumo de energia, devido a uma consequência da melhoria do conforto e lazer das pessoas.

Sobre o nível socioeconômico, Ghisi, Gosch e Lamberts (2007) também verificaram que a renda está diretamente associada com o consumo de energia. O aumento do salário mínimo de R\$200,00 para R\$622,00 na última década (BRASIL, 2007; 2011a) pode ter contribuído para um aumento no consumo de energia nesse período.

Nesse contexto, o Brasil desenvolve diversos programas de eficiência energética em edificações residenciais, como o PROCEL Edifica e o Programa Brasileiro de Etiquetagem, que tratam da edificação em si e também da eficiência de cada equipamento elétrico residencial individualmente. Em todos eles, é imprescindível a correta quantificação dos usos finais de eletricidade e das rotinas de uso, para que o programa em questão seja eficaz.

3.2. Objetivo

O objetivo desta etapa é demonstrar o método e resultados da quantificação dos usos finais de energia elétrica na amostra de habitações de interesse social de Florianópolis-SC e o tratamento de dados de outras variáveis relacionadas ao consumo de energia.

3.3. Método

O trabalho tratou de analisar os dados relacionados ao consumo de eletricidade em habitações de interesse social, de forma a integrar variáveis socioeconômicas, usos finais de energia e rotinas de uso. O método é dividido em coleta de dados do consumo de eletricidade, tratamento de dados e análise de dados.

3.3.1. Coleta de dados

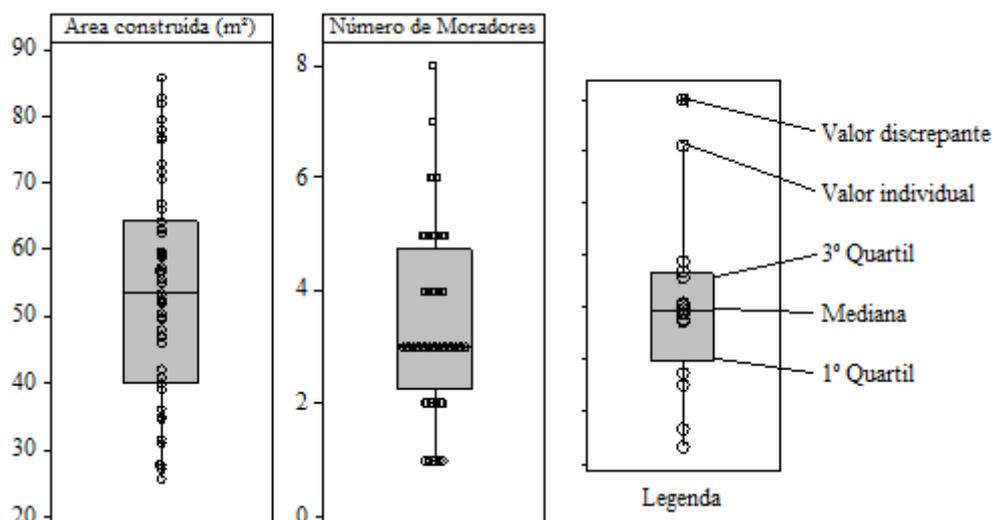
Os dados foram obtidos através de auditoria energética em habitações com equipamentos de medição e monitoramento do consumo de eletricidade, e pesquisa estruturada por meio de questionários. As pesquisas foram feitas em períodos de verão e inverno do ano de 2012.

3.3.1.1. Amostra

Foram selecionadas aleatoriamente 60 habitações de interesse social de Florianópolis-SC. As habitações foram classificadas pela sua localização em áreas de baixa renda com base no Plano Municipal de Habitações de Interesse Social (PMF, 2012).

As habitações possuem área construída de 25 a 85 m², de 1 a 8 moradores, de acordo com a Figura 45. O sistema construtivo predominante foi alvenaria de tijolos cerâmicos, e algumas habitações de madeira.

Figura 45 - Área construída e número de moradores da amostra de habitações.



3.3.1.2. Escopos e questionários

Foram utilizados três tipos de questionários durante as entrevistas: (1) socioeconômico, (2) usos finais de eletricidade e (3) rotinas de uso dos equipamentos eletroeletrônicos.

O questionário socioeconômico reuniu informações a respeito da renda de cada morador, a renda total familiar e o número de moradores.

No questionário de usos finais de eletricidade, todos os equipamentos eletroeletrônicos da edificação foram registrados por meio das seguintes características: tipo, modelo, consumo de eletricidade, e em qual cômodo se localiza. Também foram obtidas as faturas de eletricidade da concessionária local dos últimos 12 meses, para análise de validação das estimativas.

O questionário de rotinas de uso dos equipamentos reuniu informações sobre o tempo de utilização dos mesmos, em cada horário do dia, e a frequência de ocorrência no mês. Essas rotinas de uso foram estimadas pelos moradores, para períodos de verão e inverno, obtendo-se dados de fração horária para cada evento.

3.3.1.3. Equipamentos de medição

O consumo de eletricidade de cada equipamento eletroeletrônico da habitação foi medido e monitorado por um período mínimo de duas semanas em cada habitação. Para isso, dois tipos de medidores foram utilizados: (1) *PowerBall T8* e (2) *CEM 1000*.

O medidor *PowerBall T8* foi utilizado para determinar o tempo total de uso do equipamento e a eletricidade total consumida no período. O medidor é limitado a equipamentos de potência menor ou igual a 2,2 kW, o que inclui: geladeira, refrigeradores, máquina de lavar roupa, micro-ondas, televisão, computadores, ferro de passar roupa, ventiladores, cafeteira, secador de cabelos, entre outros. O chuveiro elétrico foi caracterizado pela potência nominal fornecida pelo fabricante, sendo que nenhum chuveiro encontrado foi do tipo de potência variável.

Desta forma, foram obtidas informações de consumo de eletricidade e tempo total de uso de cada equipamento, em cada uma das habitações, possibilitando o cálculo da potência média dos equipamentos.

O medidor *CEM 1000* foi utilizado para medir as características das lâmpadas, como: potência instantânea, fator de potência, tensão e corrente. As lâmpadas não foram monitoradas para a determinação da potência média, mas apenas da potência instantânea.

3.3.2. Tratamento de dados

O tratamento de dados foi realizado para a determinação de valores representativos dos usos finais de eletricidade e da determinação de intervalos de confiança para as rotinas de uso e os usos finais.

Com o método de coleta de dados, cada equipamento teria uma rotina de uso. No entanto, em termos de simulação computacional, inserir cada equipamento individualmente no programa é uma prática inviável e que não contribuiria em nada para a precisão do experimento. Além disso, esta abordagem tornaria o modelo muito detalhado e aumentando a possibilidade de ocorrência de erros.

Desta forma, foi proposta uma rotina generalizada por ambiente da edificação, na qual todos os equipamentos de um mesmo ambiente foram agrupados e uma rotina média representativa foi criada. Para a criação dessa rotina, a fração de potência de cada equipamento foi ponderada por dois fatores: (1) a existência do mesmo em cada uma das habitações da amostra, e (2) pela sua potência média em cada habitação. Como foi utilizada a rotina de cada equipamento, em cada habitação, ponderada por cada potência e pela sua existência nas habitações, foi impossível a determinação de intervalos de confiança para as rotinas de uso. A incerteza, no caso dos equipamentos, foi dada exclusivamente pelos intervalos das potências instaladas. Obtém-se uma rotina representativa por cômodo, associada à potência média instalada em cada cômodo.

Os equipamentos incluem geladeira, refrigeradores, máquina de lavar roupa, micro-ondas, televisão, computadores, ferro de passar roupa, ventiladores, cafeteira, secador de cabelos, entre outros.

3.3.2.1. Rotinas de uso dos equipamentos

Os dados obtidos foram representados de forma que, em cada uma das 24 horas do dia (para o verão e para o inverno) houvesse o tempo de uso de cada equipamento em minutos.

A potência média dos equipamentos eletroeletrônicos foi obtida por meio da Equação 6.

$$PM_i = \frac{CE_i}{T_i} \quad (6)$$

Onde:

PM_i é a potência média do equipamento i em cada habitação (W);

CE_i é o consumo de eletricidade do equipamento i em cada habitação (Wh);

T_i é o tempo total de uso do equipamento i em cada habitação (h).

Uma das aplicações das rotinas de uso é na simulação termoenergética de edificações, onde são consideradas as rotinas de uso de equipamentos e iluminação por meio de frações horárias de picos de carga. A rotina de uso média por ambiente foi calculada com a Equação 7, sendo que a fração de potência em cada ambiente é calculada conforme a Equação 8.

$$PMH_i = \sum_{j=0}^n \frac{PM_{ij}}{n} \quad (7)$$

Onde:

PMH_i é a potência média do equipamento i em todas as habitações (W);
 PM_{ij} é a potência média do equipamento i em cada habitação j (W);
 n é o número total de habitações (adimensional).

$$FP_j = \frac{\sum_{i=0}^m FP_{ij} \times PMH_i \times n_i}{n \times \sum_{i=0}^m PMH_i} \quad (8)$$

Onde:

FP_j é a fração de potência em cada horário j do dia para cada ambiente de permanência prolongada (adimensional);
 j é o horário do dia, variando de 0 a 23 (horas);
 FP_{ij} é a fração de potência do equipamento i no horário j do dia, em cada ambiente de permanência prolongada (adimensional);
 m é o número de equipamentos (adimensional);
 n_i é o número de habitações que contém o equipamento i (adimensional);
 n é o número total de habitações (adimensional);
 PMH_i é a potência média do equipamento i nas habitações (W).

Finalmente, cada valor de FP_j de 0 a 23 horas representa uma rotina de uso representativa para cada ambiente de permanência prolongada da edificação, associado à soma das potências médias dos equipamentos em cada ambiente.

3.3.2.2. Usos finais de eletricidade

O consumo total diário de eletricidade com cada equipamento foi calculado por meio da Equação 9.

$$CED_i = \sum_0^{24} PM_i \times t_i \quad (9)$$

Onde:

CED_i é o consumo de eletricidade diário de cada equipamento i em cada habitação (Wh/dia);
 PM_i é a potência média do equipamento i em cada habitação (W);
 t_i é o tempo de uso de fracionado em cada hora do dia, entre 0 e 1 (horas/dia).

O consumo de energia mensal de cada equipamento foi determinado pela multiplicação do consumo diário pelo número de dias que é utilizado em cada mês, conforme a entrevista com o morador. O consumo de energia mensal de cada habitação foi determinado por meio da Equação 10.

$$CEM = \sum_i^n CED_i \times d_i = \sum_i^n CEM_i \quad (10)$$

Onde:

CEM é o consumo de energia mensal de cada habitação (Wh/mês);
 n é o número total de equipamentos em cada habitação (adimensional);
 CED_i é o consumo de energia diário de cada equipamento i em cada habitação (Wh/dia);
 d_i é o número de dias que o equipamento i é utilizado no mês (dias/mês);
 CEM_i é o consumo de energia mensal de cada equipamento i (Wh/mês).

O uso final de cada equipamento é determinado através da Equação 11, para cada habitação.

$$UF_i = 100 \frac{CEm_i}{CEm} \quad (11)$$

Onde:

UF_i é o uso final de cada equipamento i em cada habitação (%);

CEm_i é o consumo de eletricidade mensal de cada equipamento i em cada habitação (Wh/mês);

CEm é o consumo de eletricidade mensal de cada habitação (Wh/mês).

3.3.3. Análise de dados

Ao todo, três análises foram realizadas: (1) análise de validação do consumo de eletricidade, (2) análise dos usos finais de eletricidade, (3) análise das rotinas de uso dos equipamentos. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa *Minitab* 16.

3.3.3.1. Análise de validação do consumo de eletricidade

O consumo mensal de eletricidade de cada habitação foi comparado com a média mensal dos consumos de eletricidade medidos pela concessionária de energia elétrica nos últimos 12 meses. Se a diferença entre o consumo mensal estimado com o consumo médio faturado fosse maior do que 20%, a edificação seria excluída das análises. O critério foi definido apenas para os fins deste trabalho, tendo por objetivo evitar a exclusão de muitas habitações da análise e, ao mesmo tempo, manter um nível razoável de precisão.

O processo descrito resultou na exclusão de sete edificações que não atenderam a diferença de 20%.

3.3.3.2. Análise dos usos finais

Para mostrar uma tendência da amostra foi realizada a determinação do intervalo de confiança de 90% para a mediana da amostra com o teste não paramétrico de *Wilcoxon*, obtendo-se uma generalização da população amostrada.

Os testes não paramétricos são independentes de aderência às distribuições de probabilidades conhecidas e são computados para a mediana da amostra. A única suposição é que a amostra é oriunda de uma distribuição contínua e simétrica em torno da mediana (SIEGEL, 2006).

3.3.3.3. Análise das rotinas de uso

Do item de tratamento de dados, foram obtidas rotinas representativas para cada habitação, considerando a potência média de cada equipamento, a fração de potência em cada horário e a existência do mesmo em cada habitação.

Neste item, as rotinas foram generalizadas para a população por meio de intervalos de confiança de 80% através do teste não paramétrico de *Wilcoxon*. A confiabilidade de 80% foi escolhida devido à grande variabilidade dos dados, e também ao reduzido tamanho da amostra. Cada valor da variável FP_j da Equação 7 entre as habitações foi utilizado na análise.

Este item resulta em rotinas de uso para os equipamentos e iluminação em cada ambiente de permanência prolongada, representando toda a amostra. Para o chuveiro elétrico foi determinada rotina de uso separadamente.

A potência média instalada (em Watts) em cada ambiente em cada habitação foi convertida para densidade de potência média (em W/m²), sendo a potência absoluta de cada equipamento dividida pela área de cada ambiente. A densidade de potência foi generalizada para a amostra por meio do Teste-t de *Student* com 90% de confiabilidade através da Equação 12, assumindo-se a normalidade dos dados. Desta forma, com a conciliação da rotina de uso com a densidade de potência média, encontra-se o consumo de energia mensal que representa a população amostrada.

$$\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2(n-1)}} \times \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu_0 < \bar{x} + t_{\alpha/2(n-1)} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (12)$$

Onde:

\bar{x} é a média dos dados da amostra;

$t_{\alpha/2(n-1)}$ é o inverso da distribuição cumulativa de probabilidades *t* de Student com *n-1* graus de liberdade e com nível α de significância;

S é o desvio padrão da amostra;

n é o tamanho da amostra;

α é o nível de significância igual a 10%;

μ_0 é a média estimada da população.

As lâmpadas foram predominantemente fluorescentes compactas, o que explica as baixas densidades de potências instaladas, mas foram encontradas lâmpadas incandescentes, mas com pouca representatividade na amostra.

3.4. Resultados

Este item apresenta os resultados separados por usos finais de eletricidade e rotinas de uso.

3.4.1. Rotinas de uso dos equipamentos

A Figura 46 apresenta as rotinas de uso dos equipamentos por ambiente, onde o eixo *y* representa a fração de potência utilizada, o qual é associada às densidades de potência da Figura 47 para cada ambiente de permanência prolongada. Para o dormitório, por exemplo, a potência média instalada com equipamentos é de 18,28 W/m², sendo que a média varia de 10,21 a 26,36 W/m², com 80% de confiabilidade.

Percebe-se que as frações da Figura 46 são pequenas em relação às potências médias totais instaladas em cada ambiente, alcançando no máximo fração de 0,33 no dormitório. Essa fração representa de certa forma, um coeficiente de simultaneidade do uso dos equipamentos eletroeletrônicos da edificação.

Conciliando-se a Figura 46 com a Figura 47, pode-se afirmar que, às 20h, no dormitório, são utilizados de 3,38 a 8,56 Wh/m² (pela multiplicação do intervalo de potências pela respectiva fração de potência) com 80% de confiabilidade.

Figura 46 - Rotinas médias de uso de equipamentos eletroeletrônicos.

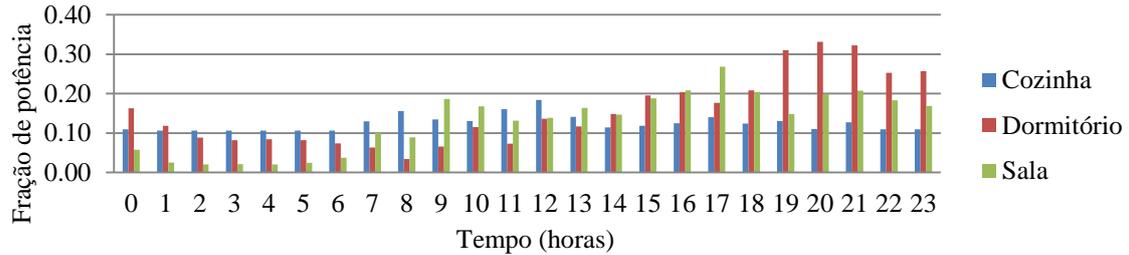
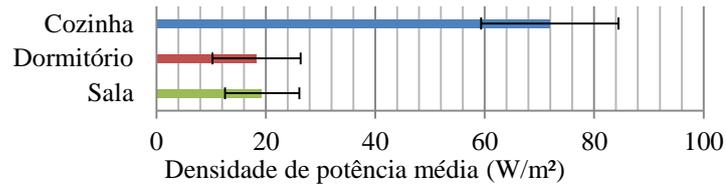


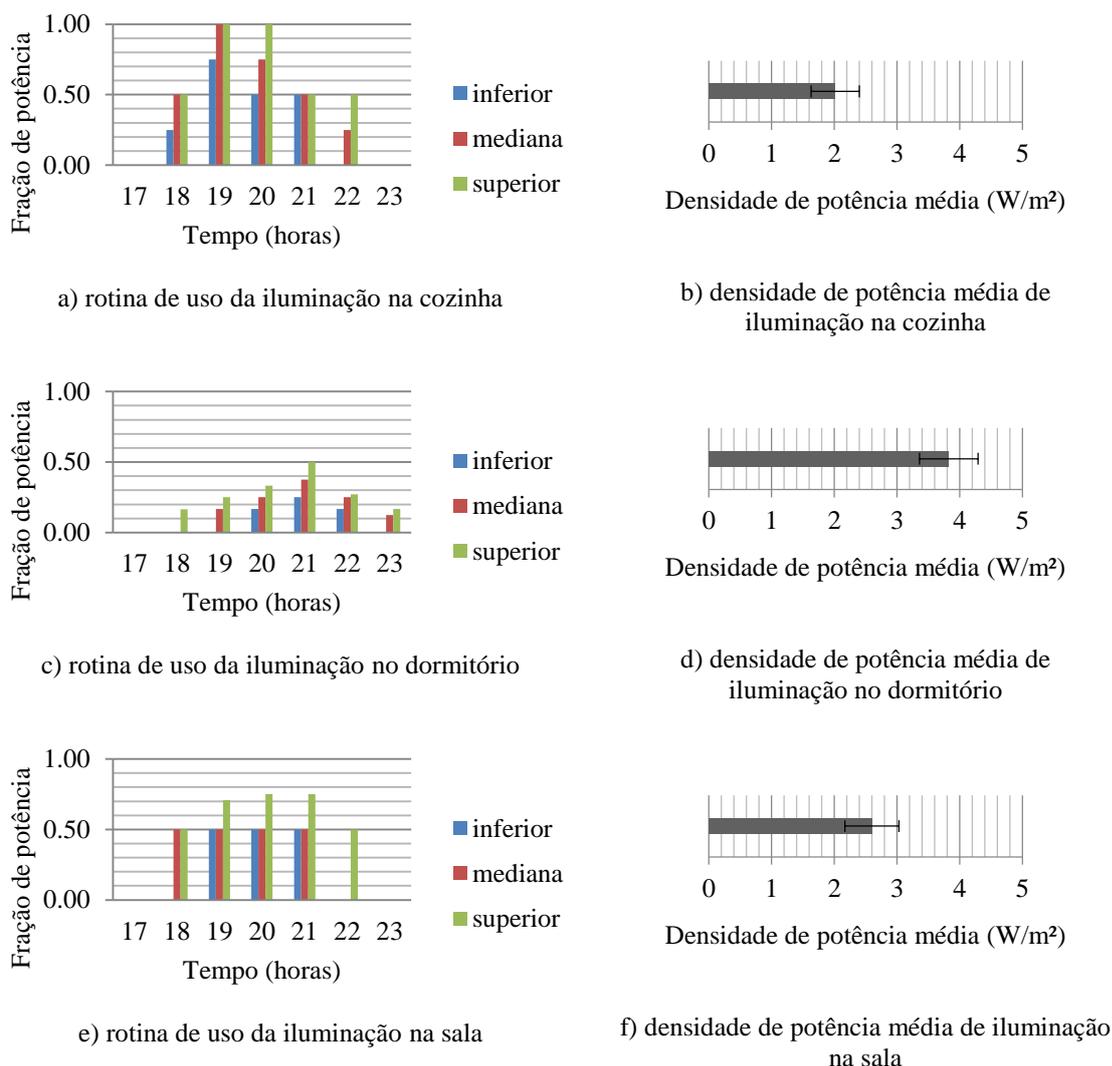
Figura 47 – Densidade de potência instalada com equipamentos.



A Figura 48 apresenta as rotinas de uso da iluminação, mostrando a fração de potência e os horários do dia a partir das 17h; nos demais horários a fração é zero. Nesse caso, são apresentados intervalos de confiança de 80% em nível inferior, mediana e superior. Algumas vezes o nível inferior ou a mediana são nulos, e a barra específica não aparece nas Figuras. Todas as rotinas por ambiente são associadas às densidades de potência mostradas na mesma Figura 48, com o teste-t e 80% de confiabilidade. Para o dormitório, por exemplo, a densidade de potência média instalada com iluminação (Figura 48-d) é de 3,82 W/m², sendo que a média varia de 3,35 a 4,29 W/m², com 80% de confiabilidade.

Pode-se dizer que, no caso do dormitório, às 20h, a iluminação é utilizada de uma fração de 0,167 a 0,333, que representa de 10 a 20 minutos nessa hora completa. Ao conciliar a fração de potência com a potência média no dormitório, por exemplo, às 20h, são utilizados de 0,56 a 1,42 Wh/m², com 80% de confiabilidade.

Figura 48 – Rotinas de uso de iluminação com intervalos de 80% de confiabilidade e potências médias, separados por ambiente.



Ghisi, Westphal e Lamberts (1997) apresentaram resultados de potências nominais e médias de equipamentos residenciais, por meio de auditoria energética. Foi constatada a necessidade da medição do consumo de energia *in loco* dos equipamentos, pois a utilização de consumos mensais informados pelo fabricante (para determinadas condições) pode ser bem diferente das condições reais verificadas. No trabalho citado, no caso das geladeiras, o consumo informado pelo fabricante foi 178% superior ao medido.

Erros como este podem levar a quantificações incorretas dos usos finais de eletricidade, o que foi contornado pela medição da potência média neste presente estudo.

O chuveiro elétrico, o maior uso final encontrado na amostra desse trabalho, apresenta rotinas de uso e a potência média de acordo com a Figura 49. Os intervalos para as rotinas são de 80% de confiabilidade com método não paramétrico, e para a potência, é de 80% de confiabilidade com o teste-t de *Student*. Para o tempo de uso (Figura 49-a), percebe-se predominância às 7h e às 19h. A fração de potência média é de 0,10, enquanto varia de 0,06 a 0,16 com 80% de confiabilidade às 7h. Para as 19h, a média também é de 0,10, mas com variação de 0,03 a 0,16.

Uma forma de interpretar a Figura 49-a seria relacioná-la com o tempo de uso, onde uma fração horária de 0,10 corresponde a 6 minutos de uso na potência nominal, na respectiva hora do

dia. Às 7h, por exemplo, o chuveiro é utilizado de uma fração de 0,063 a 0,167 (3,8 a 10 minutos na hora completa) e é utilizado de 193 a 590 Wh nesse horário, com 80% de confiabilidade.

A Figura 50 mostra a rotina de uso para os equipamentos da cozinha para o ano todo, considerando apenas a mediana dos dados. A Figura 51 mostra o mesmo para a rotina de uso dos equipamentos na sala e Figura 52 mostra para os equipamentos do dormitório.

Figura 49 - Rotinas de uso e potência média do chuveiro elétrico, com 80% de confiabilidade.

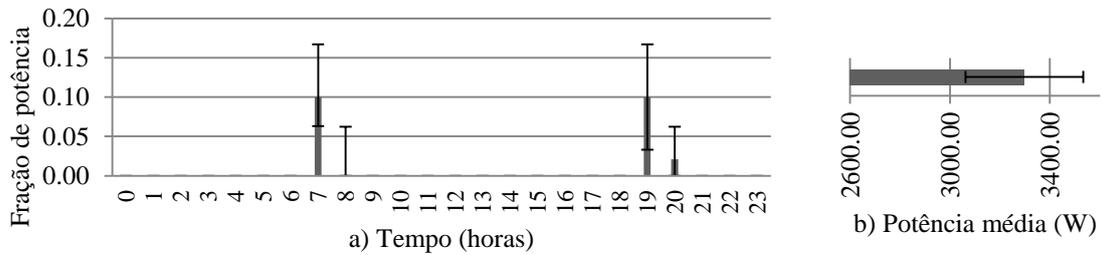


Figura 50 – Rotina de uso dos equipamentos na cozinha para o ano todo.

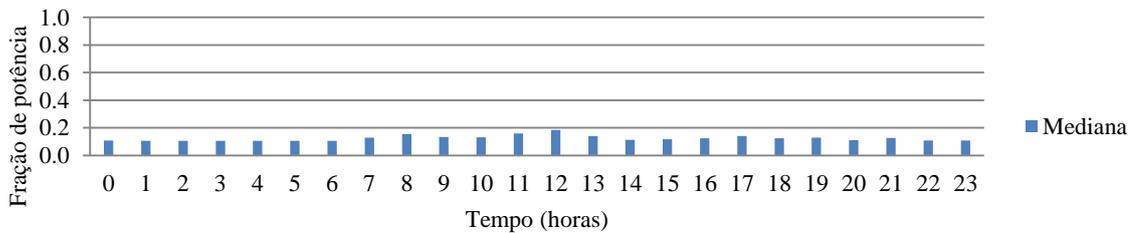


Figura 51 – Rotina de uso dos equipamentos na sala para o ano todo.

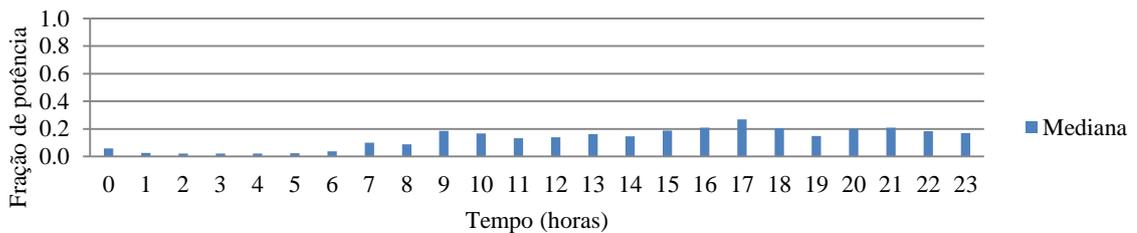
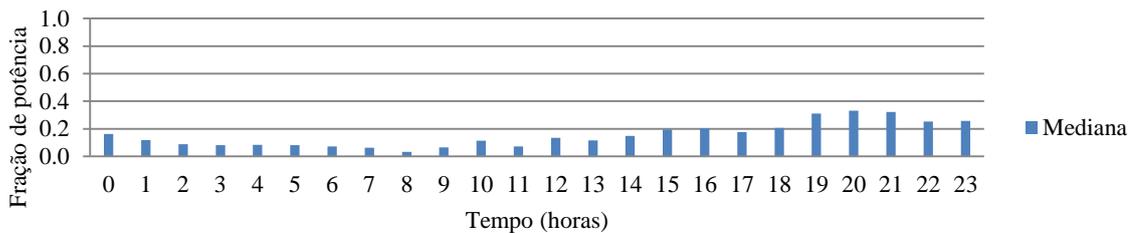


Figura 52 – Rotina de uso dos equipamentos no dormitório para o ano todo.



A Tabela 3 mostra quantitativamente as rotinas de uso dos equipamentos para cada ambiente, bem como o consumo de energia médio. A Tabela 4 mostra as rotinas de uso da iluminação para os ambientes.

Tabela 3 – Fração de uso e consumo de energia elétrica para os equipamentos para cada ambiente das habitações e para cada horário do dia.

Hora	Fração de uso			Consumo de energia médio (Wh/m ²)		
	Cozinha	Dormitório	Sala	Cozinha	Dormitório	Sala
0	0,109	0,163	0,058	7,86	2,98	1,12
1	0,106	0,118	0,025	7,62	2,16	0,49
2	0,106	0,088	0,020	7,62	1,61	0,39
3	0,106	0,082	0,021	7,62	1,50	0,40
4	0,106	0,084	0,020	7,65	1,55	0,39
5	0,106	0,082	0,024	7,62	1,50	0,47
6	0,106	0,074	0,037	7,63	1,35	0,72
7	0,129	0,063	0,100	9,30	1,15	1,94
8	0,155	0,034	0,089	11,17	0,62	1,72
9	0,134	0,065	0,186	9,65	1,19	3,60
10	0,130	0,115	0,167	9,38	2,11	3,23
11	0,160	0,073	0,132	11,53	1,34	2,54
12	0,184	0,136	0,138	13,21	2,49	2,67
13	0,141	0,117	0,163	10,11	2,14	3,15
14	0,114	0,148	0,146	8,19	2,71	2,83
15	0,118	0,195	0,188	8,49	3,57	3,63
16	0,125	0,203	0,208	8,99	3,72	4,02
17	0,140	0,177	0,268	10,07	3,23	5,17
18	0,124	0,208	0,204	8,90	3,80	3,94
19	0,130	0,310	0,149	9,36	5,67	2,87
20	0,110	0,331	0,199	7,90	6,06	3,84
21	0,127	0,322	0,208	9,12	5,89	4,01
22	0,110	0,253	0,183	7,88	4,62	3,54
23	0,109	0,257	0,168	7,86	4,70	3,25
Nível	Densidade de potência (W/m ²)			Cozinha	Dormitório	Sala
	Cozinha	Dormitório	Sala	Consumo de energia médio (Wh/m ² .dia)		
Inferior	59,3	10,2	12,5	214,73	67,64	59,93
Média	71,9	18,3	19,3	Consumo de energia médio (Wh/m ² .mês)		
Superior	84,5	26,4	26,1	6,44	2,03	1,80

Tabela 4 – Fração de uso e consumo de energia elétrica para a iluminação para cada ambiente das habitações e para cada horário do dia.

Hora	Fração de uso								
	Cozinha			Dormitório			Sala		
	Inf.	Med.	Sup.	Inf.	Med.	Sup.	Inf.	Med.	Sup.
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,25	0,50	0,50	0,00	0,00	0,17	0,00	0,50	0,50
19	0,75	1,00	1,00	0,00	0,17	0,25	0,50	0,50	0,71
20	0,50	0,75	1,00	0,17	0,25	0,33	0,50	0,50	0,75
21	0,50	0,50	0,50	0,25	0,38	0,50	0,50	0,50	0,75
22	0,00	0,25	0,50	0,17	0,25	0,27	0,00	0,00	0,50
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,17	0,00	0,00	0,00
Consumo	Densidade de potência (W/m ²)								
	Cozinha			Dormitório			Sala		
	Inf.	Med.	Sup.	Inf.	Med.	Sup.	Inf.	Med.	Sup.
	2,17	2,60	3,03	3,36	3,82	4,29	1,63	2,02	2,40

3.4.2. Usos finais de eletricidade

A Tabela 5 mostra os usos finais de eletricidade de acordo com o tratamento realizado com o método não paramétrico de 90% de confiabilidade. Os valores discrepantes foram retirados da análise e a ordem dos usos finais é baseada na mediana da amostra. A categoria “Outros” representa equipamentos que individualmente não contribuíram significativamente para os usos finais e apresentaram grande variabilidade entre as habitações amostradas.

De acordo com Ghisi, Gosch e Lamberts (2007) o consumo de eletricidade com o chuveiro elétrico representa 14 a 28% dos usos finais no verão e 26% no inverno, para habitações da Região Sul do Brasil. No mesmo estudo, o refrigerador apresentou de 33 a 34% dos usos finais no verão e 30% no inverno. Conforme a Tabela 5, o chuveiro elétrico, os refrigeradores, a televisão e iluminação representam juntos de 73,8 % a 91,7 % do consumo total de eletricidade das habitações.

Conforme análise de Fedrigo, Ghisi e Lamberts (2009), no verão o chuveiro elétrico representa 39,4% do consumo total de eletricidade, o refrigerador representa 21,3% e a televisão 8,7%. No inverno, o chuveiro representa 43,3%, os refrigeradores 20,4% e a televisão 8,4%. Os resultados são

médios, e é verificada a diferença insignificante dos usos finais com refrigeradores e a televisão entre o verão e inverno, mas há certa diferença no uso do chuveiro elétrico. Neste trabalho, no entanto, os usos finais não mostraram diferença significativa entre os períodos de verão e inverno, possivelmente devido ao pequeno tamanho da amostra, o que explica a generalização dos usos finais para o ano todo.

Tabela 5 - Usos finais de eletricidade com intervalo de confiança de 90% para a mediana.

Uso final	Superior	Mediana	Inferior
Chuveiro elétrico	40,3%	36,8%	33,5%
Refrigeradores	33,1%	29,9%	27,4%
Televisão	12,2%	10,2%	8,4%
Iluminação	6,1%	5,2%	4,5%
Máquina de lavar roupas	1,1%	0,9%	0,7%
Micro-ondas	0,9%	0,6%	0,4%
Outros	13,5%	10,5%	8,0%

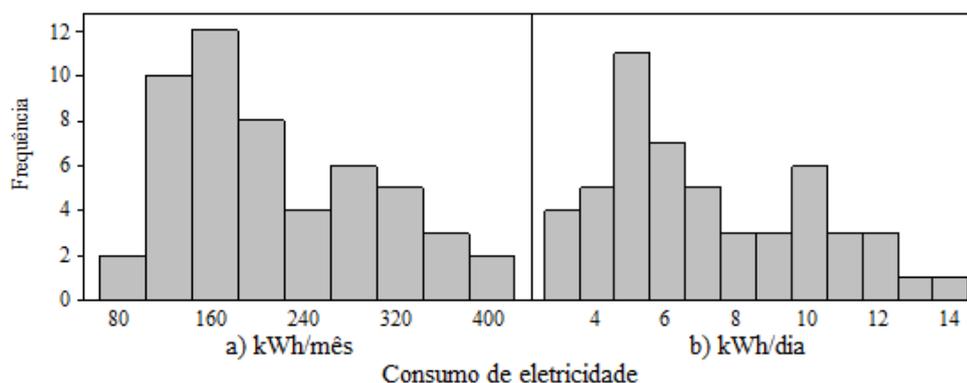
Há alguns programas de eficiência energética promovidos por organizações governamentais ou concessionárias de energia. Um exemplo é na região Centro-Oeste, onde a concessionária local efetua doações de refrigeradores mais eficientes, lâmpadas fluorescentes compactas e a adequação do circuito elétrico das habitações. Esse programa beneficiou 32.000 habitações de interesse social até o momento (Brasil, 2012c). As economias estimadas foram de 4.285,41 MWh por ano e redução de 536,48 kW na demanda de pico.

Os resultados do balanço do Procel apontaram redução de 6.604 GWh de consumo de eletricidade em 2011 e 2.619 MW de redução no pico de demanda, sendo a maior redução nos últimos 5 anos (Brasil, 2012b), devido a iniciativas de eficiência energética.

Neste trabalho, o consumo médio mensal de eletricidade foi de 214 kWh, e a mediana, 194 kWh. De acordo com Ghisi, Gosch e Lamberts (2007), o consumo de eletricidade na Zona Bioclimática onde Florianópolis está localizada é de 7,74 a 8,41 kWh/dia no verão e 8,91 kWh/dia no inverno. Os dados obtidos neste estudo para as 53 habitações apontaram uma média de 7,23 kWh/dia e 7,79 kWh/dia para o verão e inverno, respectivamente.

A Figura 53 mostra a frequência de ocorrência dos dados medidos de consumo de eletricidade por mês (Figura 53-a) e por dia (Figura 53-b) em todas as habitações. Percebe-se que o consumo de eletricidade da amostra teve uma grande amplitude, variando de 80 a 400 kWh/mês, sendo que a maior probabilidade de ocorrência está próxima de 160 kWh/mês.

Figura 53 – Frequência de ocorrência dos consumos de eletricidade na amostra em kWh/mês (a) e em kWh/dia (b).



A Tabela 6 mostra um resumo com a densidade de potência média instalada com equipamentos e com iluminação, para cada ambiente e seu intervalo de confiança. Essa potência média está associada à rotina de uso da Tabela 3.

Tabela 6 – Densidade de potência média instalada com equipamentos e iluminação por ambiente, com intervalos de 90% de confiabilidade.

Ambiente	Equipamentos (W/m ²)			Iluminação (W/m ²)		
	Inferior	Média	Superior	Inferior	Média	Superior
Sala	12,51	19,31	26,10	1,62	2,01	2,40
Dormitório	10,21	18,28	26,36	3,35	3,82	4,30
Cozinha	59,30	71,90	84,47	2,16	2,59	3,03

3.5. Considerações finais sobre usos finais de eletricidade

Esta seção apresentou os usos finais de eletricidade e rotinas de uso dos equipamentos eletroeletrônicos por meio de auditoria energética em habitações de interesse social de Florianópolis-SC.

O maior uso final de eletricidade registrado é devido ao chuveiro elétrico, tanto para períodos de verão quanto de inverno, seguido dos refrigeradores, televisão e iluminação. No entanto, alguns autores apresentaram resultados diferentes, com refrigeradores respondendo pelos maiores usos finais, para a mesma região analisada. Este fato pode ser explicado pelas peculiaridades dessas habitações de interesse social, e pela amostra de tamanho reduzido.

O método apresentado se mostrou bastante útil para se determinar não somente os usos finais, mas as rotinas de uso associadas, de forma que seja possível uma posterior análise do desempenho térmico dessas habitações por simulação computacional.

Ao serem definidos usos finais para amostras pequenas, pode-se investir em programas governamentais mais específicos, capazes de gerar melhores resultados.

Estratégias de aquecimento solar de água, refrigeradores e televisões mais eficientes, seriam recomendadas alternativas para esse tipo de habitação, bem como a utilização de lâmpadas mais eficientes.

4. USOS FINAIS DE ÁGUA

4.1. Introdução

O desenvolvimento de estratégias eficientes para reduzir o consumo de água está vinculado à caracterização dos usos finais de água. A partir deste conhecimento é possível avaliar os principais aparelhos responsáveis pelo uso da água e priorizar o desenvolvimento de tecnologias para se gerar uma maior economia efetiva (ROCHA et al., 1998).

Além disso, os usos finais de água são úteis para que possam ser caracterizadas e avaliadas ações para a redução da demanda de água e desperdícios gerados nas habitações, bem como as possíveis fontes alternativas de água. Também são essenciais para a identificação da parcela da demanda total que pode ser economizada através de fontes alternativas de água (WILLIS et al., 2013).

Cada população, região, país apresenta padrões de consumo de água próprios; assim, o levantamento de usos finais específicos em cada estudo é decisivo para a previsão da demanda de água (INMAN; JEFFREY, 2006). As ações de gestão da demanda e uso racional de água são mais eficientes de acordo com o público a que se destinam. Por isso, conhecer os fatores que interferem na demanda por água de comunidades de interesse social, qual a sua percepção sobre a situação da água e a necessidade de usá-la de forma consciente, permitirá estabelecer estratégias para implementação de uso racional para esta parcela da população (GARCIA et al., 2010).

Com o aumento do poder aquisitivo das populações de baixa renda poderá ocorrer uma elevação da demanda de água nas cidades. Com o desenvolvimento de novas políticas públicas habitacionais, o uso racional de água em habitações de interesse social tem potencial para reduzir a demanda nos sistemas públicos de água e esgoto. Deste modo, a caracterização do consumo de água nessas habitações pode ser uma medida importante para promover a economia de água potável em escala urbana.

No entanto, são escassos os estudos que apresentam dados de usos finais de água em habitações de interesse social. No Brasil, na região metropolitana de Salvador, Bahia, Cohim et al. (2009) avaliaram os usos finais de água em dez habitações de baixa renda. Os resultados da pesquisa indicaram que ocorre maior consumo na pia da cozinha (29%), seguido da bacia sanitária (23%) e do chuveiro (21%). A lavanderia e o lavatório representaram 17% e 10% do consumo de água, respectivamente. A renda familiar verificada era de até dois salários mínimos, sendo que a maioria (78%) possuía renda de até um salário mínimo. O consumo de água por habitante variou entre 74,3 e 86,0 L/hab.dia, com média de aproximadamente 80,0 L/hab.dia.

Em outro estudo, Ywashima et al. (2006) caracterizaram o uso de água em 27 habitações unifamiliares de interesse social localizadas na cidade de Paulínia, São Paulo. Observou-se que o consumo mensal de água nas habitações investigadas variou de 3 a 25 m³/mês, enquanto o indicador de consumo variou de 46 a 309 L/hab.dia. Os valores médios obtidos de consumo mensal e consumo *per capita* foram 12 m³ e 113 L/hab.dia, respectivamente.

Dantas et al. (2006) analisaram os hábitos de consumo de água em 19 habitações unifamiliares de interesse social em Itajubá, Minas Gerais. Os dados foram coletados através de entrevistas com os usuários. O indicador de consumo médio encontrado foi de 117 L/hab.dia (variando de 80 a 133 L/hab.dia), correspondendo a um consumo médio de 11,6 m³/mês.

No cenário internacional são raros estudos abordando os usos finais de água em habitações de interesse social. A maioria dos estudos existentes avalia o consumo de água em habitações unifamiliares e multifamiliares de médio padrão (GHISI; OLIVEIRA, 2007; GHISI; FERREIRA,

2006; LEE et al., 2012; BEAL; STEWART; FIELDING, 2013; MATOS et al., 2013). Portanto, nota-se que ainda são poucos os estudos sobre consumo de água que apresentam os usos finais e consumo de água *per capita* em habitações de interesse social. Assim, torna-se necessário investigar os padrões de consumo de água em conjunto com os dados socioeconômicos nessa tipologia de edificação.

4.2. Objetivo

Esta seção tem como objetivo caracterizar o consumo de água e estimar os usos finais de água em habitações de interesse social localizadas na região da Grande Florianópolis, sul do Brasil.

4.3. Método

O consumo de água e os usos finais foram avaliados por meio de pesquisas de campo, ou seja, entrevistas com membros das famílias e análise de aparelhos sanitários. As entrevistas foram realizadas com objetivo de determinar a duração e a frequência de uso de cada aparelho ou equipamento, bem como coletar informações sobre o histórico de consumo mensal de água registrado pela concessionária de água local. A análise dos aparelhos foi realizada para determinar tanto a vazão de chuveiros e torneiras, quanto o consumo de água por ciclo de lavadoras de roupas e bacias sanitárias.

4.3.1. Análise socioeconômica

As habitações avaliadas são de interesse social localizadas na região de Florianópolis, Santa Catarina, região sul do Brasil como mostra a Figura 54.

As famílias moradoras nas habitações selecionadas para o estudo atenderam ao menos um dos seguintes critérios: (i) Preferencialmente, possuir renda familiar igual ou inferior a 3 salários mínimos (3 x R\$ 622,00 = R\$ 1,866,00 – abril de 2012); (ii) Residir em área de interesse social (ex.: área de interesse social (favelas) ou rua com diversas residências de baixa renda); (iii) Possuir residência financiada pelo programa Minha Casa Minha Vida (BRASIL, 2011) ou outro programa habitacional público para famílias de baixa renda.

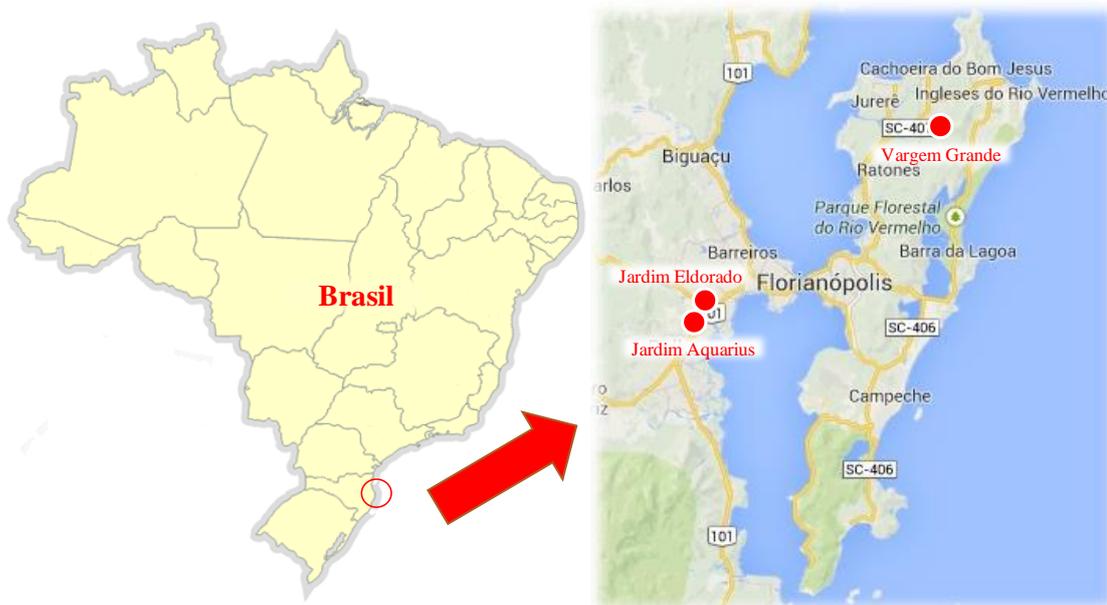
Cada uma das habitações foi classificada em três grupos conforme a renda total da família.

a) Faixa de renda 1: renda total da família até R\$ 1.866,00 (US\$ 848.18 – Abril de 2014), ou seja, até 3 salários mínimos;

b) Faixa de renda 2: renda total da família de R\$ 1.866,00 até R\$ 3.110,00 (US\$ 848.18 até US\$ 1,409.09 – Abril de 2014), ou seja de 3 a 5 salários mínimos.

c) Faixa de renda 3: renda total da família acima de R\$ 3.110,00 (US\$ 1,409.09 – Abril de 2014), ou seja, acima de 5 salários mínimos.

Figura 54 – Localização das habitações avaliadas



4.3.2. Caracterização dos usos finais de água por questionários

Os usos finais de água foram determinados por meio de entrevistas com aplicação de questionários aos moradores das 48 habitações para determinar a frequência e o tempo de utilização dos aparelhos sanitários. Para equipamentos e aparelhos usados em base diária, os moradores foram convidados a descrever o padrão de consumo horário e estimar a frequência média de eventos ou duração total de uso em cada hora do dia. Para equipamentos e aparelhos usados em base semanal ou mensal, os moradores estimaram a respectiva frequência de utilização por semana ou mês.

Além disso, a vazão e o consumo de água por ciclo para cada aparelho foi determinada através de uma avaliação *in loco*. As vazões de água habituais foram calculadas solicitando-se às famílias que abrissem as torneiras e os chuveiros três vezes nas vazões típicas usadas, e em seguida através da medição do volume total ao longo de 10 segundos para cada um dos três eventos. A partir das três vazões medidas, uma vazão média foi calculada. Além disso, informações sobre o consumo de água por ciclo de lavadoras de roupa e bacias sanitárias com caixa de descarga foi obtido a partir das especificações técnicas do produto ou no catálogo do Programa de Eficiência Energética Brasileira (PROCEL, 2012). A vazão das bacias sanitárias com válvula de descarga foi considerada igual a 1,7 L/s de acordo com norma brasileira NBR 5626 (ABNT, 1998).

O consumo mensal de água em cada aparelho foi calculado multiplicando-se ou sua respectiva vazão média e tempo de uso total estimado por mês, ou seu respectivo consumo médio de água por ciclo e estimativa do número de eventos por mês, de acordo com a Equação 13.

$$C = Q \times t = c \times F \quad (13)$$

Onde:

- C é o consumo mensal de água (m³/mês);
- Q é a vazão média (L/s);
- t é o tempo total de utilização (segundos/mês);
- c é o consumo de água por ciclo (L/ciclo);
- F é a frequência de uso (ciclo/mês).

A estimativa do consumo de água em bacias sanitárias com válvula de descarga foi calculada multiplicando-se a vazão de água deste aparelho indicada pela NBR 5626 (ABNT, 1998) pelo tempo médio de uso da válvula de descarga nas habitações.

Para representar os usos finais de água, os resultados foram apresentados como médias com intervalo de confiança de 90%. O intervalo de confiança foi calculado usando a distribuição t de *Student*, considerando um grau de liberdade igual ao tamanho da amostra menos um (isto é, n-1). Os cálculos foram realizados utilizando o programa computacional Minitab 16 (2010). Os intervalos de confiança foram determinados também para cada faixa de renda estudada. Usos finais de água foram classificados em potável (pia de cozinha, lavatório e chuveiro) e não potável (bacias sanitárias, tanque, torneira externa e lavadora de roupas).

Durante as entrevistas nas habitações foi pedido aos moradores para fornecerem o consumo mensal de água registrado pela concessionária nos últimos 12 meses anteriormente ao estudo. A informação foi utilizada para determinar a média de consumo de água nas habitações, bem como base para verificação da precisão das estimativas de consumo de água através das estimativas de usos finais.

A validação dos usos finais estimado foi realizada comparando o consumo estimado e verificando um erro de até 20% em relação ao consumo faturado. Se o consumo de água estimado estiver fora do limite de classificação, ou se pedia para os moradores estimarem novamente os tempos de uso ou se desconsiderava o dado da habitação.

4.3.3. Caracterização dos usos finais de água por *data loggers*

Foram realizadas medições in loco com sensores Smartmeters para a determinação dos usos finais de água e do padrão de consumo de água. Foram determinados os usos finais de água para 10 habitações e o potencial de economia de água potável com o uso de equipamentos economizadores (torneiras com arejadores na cozinha e no lavatório).

Para a determinação do perfil de consumo, das vazões típicas e da frequência e duração de uso dos equipamentos hidrossanitários das habitações, utilizou-se *data loggers* SmartMeter FTS da empresa Sustentare Soluções Tecnológicas Ltda ME (Figura 55). Este equipamento possui resolução temporal igual a 1s e resolução volumétrica igual a 0,014 L/pulso. O equipamento monitora o uso de água através de dois tipos de sensores, um de pulso, que registra o volume e a duração de cada evento, e outro de tempo, que registra somente a duração de cada evento. O primeiro tipo de sensor foi utilizado para o monitoramento do consumo de água e do tempo de uso em torneiras, chuveiros e bacias sanitárias com caixa acoplada ou suspensa. O segundo tipo de sensor foi utilizado para registrar-se o tempo de descarga em bacias sanitárias com válvula de descarga.

Figura 55 - Kit Smart Meter FTS com *data logger* (a), sensor de pulso instalado em chuveiro (b) e sensor de tempo instalado em bacia sanitária com válvula de descarga (c).



(a)



(b)



(c)

Em cada habitação, instalou-se de 2 a 4 dataloggers a fim de registrar o volume consumido em todos

os equipamentos hidrossanitários existentes. O monitoramento das habitações foi realizado durante o período mínimo de uma semana, dependendo da permissão dos moradores, no período compreendido entre 3 de agosto e 16 de setembro de 2012.

Para determinar o consumo de água em bacias sanitárias com válvula de descarga utilizou-se valor normativo. Calculou-se o volume de cada descarga através da vazão medida e do tempo de uso por evento monitorado com o datalogger - Equação 14.

$$VD = Q_m \times t \quad (14)$$

Onde:

VD é o volume de descarga (L);

Q_m é a vazão de descarga (L/s);

t é o tempo de descarga por evento monitorado (s).

O tratamento dos dados levantados através do monitoramento foi realizado em planilha de cálculo computacional. Nesta etapa, classificaram-se os dias monitorados em "Inverno", "Meia estação" e "Verão". Com os dados de consumo divididos por classe, determinou-se o consumo de água em cada equipamento hidrossanitário durante o período monitorado. Assim, determinou-se a contribuição de cada equipamento para o consumo total de água - usos finais de água - em cada habitação estudada.

Com os dados de usos finais de água, calculou-se a produção de água cinza em lavadoras de roupas, chuveiros, lavatórios e tanques. Além disso, definiu-se a demanda de água para três tipos de equipamentos hidrossanitários, os quais foram divididos em: (i) abastecidos exclusivamente por água potável - Potáveis; (ii) abastecidos por água pluvial de coberturas ou fonte com padrão de qualidade superior - Não-potáveis água pluvial; (iii) e abastecidos por água cinza ou fonte com padrão de qualidade superior - Não-potáveis água cinza. O segundo tipo de equipamentos abrange lavadora de roupas, tanque e bacia sanitária; o terceiro inclui somente bacias sanitárias neste trabalho.

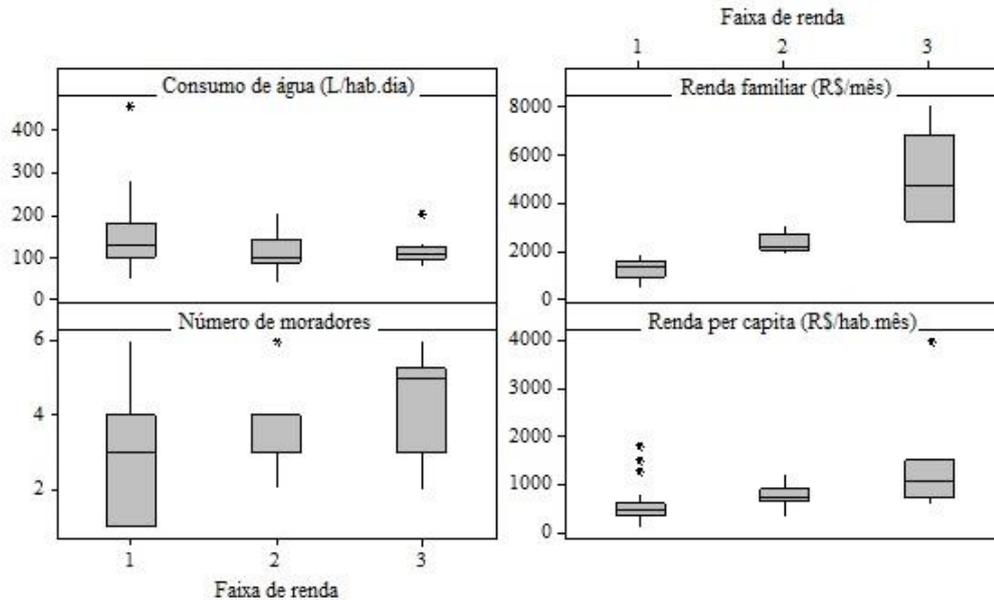
Com os dados de usos finais de água para cada habitação, verificou-se o consumo para dois grupos de habitação, sendo o primeiro para famílias com renda inferior a três salários mínimos e o segundo para famílias com renda entre três e cinco salários mínimos. Adotou-se esta separação de acordo com diretrizes estabelecidas pela Política Habitacional de Florianópolis. Esta política tem por objetivo: "Atender diretamente, como recursos públicos, demandas com renda familiar de até 5 S.M., tendo como prioridade famílias com renda de até 3 S.M." (PMF, 2012).

4.4. Resultados

4.4.1. Características socioeconômicas das famílias

As características socioeconômicas das famílias pesquisadas estão ilustradas na Figura 56. A renda familiar mensal máxima verificada foi igual a R\$ 8000,00, enquanto a renda *per capita* máxima foi igual a R\$ 4000,00. Estes valores máximos são valores considerados discrepantes porque os valores médios são consideravelmente mais baixos, próximos de R\$ 4100,00 para a renda total, e de R\$ 1000,00 para a renda *per capita*, para a faixa de renda 3. O número de ocupantes variou de um a seis moradores por habitações, sendo que o número mediano verificado foi de quatro moradores. A mediana da renda familiar é de aproximadamente R\$ 2000,00 e a mediana da renda *per capita* é de aproximadamente R\$ 650,00.

Figura 56 - Características socioeconômicas da amostra.

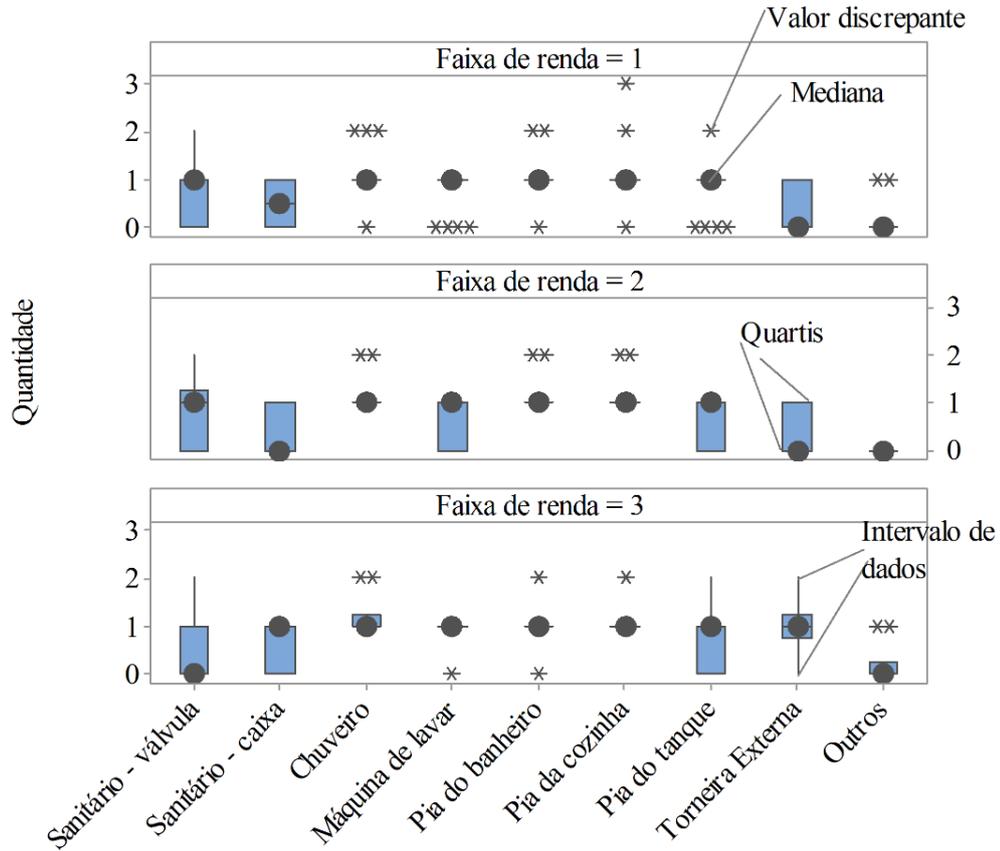


Entre as diferentes faixas de renda, pode-se notar que o número médio de ocupantes aumenta com a renda familiar. O consumo de água tem uma amplitude mais elevada na primeira faixa de renda. A própria renda familiar tem maior amplitude na terceira faixa de renda.

4.4.2. Aparelhos sanitários existentes

As habitações avaliadas estavam equipadas com os seguintes aparelhos sanitários: pia de cozinha, chuveiro, bacia sanitária, lavatório (pia do banheiro), lavadora de roupas (Máquina de lavar), torneira externa e tanque. Entre as famílias estudadas, 77% possuíam lavadora de roupas, 45% apresentaram bacia sanitária com caixa de descarga (caixa acoplada ou caixa suspensa), e 55% das habitações apresentou bacias sanitárias com válvula de descarga. Além disso, apenas 30% das habitações usam água para usos finais externos, como irrigação e lavagem do carro. A Figura 57 mostra a quantidade de aparelhos sanitários por faixa de renda.

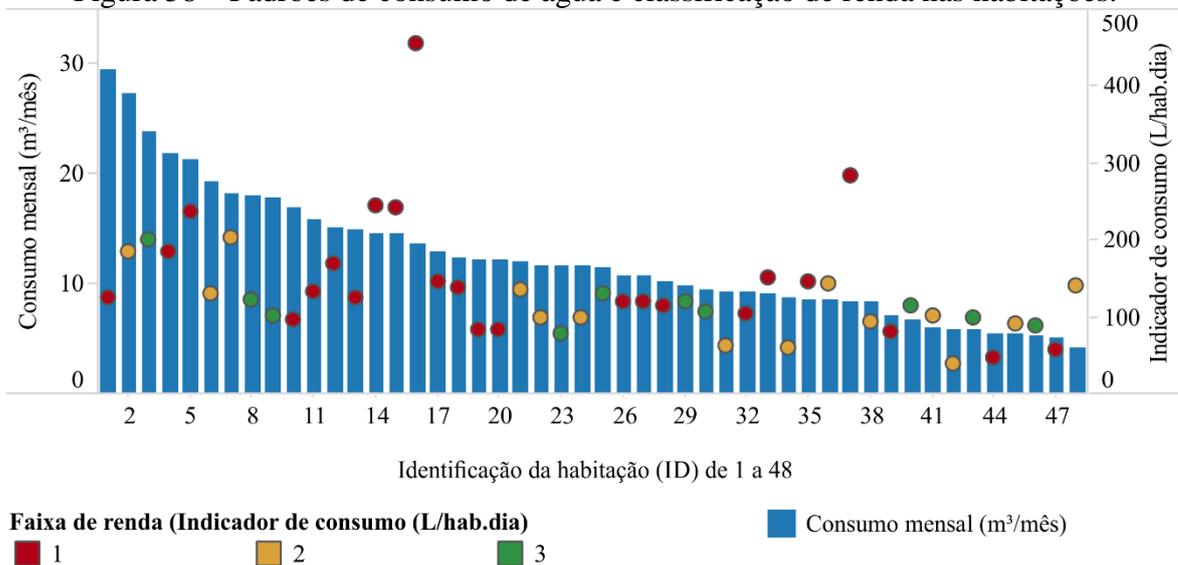
Figura 57 – Quantidade de aparelhos sanitários por faixa de renda na amostra de habitações.



4.4.3. Padrão de consumo de água

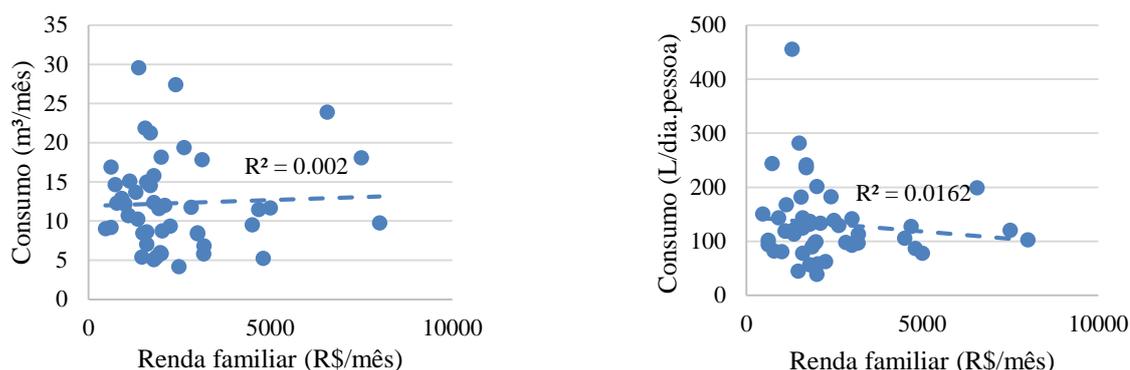
O consumo de água nas 48 habitações estudadas foi igual a 132 L/hab.dia. A Figura 58 ilustra o total e os padrões de consumo de água *per capita*, bem como a classificação de renda (faixas de renda 1, 2 e 3), para as habitações estudadas.

Figura 58 – Padrões de consumo de água e classificação de renda nas habitações.



Em geral, o consumo total de água estava relacionado com o padrão de ocupação da habitação, no qual quanto maior o tempo da permanência dos moradores em casa, maior era o consumo de água. Resultados semelhantes foram descritos por Vieira (2012) para famílias de baixa renda em Florianópolis. Em 33% das habitações avaliadas o consumo total mensal de água foi de até 10 m³. Essas famílias não têm nenhum incentivo econômico para reduzir o seu consumo de água ou utilizar fontes alternativas, pois a companhia de água local cobra uma taxa fixa para o consumo total de água, igual a 10 m³/mês por habitação. A Figura 59 mostra que não existe uma correlação entre o consumo de água e a renda familiar para a amostra estudada.

Figura 59 – Correlação entre o consumo médio de água *per capita* e renda das famílias.



Para a faixa de renda de até três salários mínimos, houve uma diferença de 410 L/hab.dia entre as habitações; para a faixa de renda de três a cinco salários mínimos, a diferença foi de 162 L/hab.dia entre as habitações. Acima de cinco salários mínimos, a diferença foi de 121 L/hab.dia. Essas diferenças indicam a heterogeneidade da amostra, apesar da divisão dos dados pelas condições financeiras das famílias. Para a faixa de renda de até três salários, por exemplo, há grande amplitude de variação no consumo *per capita*. Padrões similares de consumo de água são descritos em outros estudos realizados no Brasil (DANTAS et al., 2006; YWASHIMA et al., 2006; VIEIRA, 2012).

4.4.4. Usos finais de água por questionários

Por meio de medição *in loco* nos aparelhos hidráulicos foi determinada a vazão de chuveiros e torneiras, conforme apresentado na Tabela 7. O consumo de água por ciclo estimado para lavadora de roupas e bacias sanitárias é mostrado na Tabela 8.

Tabela 7 – Vazão de água dos aparelhos sanitários.

Equipamento	Vazão (L/s)	
	Média	Desvio padrão
Chuveiro	0,07	0,03
Lavatório	0,08	0,04
Pia	0,09	0,05
Tanque	0,13	0,13
Torneira externa	0,17	0,11

Tabela 8 – Consumo de água por ciclo em aparelhos sanitários.

Equipamento	Consumo de água (L/ciclo)	
	Média	Desvio padrão
Bacia sanitária com válvula de descarga	6,2	1,4
Bacia sanitária com caixa acoplada	11,5	2,6
Lavadora de roupas	102,5	50,2

A vazão dos aparelhos sanitários variou significativamente entre as habitações estudadas (Tabela 7). Essa variação foi maior para os usos finais que geralmente são operados em suas vazões máximas, ou seja, tanque e torneira externa. As vazões médias para estes equipamentos foram altas, 0,13 e 0,17 L/s, respectivamente, como são normalmente operados em sua capacidade máxima, a fim de realizar de forma mais rápida a função pretendida (por exemplo, encher um balde ou regar as plantas). Portanto, a vazão destes dois aparelhos depende da capacidade máxima de fornecimento de água dos sistemas hidráulicos prediais de acordo com as suas características, incluindo: (i) fornecimento urbano de água direto ou indireto; (ii) perda de carga nos componentes hidráulicos; (iii) tipo de torneira. Uma tendência semelhante foi observada para o consumo de água por ciclo dos aparelhos sanitários (Tabela 8). Tal parâmetro apresentou variação maior para lavadora de roupas, pois o seu volume é diretamente proporcional ao tipo de lavadora, modelo e ciclo de lavagem utilizado.

A Tabela 9 mostra o indicador mensal do consumo de água *per capita* para cada aparelho, onde a média e os limites superior e inferior são apresentados para as três faixas de renda. Por exemplo, a lavadora de roupas, na faixa de renda 1, teve um consumo médio de água e limite inferior e superior de 23,0, 11,9 e 34,0 L/hab.dia, respectivamente. A Tabela 10 mostra a média e o limite superior e inferior para o consumo de água diário em aparelhos sanitários. A Figura 60 mostra os usos finais de água para cada família avaliada.

Tabela 9 – Consumo médio de água per capita, limite inferior e superior por uso final.

Uso final	Renda 1 (L/hab.dia)			Renda 2 (L/hab.dia)			Renda 3 (L/hab.dia)		
	LI* 90%	Média	LS** 90%	LI* 90%	Média	LS** 90%	LI* 90%	Média	LS** 90%
Chuveiro	58,5	79,4	100,3	33,7	53,7	73,7	27,1	39,7	52,3
Bacia sanitária	37,5	46,0	54,5	19,7	25,4	31,2	11,8	19,5	27,2
Pia	35,0	45,1	55,3	15,1	22,6	30,1	12,9	19,3	25,6
Lavadora de roupas	11,9	23,0	34,0	4,7	20,9	37,0	3,9	7,2	10,5
Lavatório	5,3	7,8	10,4	3,8	7,1	10,4	0	1,0	2,0
Tanque	2,4	6,1	9,8	0,8	2,3	3,9	0,4	0,9	1,4
Outros	1,9	3,3	4,7	0,2	0,5	0,9	1,0	1,9	2,8
Torneira externa	0,7	2,3	3,9	0,1	1,2	2,3	2,3	5,8	9,2

*LI é o limite inferior da média com 90% de confiabilidade; **LS é o limite superior da média com 90% de confiabilidade.

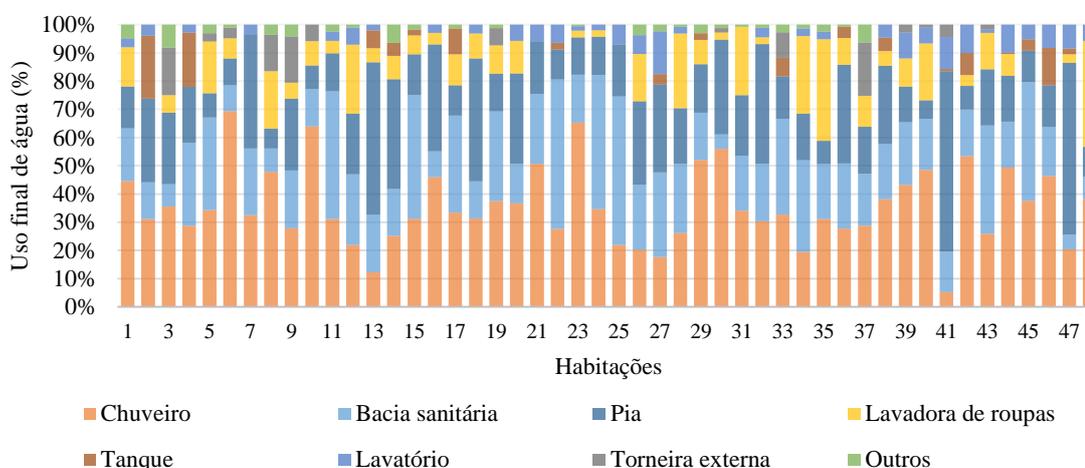
Tabela 10 – Consumo médio diário de água por habitação, limite inferior e superior por uso final.

Uso final	Renda 1 (L/dia)			Renda 2 (L/dia)			Renda 3 (L/dia)		
	LI* 90%	Média	LS** 90%	LI* 90%	Média	LS** 90%	LI* 90%	Média	LS** 90%
Chuveiro	127,8	148,4	169,0	103,2	147,8	192,3	108,8	163,4	218
Bacia sanitária	83,2	96,8	110,5	63,5	78,6	93,7	48,7	88,4	128
Pia	80,5	99,8	119,2	45,1	65,1	85,2	59,9	70,4	80,9
Lavadora de roupas	45,8	63,2	80,7	25,7	69,5	113,3	16,4	38,8	61,2
Lavatório	16,4	30,4	44,3	12,2	25,5	38,8	6,4	9,7	13,0
Tanque	16,3	21,7	27,2	13,7	21,0	28,3	0	15,9	36,8
Torneira externa	11,1	19,9	28,7	10,0	20,8	31,7	28,4	53,5	78,7
Outros	4,9	8,8	12,8	0,8	2,0	3,1	4,4	9,1	13,7

*LI é o limite inferior da média com 90% de confiabilidade; **LS é o limite superior da média com 90% de confiabilidade.

Os usos não potáveis (bacias sanitárias, tanque, torneira externa e lavadora de roupas) foram equivalentes em média 42-45% do consumo total de água nas habitações. Todos estes usos não potáveis poderiam ser abastecidos por água pluvial como fonte alternativa de água. A água cinza produzida a partir de efluentes dos chuveiros, lavatórios e lavadora de roupas poderia fornecer 23-32% da demanda total de água nas habitações. Portanto, há um grande potencial de uso de água cinza como fonte alternativa de abastecimento de água em tanque, bacia sanitária e torneiras externas, pois a capacidade de fornecimento ultrapassa a demanda.

Figura 60 – Usos finais médios de água na amostra de habitações.



A Tabela 11 apresenta os usos finais de água para cada aparelho e os limites do intervalo de confiança para cada faixa de renda. Em média, chuveiro e a bacia sanitária representam os maiores usos finais de água para todas as faixas de renda. No entanto, nas faixas de renda 1 e 3, o terceiro maior uso final é a pia da cozinha; ainda, para a faixa de renda 2, o terceiro maior uso final é a lavadora de roupas.

Tabela 11 – Usos finais de água médios, limites inferiores e superiores com 90% de confiabilidade.

Uso final	Renda 1 (%)			Renda 2 (%)			Renda 3 (%)		
	LI* 90%	Média	LS** 90%	LI* 90%	Média	LS** 90%	LI* 90%	Média	LS** 90%
Chuveiro	26	30	35	24	34	45	24	36	49
Bacia sanitária	17	20	23	15	18	22	11	20	29
Pia	16	20	24	10	15	20	13	16	18
Lavadora de roupas	9	13	16	6	16	26	4	9	14
Tanque	3	6	9	3	6	9	1	2	3
Lavatório	3	4	6	3	5	7	0	4	8
Torneira externa	2	4	6	2	5	7	6	12	18
Outros	1	2	3	0	0	1	1	2	3

*LI é o limite inferior da média com 90% de confiabilidade; **LS é o limite superior da média com 90% de confiabilidade.

Os chuveiros foram os aparelhos com maior consumo de água entre as famílias, em média 30 a 36%, variando entre 24 a 49% no limite inferior e superior com 90% de confiabilidade. O segundo maior equipamento consumidor de água a bacia sanitária de 11 a 29%, seguido de pia da cozinha, de 10 a 24%. Em média de 67 a 72% do consumo de água nas famílias de baixa renda estudadas é destinado para estes três maiores usos finais. No entanto, a contribuição de cada aparelho para o consumo total de água variou consideravelmente entre as habitações.

Utilizando-se intervalos de confiança, estimou-se a variabilidade do padrão de consumo de água para cada aparelho. Por exemplo, o uso de chuveiro em famílias classificadas na faixa de renda 1 representou, em média, 30% do consumo de água, que varia entre 26% e 35%, com um intervalo de confiança de 90%. Pia de cozinha e bacia sanitária apresentaram padrões de consumo mensal de água relativamente semelhantes.

4.4.5. Usos finais de água por *data loggers*

Os usos finais de água foram determinados para dez habitações de interesse social localizadas em Florianópolis no período entre 3 de agosto e 16 de setembro de 2012. Classificou-se os dias monitorados em "Verão", "Meia estação" e "Inverno" de acordo com suas respectivas temperaturas médias do ar.

A Figura 61 ilustra os usos finais de água determinados em dez habitações de interesse social localizadas em Florianópolis durante dias de "Meia estação". Dentre as famílias participantes, sete possuíam rendimento mensal de até três salários mínimos, e entre três e cinco salários mínimos. Portanto, a faixa salarial destas famílias atende ao critério de seleção para participação em programas habitacionais, compreendendo-se dentro dos dois grupos com maior interesse para a Política Habitacional de Florianópolis (PMF, 2012). Esta política estabelece que famílias com renda de até três salários mínimos têm atendimento prioritário, com posterior atendimento a famílias com renda entre três e cinco salários mínimos. A Política Habitacional de Florianópolis também inclui benefícios a famílias com renda entre cinco e dez salários mínimos; entretanto, esta faixa salarial não foi avaliada neste estudo.

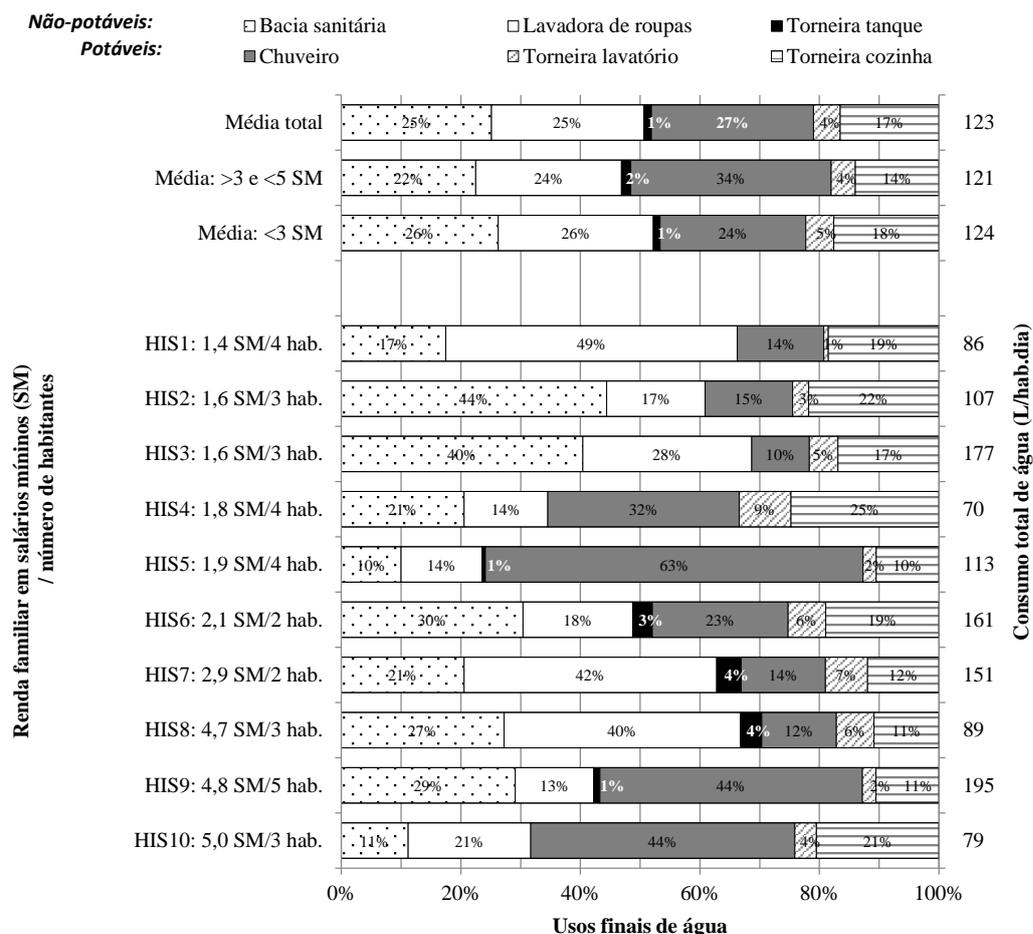
O consumo médio de água dentre as duas faixas de renda avaliadas não apresentou diferença considerável. Famílias com renda de até três salários mínimos consumiram em média 124 L/hab.dia, enquanto, famílias com renda entre três e cinco salários mínimos, 121 L/hab.dia. Avaliando-se o consumo individualmente para cada habitação estudada, percebeu-se que o consumo de água não está relacionado à renda, tampouco ao número de habitantes. Esta tendência pode estar associada à tarifa

mínima cobrada pela concessionária, a qual não estimula reduções contínuas do consumo, pois apresenta tarifa fixa para consumos mensais entre 0 e 10 m³. Dentre as dez habitações avaliadas, sete obtiveram consumo médio mensal igual ou inferior a 10 m³. Por outro lado, o consumo de água esteve principalmente relacionado ao padrão de ocupação da habitação. Assim, em habitações ocupadas durante todo o dia, observou-se maior consumo em relação a habitações ocupadas durante somente um período do dia.

O maior consumo de água foi observado para a bacia sanitária, a lavadora de roupas e o chuveiro, com médias iguais a 25, 25 e 27%, respectivamente. Assim, em média, 77% da água consumida nas casas estudadas é destinada a estes três usos finais. No entanto, a contribuição de cada equipamento hidrossanitário variou consideravelmente dentre as habitações.

Verificou-se que água pluvial para o abastecimento de bacias sanitárias, lavadoras de roupas e tanques (usos não-potáveis pluviais) representam entre 24 e 70% da demanda total de água. Em média, os usos finais "não- potáveis pluviais" corresponderam a 51% do consumo total de água nas habitações. Este potencial é próximo ao descrito por Peters et al. (2006), onde determinou-se que 49% da demanda de água poderia ser suprida por água pluvial em habitação de interesse social localizada em Florianópolis.

Figura 61 - Usos finais de água, consumo de água, renda familiar em salários mínimos (SM) e número de habitantes em dez habitações de interesse social (HIS) em Florianópolis.



O maior consumo de água foi observado para a bacia sanitária, a lavadora de roupas e o chuveiro, com médias iguais a 25, 25 e 27%, respectivamente. Assim, em média, 77% da água

consumida nas casas estudadas é destinada a estes três usos finais. No entanto, a contribuição de cada equipamento hidrossanitário variou consideravelmente dentre as habitações.

Verificou-se que água pluvial para o abastecimento de bacias sanitárias, lavadoras de roupas e tanques (usos não-potáveis pluviais) representam entre 24 e 70% da demanda total de água. Em média, os usos finais "não-potáveis pluviais" corresponderam a 51% do consumo total de água nas habitações. Este potencial é próximo ao descrito por Peters et al. (2006), onde determinou-se que 49% da demanda de água poderia ser suprida por água pluvial em habitação de interesse social localizada em Florianópolis.

A bacia sanitária foi o único uso final não-potável considerado para o aproveitamento de água cinza dentre os usos estudados, representando, assim, a demanda de água cinza. Esta proposição foi adotada, porque as habitações estudadas não apresentaram consumo significativo de água para fins externos (irrigação e lavagem de pisos). Além disso, a água cinza tratada não foi considerada para lavagem de roupas, bem como para higienização e cuquição, devido a segurança sanitária da população de interesse.

A oferta de água cinza foi considerada a partir dos efluentes do chuveiro, lavatório, lavadora de roupas e tanque. As habitações de ambas as faixas salariais avaliadas possuíram maior oferta de água cinza em relação à demanda. Em habitações com renda de até três salários mínimos, a demanda de água cinza foi igual a 26% do consumo total, enquanto a oferta, igual a 56%. Por sua vez, as habitações com renda entre três e cinco salários mínimos obtiveram demanda e oferta de água cinza iguais a 48 e 64% da demanda total, respectivamente.

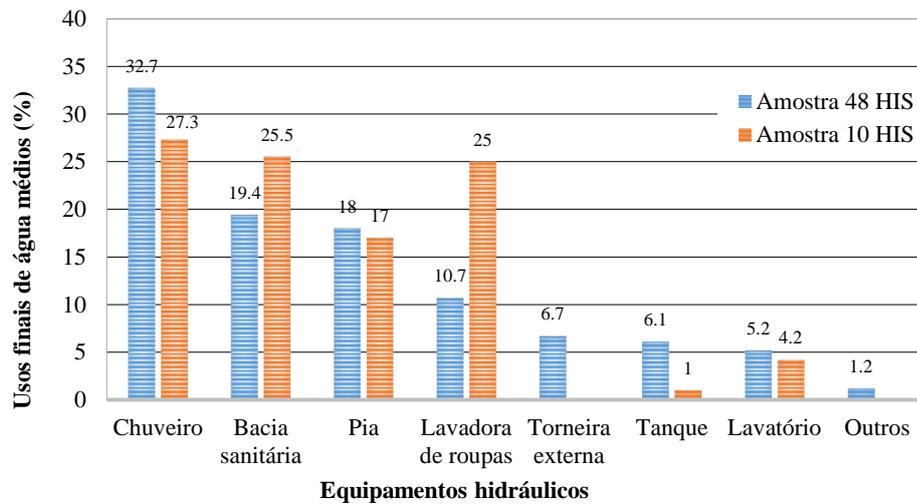
4.5. Considerações finais sobre usos finais de água

As pesquisas desenvolvidas no âmbito do uso racional da água caracterizaram o padrão de consumo de água e os usos finais de água em por meio de métodos distintos em duas amostras de habitações de baixa renda na região metropolitana de Florianópolis-SC.

O primeiro estudo avaliou uma amostra de 48 habitações de baixa renda por meio de levantamentos de campo e análise de aparelhos sanitários. Enquanto que a segunda pesquisa, determinou os usos finais de água por meio de medições *in loco* com sensores *data loggers* Smartmeters em uma amostra de 10 habitações de baixa renda.

O consumo médio de água *per capita* verificado no estudo das 48 habitações foi igual a 132 L/hab.dia. O chuveiro foi o aparelho sanitário responsável pela maior parcela do consumo de água (em média 30 a 36%). Na análise das 10 habitações, o maior consumo de água medido ocorreu para a bacia sanitária, que correspondeu a 25% do consumo total de água. Em ambos os estudos, não houve correlação entre o consumo de água e a renda familiar. O padrão de consumo de água das habitações foi associado ao padrão de ocupação das habitações, onde se constatou que quanto maior o tempo de permanência dos moradores nas habitações, maior era o consumo de água. A Figura 62 apresenta um comparativo dos usos finais médios obtidos nas pesquisas realizadas.

Figura 62 - Usos finais de água médios em duas amostras distintas de habitações de baixa renda na região metropolitana de Florianópolis-SC.



Constatou-se no levantamento dos usos finais por sensores Smartmeters que os usos não-potáveis (bacias sanitárias, lavadoras de roupas e tanques) representam entre 24 e 70% da demanda total de água nas 10 habitações. Em média, os usos finais "não-potáveis" corresponderam a 51% do consumo total de água. Na análise dos usos finais realizada por análise de aparelhos sanitários os usos não potáveis (bacias sanitárias, tanque, torneira externa e lavadora de roupas) estimados foram equivalentes em média 42-45% do consumo total de água nas 48 habitações. A água cinza produzida a partir de efluentes dos chuveiros, lavatórios e lavadora de roupas poderia fornecer 23-32% da demanda total de água nessas habitações. Portanto, notou em ambas as amostras de habitações pesquisadas um bom potencial de uso de água pluvial e água cinza como fontes alternativas de abastecimento de água para fins não potáveis, como tanque, bacia sanitária e torneira externa.

Com base na análise de usos finais de água, foi possível investigar a demanda de água não potável das habitações em conjunto com os respectivos dados socioeconômicos das famílias analisadas. O consumo médio de água dentre as faixas de renda avaliadas não apresentou diferença considerável. Constatou-se que houve diferença de até 26% de consumo médio de água *per capita* entre as diferentes faixas de renda avaliadas na análise das 48 habitações. As famílias com renda de até três salários mínimos consumiram em média 152 L/hab.dia enquanto, famílias com renda entre três e cinco salários mínimos, 111 L/hab.dia. As famílias com renda acima de cinco salários mínimos consumiram em média 113 L/hab.dia. Na análise das 10 habitações, as famílias com renda de até três salários mínimos consumiram em média 124 L/hab.dia, enquanto, famílias com renda entre três e cinco salários mínimos, 121 L/hab.dia. Padrões similares de consumo de água *per capita* foram encontrados em outros estudos brasileiros.

Os resultados deste estudo podem ser usados para estimar o consumo de água para novas habitações, bem como a desenvolver estratégias integradas de gestão da água em empreendimentos de baixa renda em Florianópolis. Esses dados também podem ser utilizados para campanhas de sensibilização sobre práticas de conservação de água entre famílias de baixa renda.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. A.; SCHAEFFER, R.; LA ROVERE, E. L. The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil. **Energy**, v. 26, n. 4, p. 413–429, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro. 1998.
- ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **G173-03: standard tables for reference solar spectral irradiances - direct normal and hemispherical on 37° tilted surface**. ASTM International, 2003.
- BEAL, C.; STEWART, R.A.; FIELDING, K. A novel mixed method smart metering approach to reconciling differences between perceived and actual residential end use water consumption. **Journal of Cleaner Production**, v. 2013, n. 0, p. 116-128, 2013.
- BIN, S.; DOWLATABADI, H. Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO2 emissions. **Energy Policy**, v. 33, n. 2, p. 197–208, 2005.
- BRASIL. **Pesquisa de orçamentos familiares 2002-2003 - Perfil das despesas no Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, 2007.
- BRASIL. **Decreto n. 7655**, de 23 de Dezembro de 2011a.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação, Gabinete da Secretaria. **Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV)**. Medida Provisória nº 514, de 2010, Destaques, Brasília, DF, 2011b.
- BRASIL. **Balço Energético Nacional 2012: Ano base 2011**. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Rio de Janeiro, 2012a.
- BRASIL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Resultados PROCEL 2012: ano base 2011**. Eletrobrás, 2012b.
- BRASIL. **Programa de Eficiência Energética 2012 – Enersul: Rede Energia**. São Paulo, 2012c. Disponível em: < <http://www.redenergia.com/enersul> >, acesso em Março de 2013.
- CHUNG-SHENG, Z.; SHU-WEN, N. I. U.; XIN, Z. Effects of household energy consumption on environment and its influence factors in rural and urban areas. **Energy Procedia**, v. 14, p. 1, 2012.
- COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e Utilização de Água Pluvial em Residências para População de Baixa Renda em Áreas Urbanas. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. **Anais...** Salvador, Bahia, 2008.
- COHIM, E.; GARCIA, A. P. A.; KIPERSTOK, A.; DIAS, M. Consumo de água em residências de baixa renda - estudo de caso. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Recife, 2009.
- DANTAS, C. T.; UBALDO JR., L.; POTIER, A. C.; ILHA, M. S. O. Caracterização do uso de água em residências de interesse social em Itajubá. XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Florianópolis, 2006.
- DASCALAKI, E. G.; DROUTSA, K. G; BALARAS, C. A; KONTOYIANNIDIS, S. Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings – A case study for the Hellenic building stock. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 12, p. 3400–3409, 2011.

- DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas : métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas, Campinas - Campinas. 2008.
- DRUCKMAN, A. AND JACKSON, T. The carbon footprint of UK households 1990–2004: A socio-economically disaggregated, quasi-multi-regional input–output model. **Ecological Economics**, v. 68, n. 7, p. 2066–2077, 2009.
- FEDRIGO, N. S.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro. I Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Natal, 2009.
- GARCIA, A.P.A.; SANTOS, M.; CONCEIÇÃO, D.; MACHADO, A.; KIPERSTOK, A. Consumo domiciliar e uso racional da água em áreas de baixa renda: pesquisa de opinião. I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental – COBESA. **Anais...** Salvador, 2010.
- GHISI, E.; FERREIRA, D.F. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater and Greywater in a Multi-storey Residential Building in Southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2006.
- GHISI, E.; GOSCH, S.; LAMBERTS, R. Electricity end-uses in the residential sector of Brazil. **Energy Policy**, v. 35, n. 8, p. 4107–4120, 2007.
- GHISI, E.; OLIVEIRA, S.M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, 2007.
- GHISI, E.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Determinação do consumo de eletricidade e da potência de equipamentos através de medidor portátil. IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Salvador, BA, 1997.
- INMAN, D.; JEFFREY, P. A review of residential water conservation tool performance and influences on implementation effectiveness. **Urban Water Journal**, v. 3, n. 3, p. 127-143, Taylor & Francis, 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Tabelas de consumo/eficiência energética. Disponível em: <inmetro.gov.br> Acesso em: abril de 2012.
- JANNUZZI, G. M. AND SCHIPPER, L. The structure of electricity demand in the Brazilian household sector. **Energy Policy**, v. 19, n. 9, p. 879–891, 1991.
- JOHNSON, D. B.; MIZOGUCHI, T. Selecting the kth element in $X+Y$ and $X_1+X_2+\dots+X_m$. **SIAM Journal on Computing**, v. 7, n. 2, pp. 147-153; 1978.
- LEE, D.-J., PARK, N-S; JEONG, W. End-use analysis of household water by metering: the case study in Korea. **Water and Environment Journal**, v. 26, p. 455–464, 2012.
- MATOS, C.; TEIXEIRA, C. A.; DUARTE, A.A.L.S.; BENTES, I. Domestic water uses: Characterization of daily cycles in the north region of Portugal. **Science of the Total Environment**, 458–460, 444–450, 2013.
- MEGIDDO, N.; TAMIR, A.; ZEMEL, E.; CHANDRASEKARAN, R. An $O(n \log^2 n)$ Algorithm for the kth longest path in a tree with applications to location problems. **SIAM Journal on Computing**, v. 10, n. 2, pp. 328-337; 1981.
- MINITAB. Minitab 16 Statistical Software. State College, PA: Minitab, 2010. Disponível em: (<www.minitab.com>) Acesso em: março de 2013.

- PETERS, M. R.; SEZERINO, P. H.; MELO, K. M. DE S.; PHILIPPI, L. S. IV-046–Potencialidade de Reúso Residencial Utilizando Fontes Alternativas de Água. In: VIII Simpósio Ítalo-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Fortaleza, 2006.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS – PMF. **Plano Municipal de Habitação de Interesse Social: Produto 08**. Secretaria Municipal de Habitação e Saneamento Ambiental (SMHSA), Florianópolis, SC, jun. 2011. Disponível em: < <http://www.pmf.sc.gov.br/> >, acesso em Outubro de 2012.
- PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com>> Acesso em: abril de 2012.
- ROCHA, A.L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - Documento Técnico de Apoio Nº E1. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998.
- SANTANA, E. L. P.; HAYASHI, T. C. Perfil de consumo de energia em residências na cidade de Salvador. IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Salvador, BA, 1997.
- SANTOS, E.I.; MARINOSKI, D.L.; LAMBERTS, R. Influência do ambiente de medição sobre a verificação da absorvância de superfícies opacas utilizando um espectrômetro portátil. X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Natal, RN, 2009.
- SIEGEL, S. **Estatísticas Não Paramétrica para Ciências do Comportamento**. Editora Bookman. Segunda edição, 2006.
- VIEIRA, A.S. **Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.
- WILLIS, R.M.; STEWART, R.A.; GIURCO, D.P.; TALEBPOUR, M.R.; MOUSAVINEJAD, A. End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices. **Journal of Cleaner Production**, 1-9, 2013.
- YWASHIMA, L.A.; CAMPOS, M.A.S.; PIAIA, E.; LUCA, D.M.P.; ILHA, M.S.O. Caracterização do uso de água em residências de interesse social em Paulínia. XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Florianópolis, 2006.

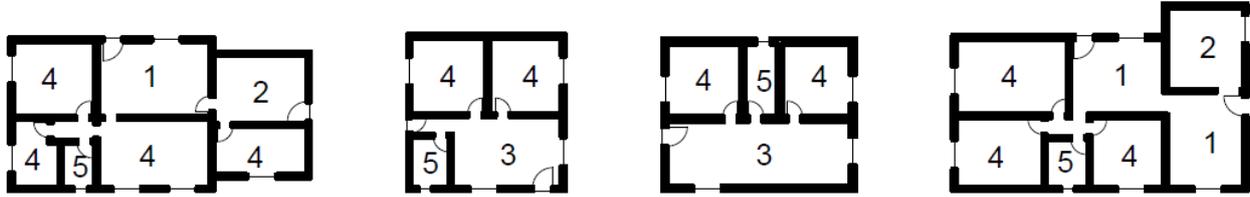
APÊNDICE A

Neste apêndice podem ser encontrados todos os questionários semiestruturados utilizados na etapa de levantamento de dados.

- Questionário 1 – Inicial: refere-se às características socioeconômicas dos moradores;
- Questionário 2 – Forma e materiais: levantamento das características físicas da edificação, tais como geometria e sistema construtivo;
- Questionário 3 – Operação: levantamento das rotinas de ocupação, utilização dos equipamentos consumidores de energia e iluminação e rotinas de abertura de portas e janelas;
- Questionário 4 – Consumo de água: levantamento dos equipamentos hidrossanitários;
- Questionário 5 – Potência instalada: levantamento dos equipamentos e lâmpadas existentes.

APÊNDICE B

As plantas baixas apresentadas a seguir representam graficamente as edificações levantadas em campo e consideradas nas análises relativas à forma das edificações.

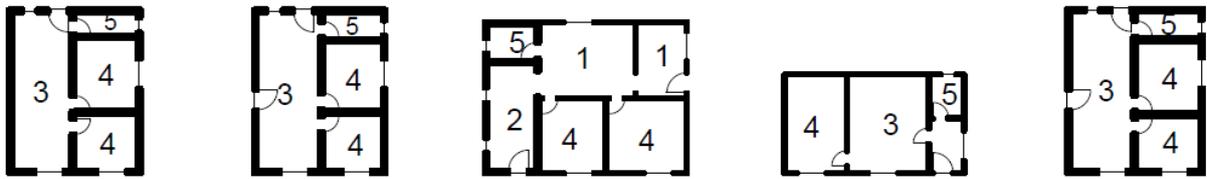


Habitação 1

Habitação 2

Habitação 3

Habitação 4



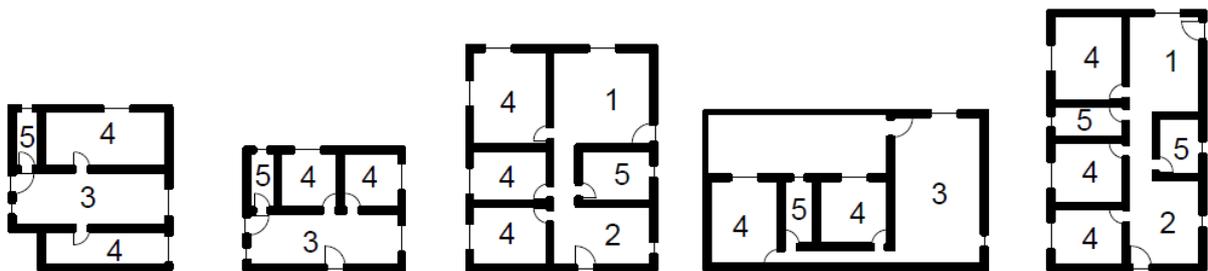
Habitação 5

Habitação 6

Habitação 7

Habitação 8

Habitação 9



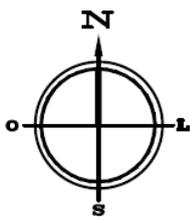
Habitação 10

Habitação 11

Habitação 12

Habitação 13

Habitação 14



- 1 Sala
- 2 Cozinha
- 3 Sala e cozinha conjugadas
- 4 Dormitório
- 5 Banheiro

Janela

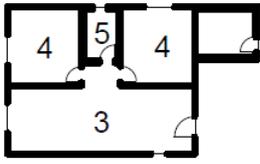
Porta

Abertura

2m

Escala 1:500

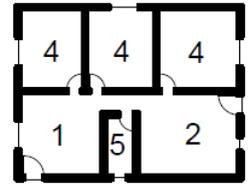
Obs.: As dimensões das aberturas nas plantas acima são meramente ilustrativas; não representam as dimensões reais



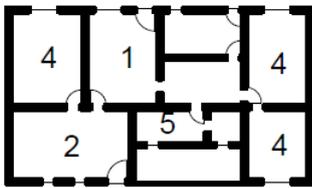
Habitação 15



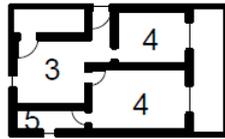
Habitação 16



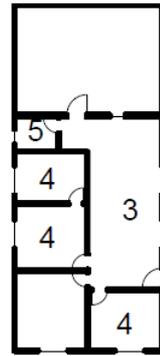
Habitação 17



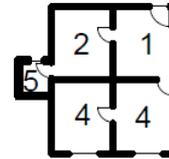
Habitação 18



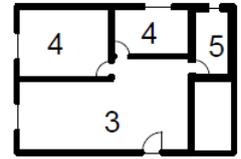
Habitação 19



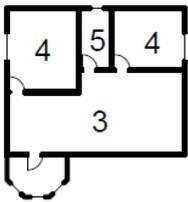
Habitação 20



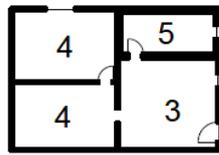
Habitação 21



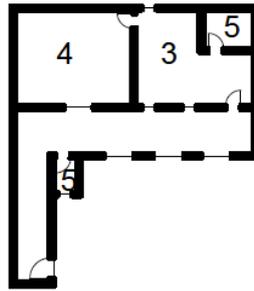
Habitação 22



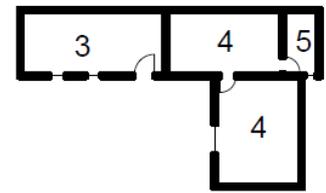
Habitação 23



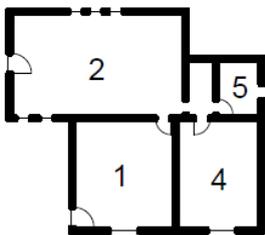
Habitação 25



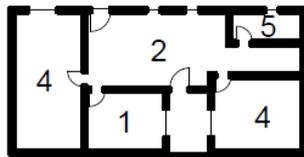
Habitação 27



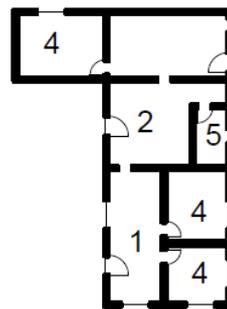
Habitação 28



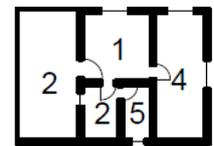
Habitação 29



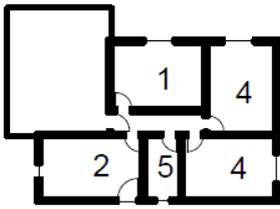
Habitação 30



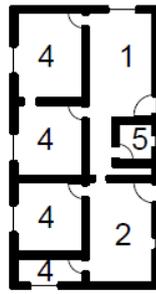
Habitação 31



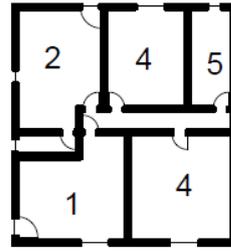
Habitação 32



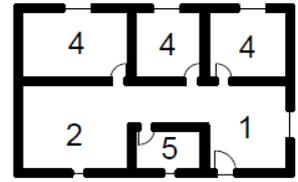
Habitação 33



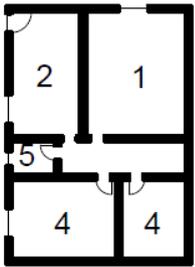
Habitação 35



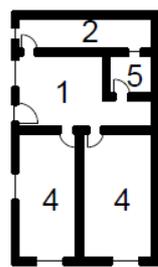
Habitação 36



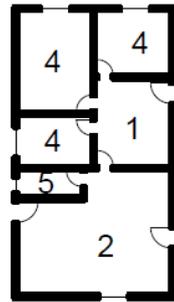
Habitação 37



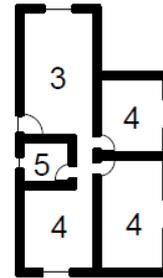
Habitação 38



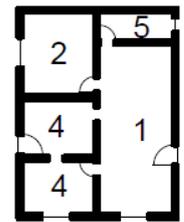
Habitação 39



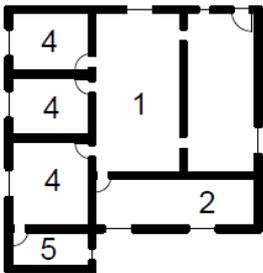
Habitação 40



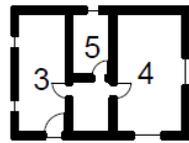
Habitação 41



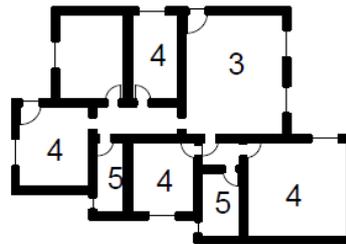
Habitação 42



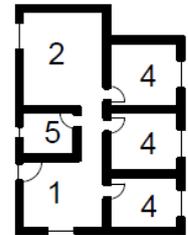
Habitação 43



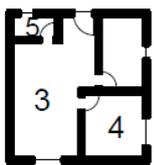
Habitação 44



Habitação 45



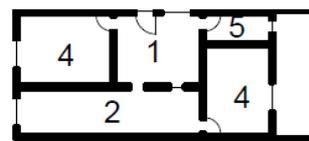
Habitação 46



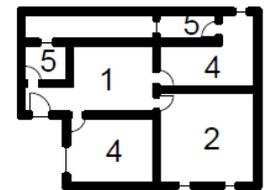
Habitação 47



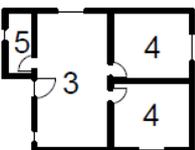
Habitação 48



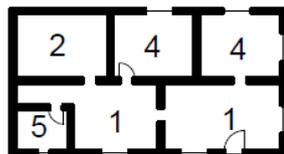
Habitação 49



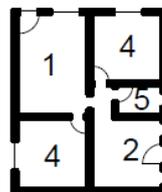
Habitação 51



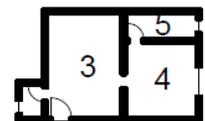
Habitação 52



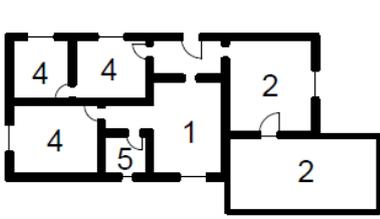
Habitação 53



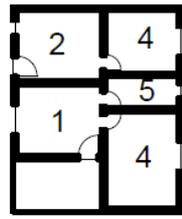
Habitação 54



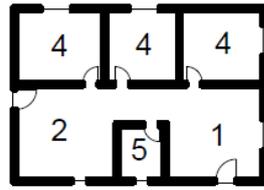
Habitação 55



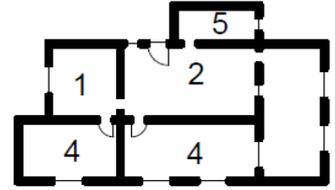
Habitação 56



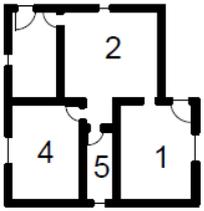
Habitação 57



Habitação 58



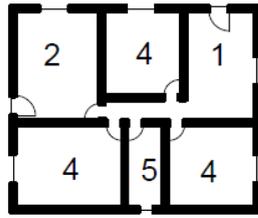
Habitação 59



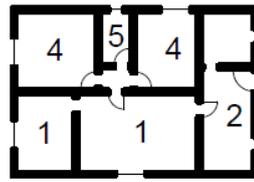
Habitação 60



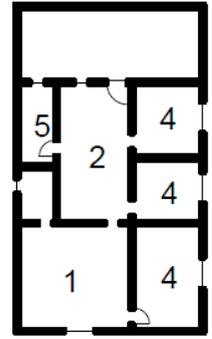
Habitação 61



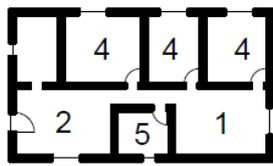
Habitação 62



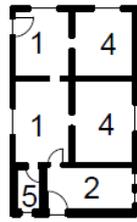
Habitação 63



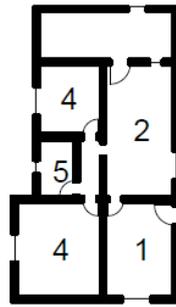
Habitação 64



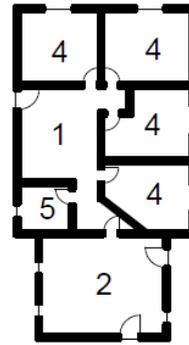
Habitação 65



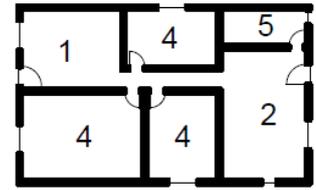
Habitação 66



Habitação 67



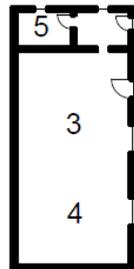
Habitação 68



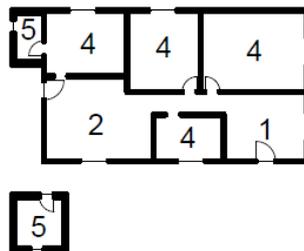
Habitação 69



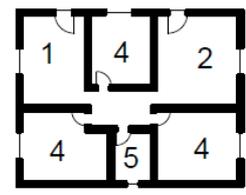
Habitação 70



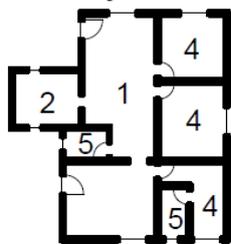
Habitação 71



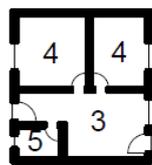
Habitação 72



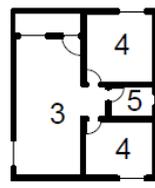
Habitação 73



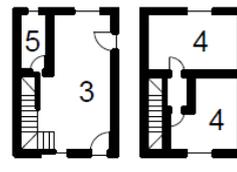
Habitação 74



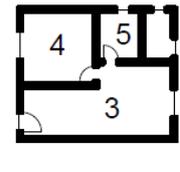
Habitação 75



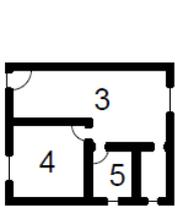
Habitação 76



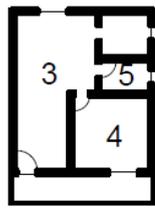
Habitação 77



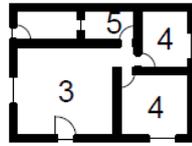
Habitação 78



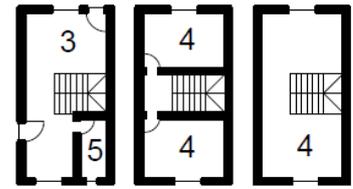
Habitação 79



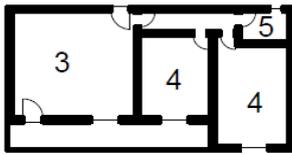
Habitação 80



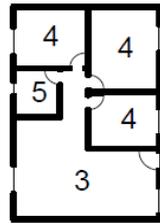
Habitação 81



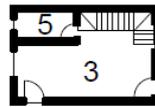
Habitação 82



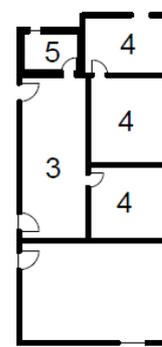
Habitação 83



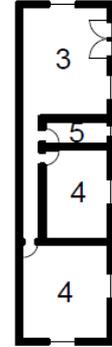
Habitação 84



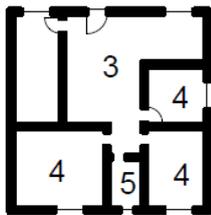
Habitação 85



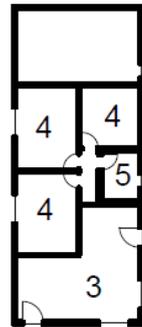
Habitação 86



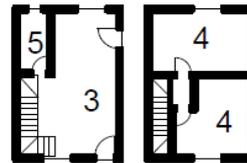
Habitação 87



Habitação 88



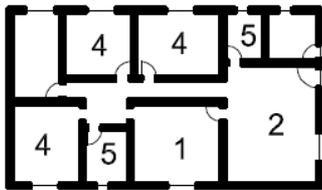
Habitação 89



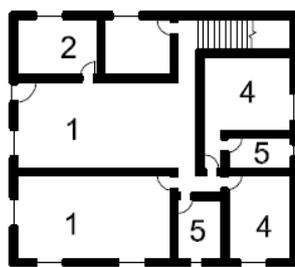
Habitação 90



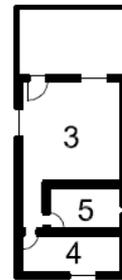
Habitação 91



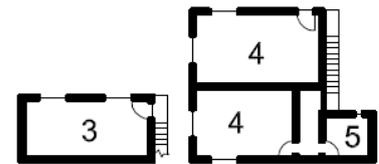
Habitação 92



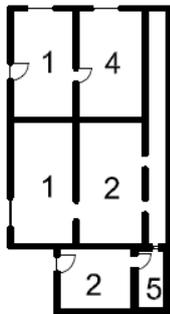
Habitação 93



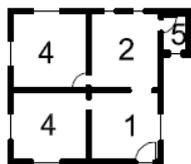
Habitação 94



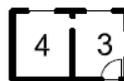
Habitação 95



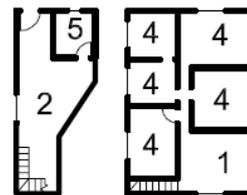
Habitação 107



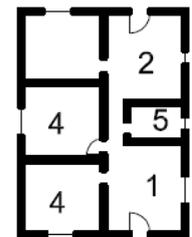
Habitação 108



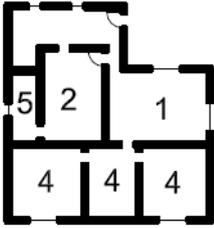
Habitação 109



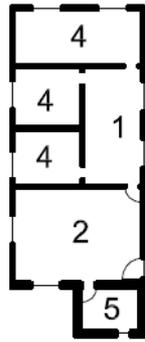
Habitação 110



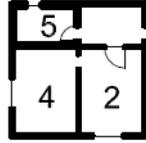
Habitação 112



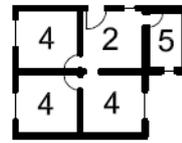
Habitação 114



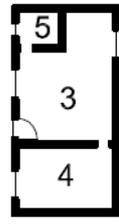
Habitação 115



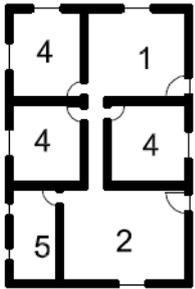
Habitação 116



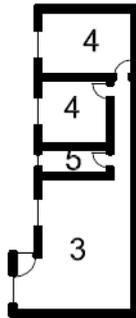
Habitação 117



Habitação 118



Habitação 119

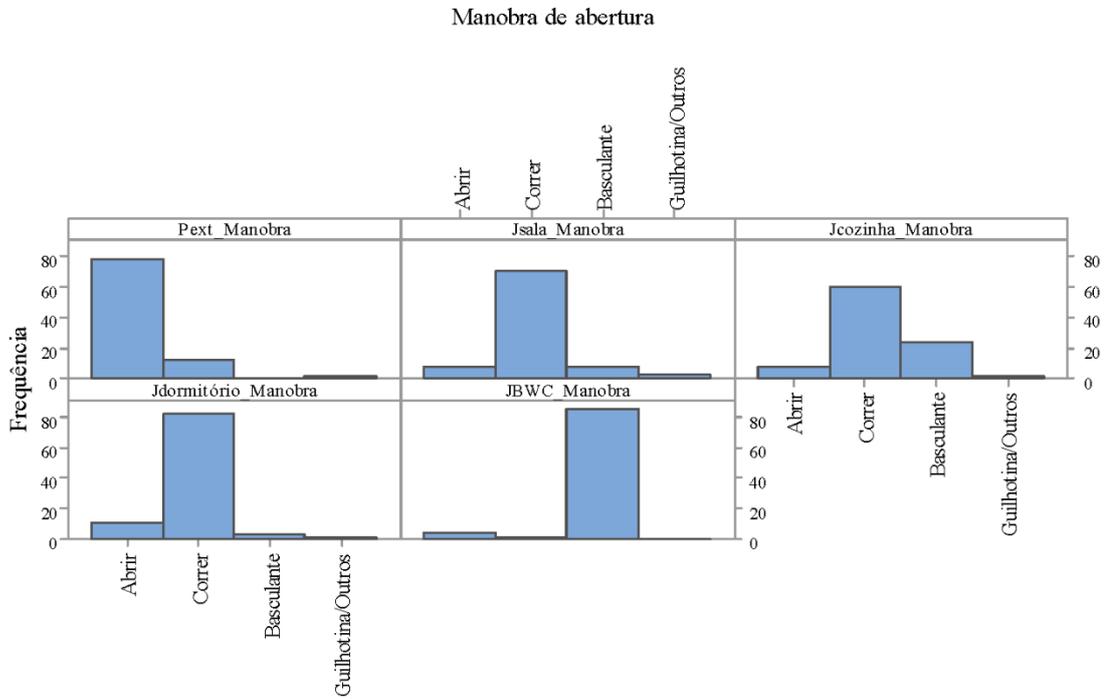


Habitação 120

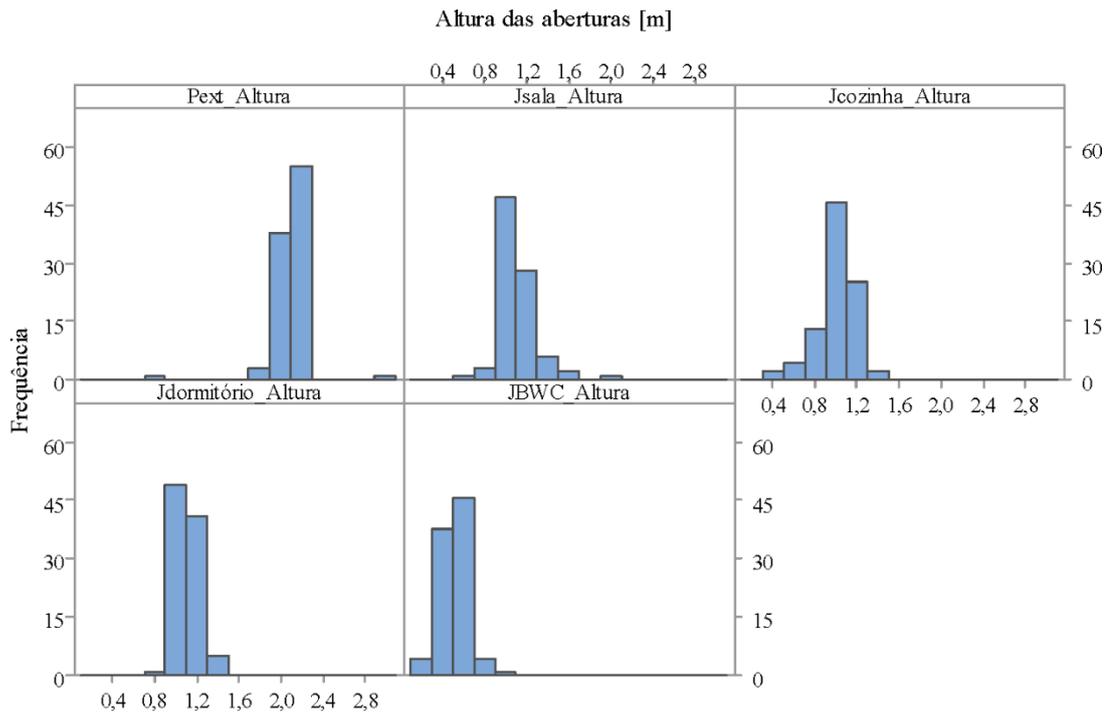
APÊNDICE C

Este apêndice contém quantitativos sobre as aberturas encontradas nas habitações da amostra, tais como manobras de abertura, dimensões, área e orientação solar.

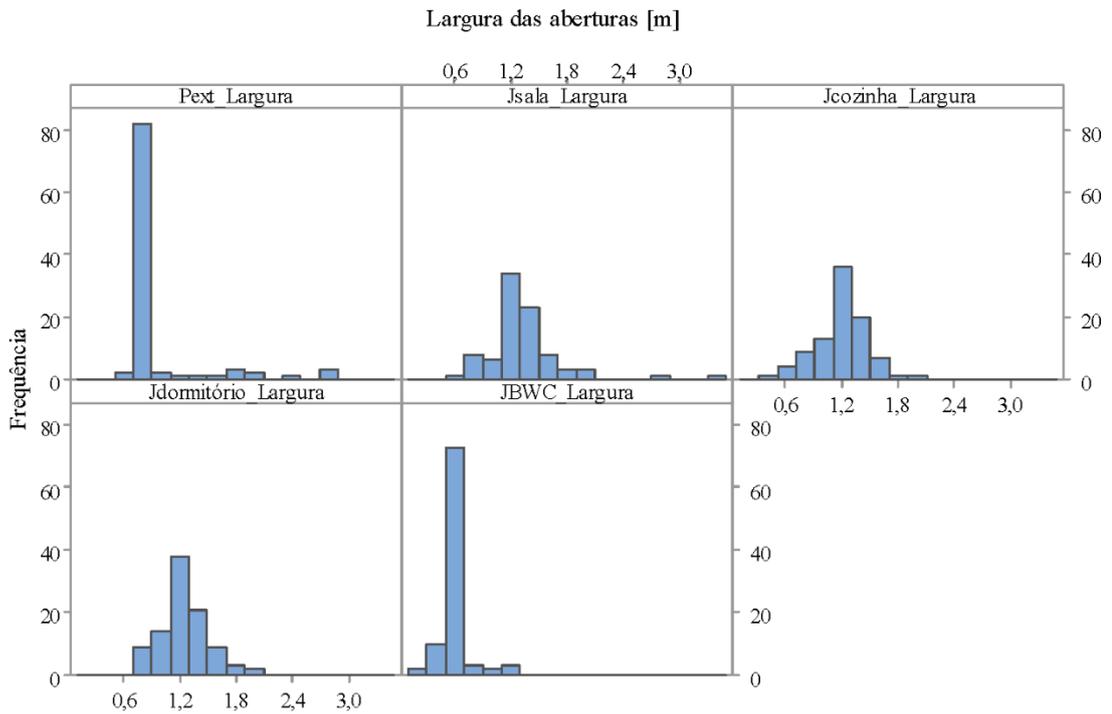
Informações sobre a manobra de abertura das portas e janelas encontradas nas habitações da amostra.



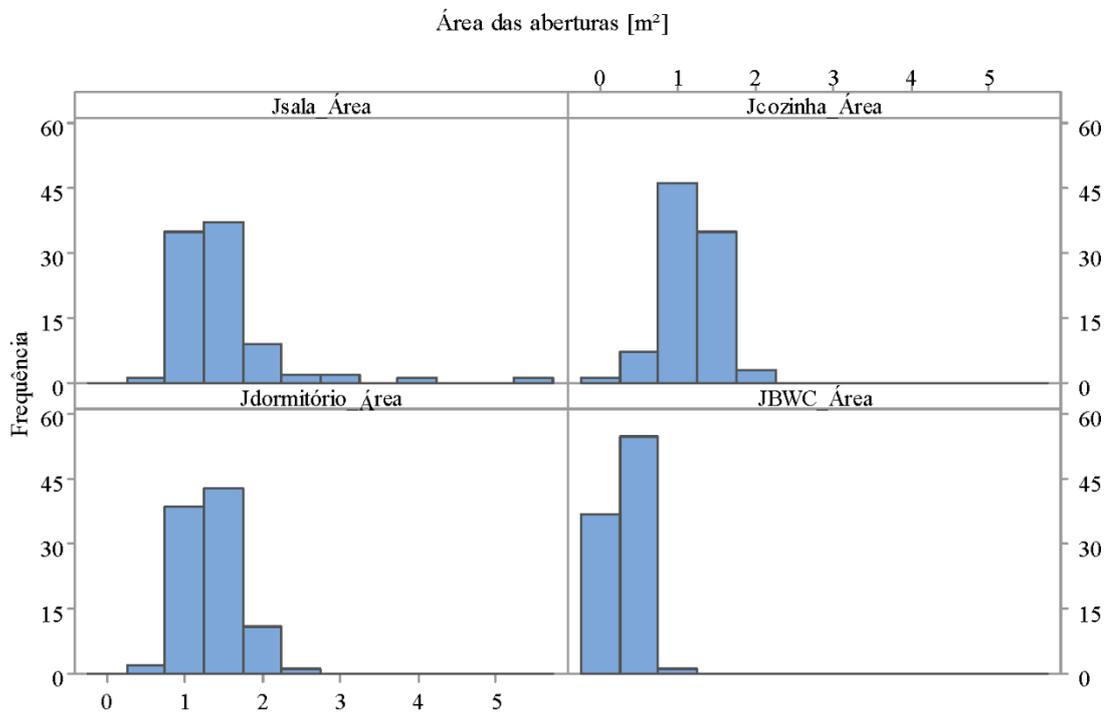
Informações sobre a altura das portas e janelas encontradas nas habitações da amostra.



Informações sobre a largura das portas e janelas encontradas nas habitações da amostra.



Informações sobre a área das portas e janelas encontradas nas habitações da amostra.



Informações sobre a orientação solar das portas e janelas encontradas nas habitações da amostra.

